

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ ABDEL HAMID IBN BADIS MOSTAGANEM



**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Domaine : SNV**

**Filière : Sciences Agronomiques**

**Spécialité: Science et Technologie Alimentaire**

**THÈSE**

PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTORAT  
3<sup>ème</sup> CYCLE LMD

Par

**M<sup>elle</sup> BERRIGHI Nabila**

**Caractéristiques Biochimiques, Nutritionnelles et de  
Flaveur des viandes d'Agneaux issus des Pâturages des  
Hauts Plateaux et des zones steppiques.**

Soutenu publiquement le : 07/12/2017

**Membres de Jury**

M. Selselet -Attou Ghalem,	Prof.	<b>Président</b>	Univ. Mosta.
M. Boudroua Kaddour,	Prof.	<b>Rapporteur</b>	Univ. Mosta.
Mme Gema Nieto,	PH.D.	<b>Co-rapporteur</b>	Univ. Espagne
M. Halbouche Miloud	Prof	<b>Examineur</b>	Univ Mosta
Mme. Ait-Hamadouche Nadia,	Prof	<b>Examinatrice</b>	Univ. Oran
Mme. Belkacemi Louiza,	MCA.	<b>Examinatrice</b>	Univ. Mosta.

Laboratoire de technologie alimentaire et nutrition

Année universitaire : 2017/2018

## *Remerciements*

J'adresse aussi mes vifs remerciements à **Mr Selselet Attou G.** Professeur à l'Université de Mostaganem pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider ce jury.

Le thème de cette thèse a été proposé par le **Pr. BOUDEROUA K.** Directeur du laboratoire de Technologie Alimentaire et de Nutrition, Université de Mostaganem, Algérie. Les travaux de cette thèse ont été réalisés dans ce laboratoire et en collaboration avec Department of Food Technology, Nutrition and Food Science, Veterinary Faculty University of Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Espinardo. Spain.

Préalablement à la présentation du travail effectué, je tiens à témoigner ma profonde gratitude à mon directeur de thèse, le professeur Pr. Boudroua K., pour toute la confiance qu'il m'a accordée pour la réalisation de ce travail. Je tiens à le remercier pour sa grande rigueur scientifique, sa disponibilité, son soutien professionnel et sa compétence.

J'exprime mes vifs remerciements et ma profonde gratitude à Mme. **Gema Nieto** qui m'a accueilli au sein de son laboratoire pour effectuer plusieurs analyses et dosages et être co directeur de thèse. Mon passage parmi vous a été convivial. Merci pour votre générosité scientifique et humaine. Je n'oublierais jamais vos considérations envers ma personne en me donnant l'occasion de profiter de votre expérience scientifique. Je suis reconnaissante pour la confiance et le soutien permanent que vous m'avez témoigné dans ce travail ainsi que pour la grande autonomie que vous m'avez accordé. J'espère être à la hauteur de votre confiance et espérances!.

Mes remerciements vont également à M. **Halbouche Miloud**, Professeur à l'Université de Mostaganem pour l'intérêt porté à mon travail et aussi d'avoir accepté d'être examinateur.

Je remercie également Mme **Ait Hamadouche Nadia**, Professeur à l'Université Es sénia d'Oran pour avoir accepté de juger mon travail. Je lui exprime mes sentiments les plus respectueux.

Aussi, je remercie chaleureusement Mme **Belkacemi Louiza**. Maitre de conférences à l'université de Mostaganem pour avoir bien voulu de moi dans cette aventure, pour ses conseils, sa patience, sa disponibilité et sa sympathie et aussi d'avoir bien voulu être examinatrice de mon travail.

J'adresse également mes vifs remerciements au Pr. Gaspar Ros (Directeur du laboratoire Technologie Alimentaire et de Nutrition, Université Murcia, Espagne) pour m'avoir accueilli dans son laboratoire et supervisé durant les stages que j'ai effectué sous son égide et sa

grande bonté, pour tous ses encouragements, mais surtout pour son soutien moral qui m'a poussée à persévérer pour enfin arriver à mes fins tant attendues. Merci pour toutes ses efforts.

Je tiens également à adresser mes remerciements à toute l'équipe du Campus Espinardo sans oublier mes superbes amies: KHWANE KARLOS, MAMENE, MARINA, pour leur amitié si précieuse et leurs assistances techniques aux dosages des acides gras et autres.

Merci MARIA KHOSSIF pour l'apprentissage de l'analyse de la flaveur et aussi, pour votre gentillesse.

Merci Antonia Tovar pour votre confiance, pour votre accent, générosité et assistance technique.

De même, je remercie Mme Amari Nesrine, enseignante à l'université de Mostaganem pour sa disponibilité et son aide dans la réalisation de quelques tests d'activité antioxydante et Mme. Benmahdi Faiza pour son aide et ses conseils et sa sympathie qui furent pour moi une source constante de motivation.

Je tiens à exprimer mes remerciements les plus chaleureux :

Aux éleveurs, Mohammed d'Ain Guesma de la wilaya de Tiaret, Mr Mohamed B. de la station El Mesrane de la wilaya de Djelfa, et enfin Mr Abdellah d' *El-Atteuf* dans la wilaya de Ghardaia, et qui m'ont accompagné pendant les sorties de cueillette des plantes et les prélèvements sanguins. Merci pour m'avoir orientée et guidée sur terrain.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de cette thèse.

## *Dédicaces*

Ma dédicace va à l'endroit de tous ceux qui ont contribué à la réussite de mon travail et qui ont exhorté mon ambition d'aller vers l'avant.

À ma mère "**CHOUGRANI YAMINA**" la plus affectueuse et la plus douce au monde, l'ange le plus tendre qui a été toujours pour moi une source d'amour, de pitié et d'espoir, ma très chère mère.

À mr BOUDEROUA K qui je considère comme un second papa.

Au bonheur de Mon grand-père **CHOUGRANI MENOUAR** et ma tante **FATIMA**.

Ces êtres chers méritent bien de moissonner la récolte qu'ils ont semé.

À tous mes proches et amis et tous ceux qui sont présents dans mon coeur et dont je n'ai pas cité les noms.

A tous je dis merci et je dédie le fruit de toutes ces années d'études.

Je suis particulièrement reconnaissante à **Mme Karakeche Ghania** et **Mme Slimani Ghazlane** de l'honneur qu'elles m'ont fait, un merci particulier pour ses aides et ses encouragements qui m'ont servis à la présentation de ce travail.

Je voudrais également remercier mon collègue doctorant **Mohamed Belabbes** qui m'a permis de m'évader et pour le réconfort qu'il a pu m'apporter.

### **Publication internationale**

Berrighi N, Belkacemi L, Boudroua K, Santaella M, Ros G and Nieto G 2017. Fatty Acids Composition and Sensory Properties of Lamb Meat Fed on Steppe and Highland Pastures. Asian Journal of Animal Science, 11 (2): 88-95.

### **Communications nationales et internationales**

Participation par une *communication orale* au niveau des journées SNV à Mostaganem, les 27 et 28 Avril 2016. (**Flaveur et composition en acides gras des viandes d'agneaux issus des pâturages des hauts plateaux et des zones steppiques**). N. Berrighi<sup>1,2\*</sup>, K. Boudroua<sup>1</sup>, G Nieto<sup>2</sup>, M Santaella<sup>2</sup>, G Ros<sup>2</sup> .

Participation par une *communication orale* au 28ème Congrès annuel international de l'Association Tunisienne des Sciences Biologiques (ATSB). Les 21 au 24 Mars 2017. (**Effets de régime alimentaire et de la nature du muscle sur les propriétés sensorielles des viandes d'agneaux issus des hauts plateaux et de steppe**). N. Berrighi<sup>1,2\*</sup>, L. Belkacemi<sup>1</sup>, K. Boudroua<sup>1</sup>, G Nieto<sup>2</sup>, M Santaella<sup>2</sup>, G Ros<sup>2</sup> .

Participation par une *communication orale* au niveau des journées SNV à Mostaganem, les 27 et 28 Avril 2017. (**Influence de la cuisson en grillade sur la composition en acides gras de la Viande d'agneaux issus des pâturages steppiques et des hauts plateaux**). N. Berrighi<sup>1,2\*</sup>, K. Boudroua<sup>1</sup>, G Nieto<sup>2</sup>, M Santaella<sup>2</sup>, G Ros<sup>2</sup> .

Participation par une présentation par affiche au niveau 1<sup>ère</sup> Journée Nationale sur la Nutrition et la Sécurité Alimentaire (JNNSA-2017), le 10 Décembre 2017 à l'Université Hadj Lakhdar Batna 1. (**Relationship between Odour-active Compounds and Flavour Perception in Meat from Lambs Fed on Different Diets**). N. Berrighi<sup>1,2\*</sup>, L. Belkacemi<sup>1</sup>, K. Boudroua<sup>1</sup>, G Nieto<sup>2</sup>, M Santaella<sup>2</sup>, G Ros<sup>2</sup> .

## Liste des abréviations

ACC: Acétyl-Coa carboxylase  
ADFB résidu: large auxiliary floating drydock  
ADF: Acid Detergent Fiber  
ADL: Acid Detergent Lignine  
ADP: adénosine di phosphate  
AGT : acide gras trans  
ANR: apports nutritionnels recommandés  
AEDA : analyse de dilution d'extrait d'arôme  
AlCl<sub>3</sub>: Aluminum chloride hexahydrate  
AGT : Acide gras trans  
ARA : acides arachidonique  
BF<sub>3</sub>: trifluorure de bore.  
CIE : commission internationale de l'éclairage  
DC: diènes conjuguées  
DHS-SPE : Odeur active des arômes sont souvent évalués par l'utilisation de l'extraction de l'espace de tête-phase solide  
EQ: équivalent quercitine  
Elov : Elongation of very long-chain fatty acids  
F : fibres oxydatives  
FAS: fatty acids synthase  
FASN : acide gras synthase synthétique.  
FADS1: désaturase d'acides gras 1.  
FADS2: désaturase d'acides gras 2  
GAE: équivalents d'acide gallic  
GC/FID : chromatographie en phase gazeuse / détecteur d'ionisation de flamme.  
GC/MS : chromatographie en phase gazeuse ou spectrométrie de masse.  
GC/O : chromatographie en phase gazeuse-olfactométrie  
HPLC: High Pressure Liquid Chromatography  
MFD : dépression de graisse du lait  
MPS : multifunctional autosampler and sample preparation  
*NRC: national research council*  
NEFA: acides gras non estérifiés  
*NRC: National Research Council*  
OAV: valeur d'activité d'odeur  
PAF : facteur d'activation plaquettaire

## Liste des Figures

Figure 1: Etapes de transformations des Acides Gras dans le rumen.....	8
Figure 2: Biosynthèse des PUFA.....	10
Figure 3: Voies de synthèses des acides gras des familles des omégas 3 et 6.....	11
Figure 4 : Schéma de la lipogenèse chez les mammifères.....	14
Figure 5: Chemins de biohydrogénation de l'acide linoléique et de l'acide $\alpha$ -linoléique.....	14
Figure 6: Mécanismes de transport des acides gras plasmatiques.....	18
Figure 7: La relation entre le P/S et le niveau du tissu adipeux intramusculaire chez le boeuf.....	24
Figure 8: Relation entre AGS, AGMI et AGPI contenus dans le tissu adipeux.....	25
Figure 9: La relation entre la proportion de C18:2 et la teneur en LT chez le bovin.....	25
Figure 10: Rôle de l'héxanel dans la production de l'acide linoléique par oxydation.....	30
Figure 11. Étapes de la réaction de Maillard montrant les formations des composés aromatisants.....	33
Figure 12. Intensités de certains descripteurs de saveur dans la viande de pâturage et concentré.....	39
Figure 13. Principal arôme pastoral dominant dans la viande "Scatole" .....	41
Figure 14. Analyse des 18 composés odorantes dans la graisse sous-cutanée d'agneaux.....	42
Figure 15 : Zones de prélèvement des agneaux de la race Rumbi.....	47
Fig 16: Courbe étalon de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.....	57
Figure 17: Courbe étalon de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes.....	56
Figure 18: Compositin du régime en (%).....	56
Figure 19: Evolution du poids vifs des agneaux issus des différents systèmes d'élevage... ..	62
Figure 20: Evolution du gain poids des agneaux issus des différents systèmes d'élevage.....	62
Figure 21: Composition biochimique des muscles des côtes crues.....	66
Figure 22:Composition biochimique des muscles des gigots crus.....	66
Figure 23: Teneur des lipides intramusculaires des côtes et gigots crus .....	68
Figure 24: Teneur des AGS, AGMI, AGPI des côtes et des gigots crus .....	68
Figure 25. Teneur en C18:2 n-6 et C18:3 n-3 des côtes et des gigots crus.....	70
Figure 26: Teneur du ratio AGPI/AGS des côtes et des gigots crus.....	71
Figure 27: Teneurs des ratios n-6/n-3 et LA/ALA des côtes et des gigots crus.....	71
Figure 28: Teneurs du pH des mscles de côte et de gigots crus.....	73
Figure 29: Composantes de la couleur mesurée au colorimètre .....	74
Figure 30 : Hydrolyse thermique.....	81
Figure 31: Schéma de la formation des produits de la peroxydation lipidique.....	82
Figure 32: Teneur des lipides intramusculaires des côtes et gigots cuits .....	86
Figure 33: Teneurs des C16:0, C18:0, C16:1 n-9 des côtes et gigots crus .....	87

## Liste des Tableaux

Tableau 1: Principaux acides gras retrouvés dans des aliments servis aux ovins.....	5
Tableau 2: Influence des sources des lipides alimentaires sur la composition en AG du muscle. ....	18
Tableau 3: La composition des principaux acides gras dans le tissu adipeux d'agneau.....	21
Tableau 4: Composition en acides gras, cholestérol et phospholipides de différentes viandes.....	22
Tableau 5: Effet des principales MG de la ration sur la composition en AG n-6 et n-3 des muscles..	23
Tableau 6: Concentration relative des composés volatiles issus de la réaction cystéine/ ribose en absence ou en présence de TG et PL du boeuf.....	30
Tableau 7: Composés d'oxydation des acides linoléiques et linoléiques.....	30
Tableau 8: Modification des caractéristiques musculaires dues aux facteurs d'élevage et les conséquences escomptées sur la qualité sensorielle de la viande.....	31
Table 9: Composés actifs odorants de viande détectés par GC/O et leurs description olfactive.....	36
Tableau 10: Influence des différents fourrages sur l'odeur et la saveur de la viande d'agneau.....	42
Tableau 11 : Caractéristiques des régions agricoles étudiés. ....	47
Tableau 12: Ingestion alimentaire des animaux selon les différents étages bioclimatiques.....	52
Tableau 13. Estimation de l'ingestion alimentaire journalière des animaux selon les différents étages bioclimatiques en (Kg). ....	52
Tableau 14: Composition chimique (g/100g de matière brute) et en AG des régimes. ....	54
Tableau 15 : Paramètres plasmatiques. ....	59
Tableau 16: Performances de croissance des agneau.....	61
Tableau 17: Composition biochimique de la viande crue. ....	66
Tableau 18. Composition en acides gras dans les muscles <i>Longissimus</i> et Biceps des agneaux .....	67
Tableau 19. Teneurs en Ph des côtes et des gigots crus.....	72
Tableau 20. Couleur des côtes et des gigots d'agneaux élevés en différents systèmes d'élevage.....	76
Tableau 21. Teneur en MDA des côtes et des gigots crus.....	77
Tableau 22. Seuils d'odeurs des composés aromatiques dans la viande d'agneaux.....	78
Tableau 23: Composition biochimique de la viande bouillante. ....	83
Tableau 24: Composition biochimique de la viande grillée.....	83
Tableau 25. Composition en acides gras (% AG identifiés) des muscles <i>Longissimus dorsi</i> .....	85
Tableau 26 : Effet de la cuisson et de la nature du muscle sur la teneur du Ph.....	89
Tableau 27. Teneur en MDA des côtes et des gigots cuits .....	89
Tableau 28. Couleur des côtes et des gigots d'agneaux élevés aux pâturages de Taret.....	91
Tableau 29. Couleur des des côtes et des gigots d'agneaux élevés aux pâturages de Djelfa. ....	91

## *Table des matières*

Remerciements	
Dédicaces	
Valorisation des travaux	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé	
Introduction. . . . .	1
<b>Partie bibliographique</b> .....	
<b>I. Métabolisme des acides gras chez les ruminants</b>	
1. Introduction.....	4
1.1. Types de lipides.....	4
1.2. Hydrolyse et saturation des lipides dans le rumen.....	4
1.3. Synthèse ex novo des acides gras.....	6
a) <i>Facteurs liés au régime alimentaire</i> .....	8
b) <i>Facteurs liés à l'animal</i> .....	9
1.4. Métabolisme du LA et de l'ALA pour former des AGPI-LC.....	10
1.5. Le métabolisme ruminal.....	12
1.5.1- Composition et synthèse des lipides microbiens.....	12
1.5.2- Le métabolisme lipidique ruminal .....	12
1.5.2.1- Les mécanismes de lipolyse et de biohydrogénation ruminales.....	12
1.5.3 Conclusion .....	16
<b>II. Effets des ressources alimentaires sur la qualité des lipides des acides gras de la viande de mouton</b>	
2- Introduction.....	17
2.1- Les sources de lipides dans l'alimentation des ruminants.....	18
2.2- Variation du profil d'acides gras.....	20
2.3 Conclusion.....	27
<b>III. Effets de la qualité des pâturages des animaux et des conditions d'élevage sur les composés de flaveur des viandes.</b>	
3- Introduction.....	28
3.1- Flaveur de la viande.....	29
3.2- Chimie des saveurs de viande.....	31
3.3- Précurseurs de la flaveur de la viande.....	32
<b>4. Facteurs influençant les précurseurs des arômes</b> .....	<b>33</b>
4.1. Race d'animal.....	33
4.2. Sexe des animaux.....	34

4.3. Alimentation des animaux.....	34
<b>5. Estimation des composés aromatisants dans la viande.....</b>	<b>35</b>
<b>6. Effet du régime alimentaire sur la flaveur de la viande.....</b>	<b>37</b>
6.1- viandes issues d'animaux de Pâturages.....	38
6.1.1- Perception des saveurs pastorales par le consommateur.....	38
6.1.2- Influence de la région et de l'histoire de la consommation de viande.....	39
6.1.3- Odeur/Flaveur "espèces" et acides gras à chaîne ramifiée.....	39
6.1.4- Protéine fourragère et formation de composés aromatiques pastoraux.....	40
6.1.4.1- Composés soufrés.....	40
6.1.4.2- Composés Phénoliques.....	41
6.1.4.3- Skatole and indole.....	41
6.1.5- <i>Effet des différents fourrages sur la saveur pastorale de l'agneau.....</i>	<i>42</i>
6.2- Régime en grain et au concentré.....	43
<b>7. Variation de la qualité sensorielle.....</b>	<b>44</b>
<b>8. Conclusion.....</b>	<b>45</b>

**Partie Expérimentale.....**

**Chapitre 1: Zone d'étude, Régimes et Animaux**

<b>1- Contexte et Objectifs.....</b>	<b>46</b>
<b>2- Les pâturages.....</b>	<b>46</b>
2.1- Importance des plantes fourragères.....	48
<b>3- Régimes .....</b>	<b>48</b>
<b>4- Matériels et échantillonnage .....</b>	<b>48</b>
5- Analyses physicochimiques .....	49
5.1- <i>Dosage de la matière sèche .....</i>	<i>49</i>
5.2- <i>Dosage matière minérale .....</i>	<i>49</i>
5.3- <i>Dosage des Protéines brutes.....</i>	<i>49</i>
5.4- <i>Dosage des fibres.....</i>	<i>50</i>
a) Neutral detergent fiber (NDF) .....	50
b) Acid detergent fiber (ADF).....	50
c) Acid detergent lignin (ADL).....	50
5.5- Dosage de la MG et analyse des acides gras.....	51
5.6- Pouvoir antioxydant des régimes.....	51
5.6.1- Cellulose brute .....	51
5.6.2- Dosage des polyphénols et flavonoïdes.....	51
<b>6- Résultats et Discussion.....</b>	<b>52</b>
6.1- Ingestion des aliments .....	52
6.2- Composition physicochimique des régimes.....	53

6.2.1- Matière sèche.....	53
6.2.2- Matières minérales.....	53
6.2.3- Protéines brutes.....	53
6.2.4- Matières grasses.....	53
6.2.5- Antioxydants.....	55
6.2.5.1- Détermination de la teneur en polyphénols totaux.....	55
6.2.5.1- Détermination de la teneur en flavonoïdes totaux.....	56
<b>7- Animaux:</b> .....	<b>57</b>
7.1- Dispositif expérimental.....	57
<b>8- Analyse statistique des résultats</b> .....	<b>57</b>

**Chapitre 2 : Effet des régimes alimentaires sur les variations plasmatiques  
et les paramètres de croissance.**

<b>1- Les indicateurs biochimiques sanguins</b> .....	<b>58</b>
1.1- Matériel.....	58
1.2- Méthodes.....	58
1.2.1- Dosage du taux de cholestérol.....	58
1.2.2- Dosage du taux de glucose.....	58
1.2.3- Dosage du taux de triglycérides.....	58
2- Résultats et Discussion.....	59
3- Matériels et Méthodes .....	60
3.1- Suivi de la croissance.....	60
3.2- Abattage des animaux.....	60
4- Résultats et Discussion .....	61
4.1- Evolution des performances zootechniques.....	61

**Chapitre 3 : Effet du régime alimentaire sur la qualité nutritionnelle  
de la viande d'agneau issue des différents systèmes d'élevage.**

1- Matériels.....	63
2- Méthodes. ....	63
2.1- Dosage de la matière sèche NFV 3903 AFNOR 1985.....	64
2.2- Dosage de la matière minérale (NFV 15-101-AFNOR 1985).....	64
2.3- Dosage des protéines brutes (Méthode Kjeldahl AOAC, 1990) .....	64
2.4- Extraction des lipides.....	64
2.4.1- Estérification par Méthylation.....	65
2.4.2- Passage à la chromatographie gazeuse (CPG).....	65
2.5- Potentiel hydrogène pH.....	65
3- Résultats et Discussion .....	66
3.1- Composition physicochimique de la viande.....	66

3.2- Le profil des Acides gras.....	67
3.3- Teneur en pH.....	71

#### **Chapitre 4 : Effet de l'herbe sur la qualité sensorielle**

1- Matériels.....	74
2- Méthodes.....	74
2.1- La Couleur L* a* b* .....	74
2.2- Estimation du degré d'oxydation des lipides de la viande d'agneau .....	74
2.3- <i>Composés de Flaveur</i> .....	75
2.3.1- Head-space microextraction en phase solide.....	75
2.3.2- Chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse.....	75
2.3.3- Analyse qualitative et quantitative.....	75
3- <b>Résultats et Discussion</b> .....	76
3.1- Stabilité de la couleur de la viande.....	76
3.2- Indice de peroxydation.....	77
3.3- Composés de Flaveur de la viande .....	78

#### **Chapitre 5 : Effet de la cuisson sur la qualité de la viande**

1- Matériels et Méthodes.....	82
1.1- Procédures de cuisson .....	82
1.2- Analyses physicochimiques de la viande.....	82
2- Résultats et Discussion.....	83
2.1- Teneur en matière sèche et humidité.....	83
2.2- Teneur en matière minérale.....	84
2.3- Teneur en protéines.....	84
2.4- Teneur en lipides et acides gras.....	85
2.5- Potentiel d'hydrogène.....	88
3- Effet de la cuisson sur les propriétés sensorielles.....	89
3.1- Effet de la cuisson sur l'oxydation des lipides de la viande d'agneau .....	89
3.2. Couleur de la viande.....	90
<b>Discussion générale</b> .....	92
<b>Conclusion et Perspectives</b> .....	95
<b>Références bibliographiques</b> .....	103

## العنوان: الخصائص الغذائية و الكيمائية للحوم الضأن المنتجة من المراعي الجبلية ومناطق البادية

## ملخص

المنتجة بما في هذه المساهمة قمنا بتقييم تأثير ثلاثة أنظمة غذائية في مراعي جزائرية السهول الجلفة والمرتفعات تيارت على أداء النمو الضأن ونوعية اللحوم في ذلك الأحماض الدهنية المكونة، اللون وخصائص الكيمائية للمركبات العطرية

في بداية التجربة، الحملان يبلغ متوسط الوزن من 34.04 كغ. 40,35 كغ و34.35 كغ في تيارت، الجلفة وغرداية على التوالي. إدماج غذاء مركز في كل من تيارت (0%) الجلفة (30%) وغرداية (70%) له تأثير كبير على وزن الذبح مقارنة مع الحملان الناتجة عن الرعي بالعشب فقط كما في تيارت (47.72 و 49.87 مقابل 42.06). ما بعد الشهر الأول أظهرت الحيوانات من المراعي غرداية و الجلفة زيادة أفضل في الوزن مقارنة مع تيارت 15.34 و 12.32 مقابل 8.02 على التوالي

أظهرت النتائج المزيد من الدهون في اللحوم الناتجة عن الضأن التي ترضع في سهول الجلفة وغرداية دوي الزراعة المكثفة (16.44% و 11.78% مقابل 7.70 في اللحوم من الحملان السائدة في مراعي تيارت هي أعلى من تلك التي (PUFAs) % على التوالي). النسب المئوية من الأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة نتجت في الجلفة وغرداية (14.74% مقابل 13.90% و 12.99% على التوالي

ان كمية من الأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة من نوع ن3 تظهر بنسب متفاوتة في صنف الجلفة بالنسبة إلى تيارت و غرداية (2.39 مقابل 1.39 مقابل ن3 هو أكثر أهمية في اللحوم المشتقة من الحيوانات الناجمة عن مراعي تيارت الجلفة وغرداية (0.86% مقابل 0.35% C18:3 1.83 على التوالي). بالنسبة الى ن6 بحيث سجلت (4.88% مقابل 3.15% مقابل 1.97% على التوالي)، في شرائح الضلوع. C18:2 و 0.25%). على الرغم من أنها كانت ذات أهمية كبيرة في ون6/ن3 مرغوب فيهم جدا لما لهم من منافع على صحة الإنسان خاصة اللحوم الناتجة عن مراعي تيارت ذات العشب C18:2/C18:3 ومع ذلك، فإن العلاقة مقارنة مع الجلفة وغرداية دوي الوجبات المركزة (9% مقابل 5.67% مقابل 8.87%) و (3.45% مقابل 3.01% مقابل 2.23%)

النتائج المعلنة عن تحليل لون اللحوم تشير إلى فروق ذات دلالة إحصائية معتبرة وبالنسبة للمجموعة المهيمنة نذكر الجلفة، بحيث المؤشر الأحمر تواجد بكميات متفاوتة (14.05 مقابل 8.01) و (12، 54 مقابل 10.9) لعضلات الضلوع والورك. قد يكون هذا ناجما عن أكسدة الدهون وترتبط إلى حد كبير مع قيم المواد التفاعلية لحمض ثيوباربيتوريك (0.14 مقابل 0.12) و (0.11 مقابل 0.09) على التوالي

تحليل مركبات النكهة للحوم الحيوانات مجموعة الجلفة يكشف عن هيمنة العديد من المركبات المتطايرة مثل الايكسانال، 2-ميثيل-3-فيرانثيول ونونانل دوي النسب (8.92 ميكروغرام/كغ مقابل 4.57 ميكروغرام/كغ)، (8.88 ميكروغرام/كغ مقابل 7.45 ميكروغرام/كغ)، (2.09 ميكروغرام/كغ مقابل 1.02 ميكروغرام/كغ) و المرتبطة رائحة العشب الأخضر اللحوم المغلات وكالبرتقال على التوالي. هذه المركبات نتجت من أكسدة الدهون وتعتبر من بين العناصر المسؤولة عن النكهة المميزة للحوم الضأن المتواجد في السهول مقارنة بلحوم حيوانات صدرت عن الرعي بتيارت. النظام البيئي من السهول الجزائرية مثير جدا للاهتمام في إنتاج نكهة لحم الضأن النموذجية التي يمكن اعتبارها علامة

طبخ اللحوم يحسن نوعيتها. اودت هذه الدراسة بتقييم آثار الطبخ على النوعية الغذائية واستقرارا لأكسدة لحوم الضأن المنتجة من المراعي. نتائج هذه التجربة اوضحت نسب مقبولة وقابلة لمقارنة المعايير

محتوى الدهون من أضلاع الغنم المطبوخ ظهر بكمية عالية في صنف الجلفة (18.98% مقابل 13.42%) في المرق و (20.15% مقابل 15.26%) عند الشواء. علاوة على ذلك فقد تستدل النتائج أن زيادة الطبخ تؤدي الى أكسدة الدهون بشكل كبير لعضلات الأضلاع على وجه الخصوص، وهذا لاحتوائهم على كميات هائلة من الدهون التي تعتبر عرضة لظاهرة الأكسدة (0.54 ملغ مكافئ / كغ مقابل 0.61 ملغ مكافئ / كغ) في تيارت (0.57 ملغ مكافئ / كغ مقابل 0.77 ملغ مكافئ / كغ) في الجلفة و (0.58 ملغ مكافئ / كغ مقابل 0.84 ملغ مكافئ / كغ) في غرداية

كلمات البحث: الضأن، المواد التفاعلية لحمض ثيوباربيتوريك، الأحماض الدهنية، اللحوم، النكهة، المراعي، اللون، الطبخ، الأكسدة

## **Caractéristiques biochimique et nutritionnelle des viandes d'agneaux issues des pâturages des hauts plateaux et des zones steppiques.**

### **Résumé**

Dans cette contribution, nous avons évalué l'effet de trois systèmes d'alimentation Algériens des parcours steppiques de Djelfa et des hauts plateaux de Tiaret sur la performance de croissance des agneaux et sur leur qualité de viande notamment sur la composition des acides gras, la couleur et les caractéristiques biochimiques des flaveurs.

Au démarrage de l'expérience, les agneaux ont un poids vif moyen de 34,04 kg, 35,40Kg et 34,35Kg pour les lots: Tiaret (0% concentré), Djelfa (30% concentré) et Ghardaia (70% concentré), respectivement. L'incorporation de l'aliment concentré à différent taux en Djelfa et Ghardaia a un effet significatif sur le poids d'abattage par rapport aux agneaux alimentés uniquement des pâturages à Tiaret (47,72 Kg et 49,87 Kg vs. 42,06 Kg) ( $P < 0,05$ ). Au-delà du 1<sup>er</sup> mois, les animaux issus des pâturages de Ghardaia et Djelfa ont présenté de meilleurs gains de poids, soient, 15,34 Kg vs. 12,32 Kg vs. 8,02 Kg ( $P < 0,05$ ), respectivement.

Les résultats ont montré plus de graisse intra musculaire dans la viande issue d'agneaux ayant pâturés dans les steppes de Djelfa et Ghardaia et ayant reçu de l'aliment concentré dans leurs rations (16,44% et 11,78% contre 7,70%, respectivement,  $p < 0,001$ ). Les pourcentages d'acides gras polyinsaturés (AGPI) dans la viande d'agneaux issus de pâturage de Tiaret sont plus élevés que ceux issus du Djelfa et Ghardaia (14,74% contre 13,90% et 12,99% respectivement,  $p < 0,05$ ). La somme des acides gras polyinsaturés n-3 sont à des proportions importantes ( $P < 0,001$ ) dans le groupe de Djelfa par rapport à Tiaret et Ghardaia (2,39% vs 1,39% vs 1,83%, respectivement,  $p < 0,001$ ). Le C18:3n-3 (ALA) est plus important dans viande issue des animaux issus des pâturages de Tiaret que Djelfa et Ghardaia (0,86% Contre 0,35% et 0,25%, respectivement,  $p < 0,001$ ). Bien qu'ils étaient avec une importance significative pour le C18:2 n-6 (LA) des taux d'ordre (4,88% vs. 3,15% vs. 1,97%, respectivement,  $p < 0,05$ ), a été enregistré dans les muscles des côtes. Toutefois, les rapports LA/ALA et n-6/n-3 sont beaucoup souhaitable pour la santé humaine dans le pâturage de Tiaret que ceux Djelfa et Ghardaia viande d'agneau, respectivement (9% vs 5,67% vs. 7,88%) ( $p < 0,001$ ), (3,45% vs 3,01% vs. 2,23%) ( $p < 0,001$ ).

Les résultats reportés sur l'analyse de la couleur indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ ) et prédominant pour le groupe de Djelfa, en particulier l'indice de rouge (14,05 vs. 8,01) et (12,54 vs. 10,9) pour les muscles des côtes et des gigots. Les changements dans les valeurs de  $a^*$  semblent être entraînés par l'oxydation des lipides et sont fortement corrélés avec les valeurs de TBARS (0,14 mg éq/kg vs. 0,12 mg éq/kg) et (0,11 mg éq/kg vs. 0,09 mg éq/kg), respectivement.

L'analyse des composés de la flaveur de la viande du groupe de Djelfa fait ressortir la prédominance de nombreux composés volatils ( $p < 0,05$ ) tels que l'Hexanal, 2-méthyl-3-furanthiol et nonanal, soient des seuils d'ordre de (8,92  $\mu\text{g/kg}$  vs 4,57  $\mu\text{g/kg}$ ), ( 8,88  $\mu\text{g/kg}$  vs. 7,45  $\mu\text{g/kg}$ ) et (2,09  $\mu\text{g/kg}$  vs. 1,02  $\mu\text{g/kg}$ ), associé à des odeurs de vert, viande bouillante et d'orange, respectivement. Ces composés issus de l'oxydation des lipides et mesurés par olfactométrie et semblent être responsables de la flaveur caractéristique des viandes d'agneau de la steppe comparativement à celle générée par de la viande provenant d'animaux des pâturages de Tiaret. L'écosystème de la steppe Algérienne est très intéressant dans la production d'une viande d'agneau à flaveur typique qui peut être considérée comme un label.

Le traitement de la viande par la cuisson permet d'améliorer sa qualité. La présente étude permet aussi d'évaluer les conséquences de la cuisson sur les qualités nutritionnelles, ainsi que la stabilité oxydative de la viande d'agneau issu de pâturage. Les résultats de cette expérience ont permis d'avoir des teneurs acceptables et comparables aux normes, la teneur de la matière grasse des côtes cuites est plus élevée pour le groupe de Djelfa (18,98 vs. 13,42%) cuit au bouillon, soient (20,15 vs. 15,26%) qu'en grillade. De plus, les résultats obtenus ont permis de déduire que la cuisson augmente d'une façon significative l'oxydation des lipides pour les muscles des côtes (bouillies vs. grillées), vue leurs richesse en matière grasse sensible au phénomène d'oxydation, soient (0,54 mg eq/kg vs 0,61 mg eq/kg) à Tiaret, (0,57 mg eq/kg vs. 0,77 mg eq/kg) à Djelfa et (0,58 mg eq/kg vs. 0,84 mg eq/kg) à Ghardaia, respectivement. Bien que la cuisson entraîne une augmentation de l'oxydation lipidique de la viande d'agneau, sa valeur nutritionnelle et diététique n'est pas altérée. L'écosystème de la steppe algérienne est très intéressant pour l'élevage des moutons en plein air et permet d'obtenir une viande saine recommandée par les nutritionnistes et une qualité sensorielle attrayante.

**Mots clés :** Agneau, TBARS, acide gras, viande, flaveur, pâturage, couleur, cuisson, oxydation.

Title: **Biochemical and nutritional characteristics of lamb meats from pasture in the high plateau and steppe areas.**

**Abstract**

The objective of this study is to assess the effect of three Algerian feeding systems applied in the steppic rearing area of Djelfa and in the highlands one of Tiaret on the growth performance of lambs and on their meat quality, especially on their fatty acids composition, color and the biochemical characteristics of flavours.

At the beginning of the experiment, lambs had an average body weight of 34,04 kg, 35,40 kg and 34,35 kg for the group reared at Tiaret (0% concentrate), Djelfa (30% concentrate) and Ghardaïa (70% concentrate), respectively. The incorporation of the concentrated feed at different rates in Djelfa and Ghardaïa had a significant effect on slaughter weight compared to lambs fed only on pasture (Tiaret) (47,72 Kg, 49,87 Kg and 42,06 Kg,  $P < 0,05$ ). Beyond the first month, animals from the Ghardaïa pastures and Djelfa one showed better weight gains compared to those from Tiaret (15,34 Kg vs. 12,32 Kg vs. 8,02 Kg, respectively,  $P < 0,05$ ).

The results showed more intramuscular fat in meat from lambs grazed in the steppes of Djelfa and Ghardaïa and receiving concentrated feed in their rations (16,44% Vs 11,78%, respectively) compared to lamb meat from the high plateau (7,70 %) ( $p < 0,001$ ). The percentages of polyunsaturated fatty acids (PUFA) in lamb meat from Tiaret grazing are higher than those from Djelfa and Ghardaïa (14,74% versus 13,90% and 12,99% respectively,  $p < 0,05$ ). The sum of n-3 polyunsaturated fatty acids was high ( $P < 0,001$ ) in the Djelfa group compared to Tiaret and Ghardaïa ones (2,39 %, 1,39 % and 1,83%, respectively,  $p < 0,001$ ). The rate of C18: 3n-3 (ALA) was more important in lamb meat reared on Tiaret pastures than those from Djelfa and Ghardaïa (0,86%, 0,35% and 0,25%, respectively,  $p < 0,001$ ). Concerning the C18:2 n-6 (LA) rates, they were significantly predominant ( $p < 0,05$ ) in rib muscles from lamb reared in Djelfa (4,88%) compared to those from Tiaret (3,15%) and Ghardaïa (1,97%). However, LA/ALA and n-6 / n-3 ratio in meat from lambs reared on Tiaret (9%, 3,45%) are highly appropriate for human health than those from Djelfa (5,67%, 3,01%) and Ghardaïa (11,88%, 2,78) ( $p < 0,001$ ).

The results reported on the color analysis indicate significant differences ( $p < 0,05$ ) and predominance for the Djelfa group, particularly for the red index (14,05 vs. 8,01) and (12,54 vs 10,9) for the muscles of the ribs and legs. Changes in  $a^*$  values appear to be driven by lipid oxidation and are strongly correlated with TBARS values (0,14 mg  $\dot{e}q/kg$  vs. 0,12 mg  $\dot{e}q/kg$ ) and (0,11 mg  $\dot{e}q/kg$  vs. 0,09 mg  $\dot{e}q/kg$ ), respectively.

The analysis of Djelfa and Tiaret groups meat flavor compounds shows a predominance of many volatile compounds ( $p < 0,05$ ) such as Hexanal, 2-methyl-3-furanthiol and nonanal (8,92  $\mu g/kg$  vs. 4,57  $\mu g/kg$ ), (8,88  $\mu g/kg$  vs. 7,45  $\mu g/kg$ ) and (2,09  $\mu g/kg$  vs. 1,02  $\mu g/kg$ ) associated with smells of green, boiling meat and orange fruit, respectively. These compounds, measured by olfactometry, derived from the oxidation of lipids and appear to be responsible for the characteristic flavor of lamb meat in the steppe compared to that generated by meat from animals from the Tiaret pastures. The Algerian steppe ecosystem is very interesting in the production of typical lamb meat that can be considered as a label.

The processing of the meat by cooking improves its quality. By evaluating the effects of cooking on the nutritional qualities and the oxidative stability of lamb meat from pasture, it appears that the fat content of the cooked ovine rib and leg was higher in the Djelfa group meat, whether cooked in broth (18,98 vs. 13,42%) or roasted (20,15 vs. 15,26%). Moreover, the obtained results allowed us to conclude that the cooking in (broth vs. roasted) increased significantly the lipid oxidation of the ribs muscles, considering their richness of fat liable to the oxidation phenomenon, are (0,57 mg  $\dot{e}q/kg$  vs. 0,77 mg  $\dot{e}q/kg$ ) at Djelfa and (0,58 mg  $\dot{e}q/kg$  vs. 0,84 mg  $\dot{e}q/kg$ ) in Ghardaïa, respectively. Although cooking results in an increase in the lipid oxidation of lamb meat, its nutritional and dietary value is not impaired. The Algerian steppe ecosystem is very interesting for outdoor sheep breeding and which allows to obtain a healthy meat recommended by nutritionists and attractive sensory quality.

**Key words:** *Lamb meat, TBARS, fatty acids, flavor, pasture, color, cooking processing, lipid oxidation.*

# **Introduction**

La steppe Algérienne constitue une vaste région qui s'étend sur une superficie de 36 millions d'hectares, dont environ 20 millions d'hectares de parcours (*Mohammedi et al., 2006*). Ces zones, situées principalement dans la gamme des isohyètes de 100-600 mm, concernent 38% de la population du pays et 48% de son cheptel ovin (*Saïdi et Gintzburger, 2013*). Ce cheptel contribue à près de la moitié de la production animale du pays (*Nefzaoui et El Mourid, 2008*). La dégradation croissante des parcours dans les zones steppiques conduit à la désertification de la biodiversité (*Nefzaoui et El Mourid, 2008*), engendre aussi une forte baisse de l'approvisionnement en aliments pour les ruminants, du fait de la faible production locale de la biomasse (*Le Houerou, 1992*). Pour ce faire, l'élevage dans les régions arides, semi-arides et tropicales doit survivre dans une pénurie récurrente de ressources alimentaires à valeur nutritionnelle adéquate (*Robles et al., 2008*).

L'herbe est l'un des liens au terroir d'origine qui pourrait conférer à la viande des spécificités (*Givens, 2005*), sous l'effet de la flore responsable de la réduction de la biohydrogénation (*Chilliard, 2007*).

*Maene, (2002)* rapporte que l'herbe augmente la quantité des acides gras polyinsaturés dans le muscle et leurs homologues: acide eicosapentaénoïque (EPA), acide docosahéxaénoïque (DHA), acide Docosapentaénoïque (DPA), et en acide linoléique conjugué (CLA) par rapport à un régime à base de concentré. Dans l'alimentation animale, l'utilisation de matière grasse riche en AGPI et plus particulièrement en AG n-3 permet d'augmenter notablement la part de ces acides gras dans la viande (*Mourot et al., 2010*).

Dans notre société actuelle, les habitudes et surtout les exigences de consommation riment généralement avec la qualité. Cette qualité est en particulier mise en exergue pour la viande ovine. Les facteurs d'élevage influencent fortement la qualité de la viande, notamment nutritionnelle (*Mourot et al., 2007*). Ces facteurs sont liés à la génétique (race, souche), à la physiologie (sexe, âge à l'abattage, castration), aux pratiques d'élevage (alimentation, conduite, plein air...etc) (*Lessire, 2001*).

Pour ces raisons, à fin de différencier la qualité de la viande des agneaux de pâturage de la viande des agneaux de concentré, il est donc important d'attribuer à chaque type génétique un système alimentaire adapté.

La viande rouge des ruminants représente l'un des aliments les plus importants de notre alimentation, en raison de nombreux atouts dont elle dispose notamment sa richesse en lipides et en acides gras saturés (AGS). Limiter les teneurs en AGS et augmenter celles des

acides gras polyinsaturés (AGPI) est un objectif primordial des différents programmes nutritionnels (AGPI/AGS = 0,45 et n-6/n-3 = 5) (*Scollan, 2005*).

Le régime alimentaire des animaux et le système de production sont des facteurs susceptibles de modifier ces teneurs et ces rapports. Cependant, il est maintenant bien connu qu'un tel enrichissement en AGPI peut conduire à une augmentation des processus de lipoperoxydation dans la viande notamment au cours de son conditionnement (*Gobert et al., 2010*).

Le choix de la cuisson comme paramètre de cette étude, se justifie par le fait que la viande est toujours consommée après cuisson. L'étape de cuisson, outre son rôle dans la destruction des micro-organismes, elle est capitale quand à l'élaboration des qualités sensorielles et nutritionnelles des aliments. Ce traitement technologique (cuisson), modifie profondément les caractéristiques chimiques de la viande. Ces modifications, affectent directement la qualité organoleptique et la valeur nutritionnelle de la viande.

Différents travaux ont été conduits visant à évaluer l'impact de la cuisson sur l'orientation des processus de lipoperoxydation. Il apparaissait également que l'intensité des processus de peroxydation au cours de la cuisson était principalement déterminée par la durée de la cuisson et non par sa température (*Durand et al., 2006*).

Les caractéristiques sensorielles ou organoleptiques de la viande à savoir la couleur et la flaveur déterminent l'appétence ou l'acceptabilité de cet aliment chez le consommateur (*Wismer et al., 2008*). De plus, chacune de ces caractéristiques sensorielles jouerait un rôle important dans la décision d'achat du consommateur (*O'sullivan et Kerry, 2009*).

En effet, le consommateur fait souvent passer sa satisfaction vis-à-vis des caractéristiques sensorielles d'un produit avant tout autre aspect qualitatif. Lors de l'achat, la couleur de la viande est le premier critère qui attire les consommateurs, puis viendra par la suite la flaveur. Cependant, si l'aliment ne présente pas un bon goût, il ne fera jamais une partie des habitudes alimentaires.

L'effet de l'activité physique sur le type du fibre musculaire pourrait influencer la qualité de la viande, notamment sa couleur qui pourrait être plus foncé si le muscle est composé d'une part plus importante de fibres oxydatives (*Choi and Kim, 2009*).

Les lipides sont également des précurseurs des composés volatils impliqués dans la flaveur de la viande après cuisson y compris: des alcanes, des aldéhydes, des alcools, des esters et des acides carboxyliques (*Gandemer, 2002*).

En fait, la viande d'agneaux issus des pâturages des Hauts plateaux et de la steppe présentent des qualités sensorielles très appréciées en terme de flaveur, du même pour le profil en acides gras. En outre, ces pratiques de pâturage constitueraient une alternative très intéressante pour fournir de la nourriture au bétail. Par conséquent, à travers cette étude, nous essayons d'analyser les effets de trois régimes adoptés dans trois zones géographiques différentes sur les caractéristiques nutritionnelles de la viande d'agneau. Pour ce faire, des essais ont été conduits pour étudier le lien entre le profil en acides gras et la flaveur de la viande via l'alimentation des animaux à partir de 03 principales sources naturelles: herbe vert de printemps, le foin et le concentré. Sur la base de ces constats, un programme de recherche a été entrepris a fin de valoriser la viande ovine Algérienne en vue d'une labellisation.

Dans ce contexte, l'objectif principal assigné à ce travail est de tester les possibilités qu'offre un régime alimentaire sur les performances de croissance, ainsi que les qualités nutritionnelles des lipides des acides gras de la viande selon le site anatomique.

Dans le but d'améliorer la qualité nutritionnelle des viandes de ruminant dans la présente étude, on a été amenée à procéder à deux modes de cuisson à savoir "bouillon" et "grillade", en vue d'étudier l'effet du mode cuisson et de la nature du muscle sur les principaux constituants de la viande d'agneau.

Dans le cadre de cette démarche, plusieurs volets ont été étudiés

- Une partie bibliographique qui relate principalement :
  - Métabolisme des acides gras chez les ruminants.
  - Effet des ressources alimentaires sur la qualité des acides gras de la viande de mouton.
  - Effets de la qualité des pâturages des animaux et des conditions d'élevage sur les composés de flaveur des viandes.
- Une deuxième partie qui traite de l'aspect matériels et méthodes y compris:
  - Les analyses chimique des régimes et des viandes et mesure l'impact du régime sur la composition biochimique de la viande d'agneau, les performances zootechniques
  - Appréciation des teneurs en AG pour les muscles des côtes et des gigots avant et après cuisson.
  - Évaluation de la qualité sensorielle par la détermination des principaux composés aromatiques responsables de la flaveur de la viande de mouton, ce point pertinent nous confère une certaine originalité pour le présent travail.

# **Partie bibliographique**

# **Chapitre 1**

## **Métabolisme des acides gras chez les ruminants**

## 1. Introduction

D'un point de vue biochimique, chez le ruminant, il existe deux grands groupes d'acides gras, d'une part les acides gras volatils, issus du métabolisme ruminal des hydrates de carbone alimentaires et d'autre part, les acides gras issus du métabolisme ruminal des lipides. Cette deuxième catégorie comprend les acides gras synthétisés de novo par les microorganismes du rumen, mais aussi les acides gras issus de l'hydrolyse des triacylglycérols alimentaires, dont la plupart subissent dans le rumen une biohydrogénation avant leur absorption intestinale. Les acides gras absorbés sont donc toujours plus saturés que les acides gras ingérés.

### 1.1- Types de lipides

En général, la concentration en lipides des fourrages et des graines de céréales est en général faible. Cependant, les semences des plantes oléagineuses (coton, soya, tournesol) peuvent accumuler plus de 20% de lipides (*Michel A. Wattiaux, 1996*). Les farines ou tourteaux (sous-produits de l'extraction des lipides) sont riches en protéines et s'utilisent couramment dans l'alimentation du bétail. Néanmoins, les semences non extraites peuvent aussi servir d'aliments. Les triglycérides se trouvent principalement dans les graines de céréales, les semences d'oléagineux et les graisses animales. Les glycolipides se trouvent principalement dans les fourrages (graminées et légumineuses). Ces composés ont une structure similaire aux triglycérides, sauf que l'une des trois unités d'acide gras est remplacée par un sucre (habituellement le galactose). Lorsqu'une unité de phosphate unie à une autre structure complexe remplace l'une des unités d'acide gras, le lipide devient un phospholipide.

Les aliments sont pauvres en phospholipides, mais ceux-ci se trouvent en forte concentration dans les bactéries du rumen. Les lipides des plantes contiennent de 70 à 80% d'acides gras insaturés et ils ont tendance à rester sous forme liquide (huiles). Par contre, les lipides d'origine animale contiennent de 40 à 50% d'acides gras saturés et ils ont tendance à rester à l'état solide (graisses). Chez le ruminant, les lipides ne sont pas digérés dans le rumen, mais ils y sont hydrolysés et saturés. L'excès de lipides dans la ration a un effet négatif sur la digestion des fibres et l'intensité de cette interférence dépend du degré de saturation des acides gras.

### 1.2- Hydrolyse et saturation des lipides dans le rumen

Au niveau du rumen, les lipides alimentaires provenant notamment des fourrages (glycolipides et phospholipides), des aliments concentrés (phospholipides et triglycérides) et des graines oléagineuses (triglycérides) (Tableau 1) sont pratiquement totalement hydrolysés sous l'action conjuguée d'enzymes bactériennes (lipases, glycosidases et phospholipases) en acides gras libres et en glycérol (*Jenkins, 1993*). Ce dernier est fermenté rapidement en acide gras volatil (voir métabolisme des hydrates de carbone) et se transforme rapidement en acide propionique. L'ensemble des AG ainsi libérés subit alors l'action de trans isomérases (changement de conformation d'une partie des liaisons cis en liaisons trans), le plus souvent suivie d'une hydrogénation (réduction des doubles liaisons

conduisant à la production d'AG plus saturés) (*Demeyer & Doreau, 1999*). De part ces réactions de bio hydrogénations, la viande de ruminant est deux fois moins riche en AGPI que la viande des mono gastriques (*Bourre, 2005*). L'hydrogénation concerne 87% de l'ALA et 83% de l'AL (*Jenkins et al., 2008*).

**Tableau 1: Principaux acides gras retrouvés dans des aliments servis aux ovins.**

Aliments	AG totaux g/100g MS	Profil en AG (g/100g d'AG)						
		16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	Autre
Céréales	3,33	19,48	1,46	1,81	27,13	44,86	2,36	2,86
Fourrages	1,72	21,07	0,93	2,97	6,85	19,07	35,19	13,42
Graines	31,44	9,30	0,10	3,16	40,42	40,16	3,36	3,48
Supplément gras	-	24,16	4,53	12,91	40,13	13,46	0,91	4,20

Source : *NRC, (2007)*.

Le rumen est un écosystème microbien complexe composé de plusieurs catégories de populations microbiennes: bactéries, archaebactéries, protozoaires, champignons et virus. Les bactéries du rumen représentent la moitié de la biomasse microbienne, leur concentration varie de 10<sup>10</sup> à 10<sup>11</sup> cellules/ml (*Khenaka, 2011*). Il est admis que l'équilibre de la flore du rumen peut être perturbé accidentellement par un apport excessif d'amidon très fermentescible (maïs, orge, avoine) ou de céréales finement broyées ; il s'en suit une augmentation de la concentration des ions (H<sup>+</sup>) avec une production importante d'acide lactique qui entraîne une diminution du pH du rumen (*Bertin, 1995; Kaboul and Ouachem, 2012*). Les micro-organismes du rumen ont des besoins simultanés d'énergie et d'azote sans possibilité de stockage. Cette indispensable simultanéité des approvisionnements microbiens en énergie et en azote, impose la synchronisation des apports de glucides fermentescibles et de protéines dégradables ou solubles (*Wolter, 1994*).

L'importance des minéraux dans l'équilibre, la croissance et l'activité de la population microbienne du rumen a été signalée, notamment par les auteurs suivants :

- *Roger et al., (1990)* estiment que le magnésium active les cellulases et avec le calcium améliore l'adhésion aux particules végétales.
- *Meshy, (1993)*, rapporte que l'effet négatif sur la cellulolyse pourrait être réduit, voire même supprimé par addition de Ca<sup>2+</sup>.
- *Pollock, (1994)*, souligne que certaines souches microbiennes diminuent chez les ruminants recevant une ration pauvre en cobalt et que les bactéries cellulolytiques semblent être les plus exigeantes.

En outre, *Coïc, (1989)* rapporte que des moutons atteints de carence en cobalt, ont été effectivement guéris sous l'effet de l'ingestion de 20 g de terre par semaine pendant 6 mois.

De même, *Fonty et al., (1995)*, avaient rapportés que l'addition de 0,1 mg de cobalt à un régime à base de paille, stimule la cellulolyse.

La teneur en lipides ne doit pas dépasser les 5% de la matière sèche dans la ration des ruminants, un niveau plus élevé des lipides diminue la digestibilité des fibres (*Arhab, 2007*).

Selon la nature des nutriments fermentescibles disponibles et des caractéristiques physicochimiques du milieu, la nature et le rapport entre les différentes populations du rumen peuvent changer radicalement, ce qui influence la qualité et la quantité des produits terminaux de fermentation.

A titre d'exemple, une ration riche en fourrages favorise le développement de la flore cellulolytique alors qu'une autre riche en concentrés avantage la flore amylolytique, tandis que la transition du pH de la gamme 6,2-7 à 5,8 entraîne une baisse de l'adhésion bactérienne et une inhibition de la flore fibrolytique (*Jarrige et al., 1995*).

Cependant, la "protection" des lipides pour ralentir leur vitesse d'hydrolyse peut les rendre plus "inertes" dans le rumen. Par exemple, les membranes externes et autres tissus des fourrages verts et secs ont un effet protecteur sur les lipides qui s'y trouvent intacts. Grâce à leur richesse en métabolites secondaires telles que les feuilles, les graines, les racines, les fruits, les fleurs, ou la totalité de la partie aérienne de la plante (*Wallace, 2004*). Ces plantes sont utilisées comme additif dans l'alimentation des ruminants, dans le but de trouver des alternatives aux antibiotiques ionophores pour l'amélioration des fermentations dans le rumen. Comme exemple, nous citons les flavonoïdes qui représentent des composés phénoliques très répandus dans le règne végétal.

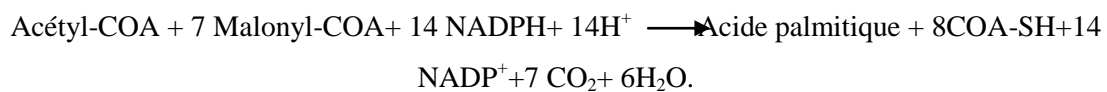
L'activité antimicrobienne de ces métabolites secondaires a été testée sur le microbiote ruminal et la totalité des études suggèrent un effet limité sur la fermentation dans le rumen (*Amlan and Patra, 2010*). Ceux-ci sont donc relativement inertes dans le rumen comparés aux lipides "libres" tels que les graisses animales ou les huiles végétales. De plus, les traitements industriels, qui souvent font appel à la formation de savons (sel calcique d'acides gras), rendent les acides gras insolubles et donc plus inertes dans le rumen. Les phospholipides représentent de 10 à 15% des lipides qui quittent le rumen; le restant (85 à 90%) sont des acides gras saturés (acides palmitique et stéarique principalement) qui se trouvent attachés aux particules microbiennes.

### 1.3- Synthèse ex novo des acides gras

Le processus de synthèse comprend la dégradation des glucides alimentaires excédentaires en unités acétate, puis la condensation de ces unités sous forme d'acetyl-coenzyme A (CoA) avec du bicarbonate pour former la malonyl-CoA. L'acetyl-CoA se combine ensuite avec une série d'autres molécules de malonyl-CoA pour produire des acides gras saturés avec différentes longueurs de chaîne, dont le produit final est l'acide palmitique (16:0) (*Vemuri et Kelly, 2008*).

La synthèse de novo d'acides gras est réalisée dans le cytosol des cellules. Elle utilise du CHO<sub>3</sub>, de l'acétyl-coenzyme A issu de la glycolyse et du NADPH issu du cycle des pentoses phosphates. Ces deux dernières voies ont comme précurseur commun le glucose. La néosynthèse d'acides gras est réalisée sous le contrôle principal de deux enzymes;

- ❖ Acétyl-Coa carboxylase (ACC) qui effectue la carboxylation ATP- dépendante de l'acétyl-CoA par l'entremise de son groupement prosthétique, la biotine.
- ❖ Acide gras synthase ou fatty acids synthase (FAS) qui catalyse la formation des acides gras saturés tels que l'acide palmitique (C16:0) et l'acide stearique (C18:0), et ce, en 7 réactions:



Elle nécessite la dérivation de l'acétyl-coenzyme A du cycle de Krebs mitochondrial pour une utilisation cytosolique. L'acétyl-coenzyme A ne peut pas sortir directement de la mitochondrie, il est d'abord transformé en citrate, exporté sous cette forme puis reconverti en acétyl-coenzyme A dans le cytosol. Ces réactions sont communes à l'ensemble des cellules capables de néo synthétiser des acides gras comme les hépatocytes et les adipocytes par exemple. Une fois synthétisés, les acides gras peuvent être transformés en d'autres acides gras ou stockés sous forme de triglycérides.

Ensuite, à partir de l'acide palmitique, formé par la lipogenèse de novo, ou les acides gras essentiels fournis par l'alimentation (acides linoléique et linoléique), les autres acides gras à longue chaîne sont synthétisés grâce à l'action d'élongases et de désaturases du réticulum endoplasmique.

La contribution de ces deux enzymes à la biosynthèse des AG varie selon les tissus, l'état nutritionnel, l'espèce et la souche (*Gondret, 1997*). Les acides gras saturés ainsi formés peuvent, pour certains d'entre eux, être désaturés et / ou élongués à l'aide d'enzymes dites désaturases et élongases.

- ❖ Les enzymes désaturases permettent de synthétiser des acides gras monoinsaturés et polyinsaturés en introduisant une double liaison à divers endroits définis sur une chaîne carbonée. Chez les vertébrés, on retrouve une activité de désaturation à la position Δ-9, Δ-8, Δ-6, Δ-5 et Δ-4 (*Beauchamp et al., 2007*).

- ❖ Les Enzymes élongases. Il existe sept sous-types distincts d'élongases appelés "Elongation of very long-chain fatty acids": Elov1-1, Elov1-3 et Elov1-4 permettent d'allonger des acides gras saturés ou non, tandis que Elov1-1 et Elov1-6 ne permettent d'allonger que les acides gras monoinsaturés. Elov1-2, Elov1-4 et Elov1-5 sont probablement impliquées dans la synthèse endogène des AGPI. Cependant, Elov1-7 reste à être caractérisée (*Wang et al., 2006*).

Dans les tissus animaux, la désaturation des acides gras saturés synthétisés *ex novo*, cesse avec la formation d'AGMI de la série n-9. Cette conversion est effectuée par la Δ9-désaturase, une

enzyme desaturase très active dans les tissus des mammifères, qui introduit une double liaison entre les carbones 9 et 10 de la chaîne de l'AG (*Strawford et al., 2004*). Le principal produit est l'acide oléique (18:1 $\Delta$ 9 ou 18:1n-9). Les produits de la synthèse *ex novo* sont estérifiés avec le glycérol pour former des TG. Dans le foie, ces TG sont incorporés aux VLDL et transportés dans le sang. Dans les tissus adipeux, ils sont stockés sous forme de gouttelettes de lipides. Si l'alimentation est constamment pauvre en graisse et riche en glucides, les tissus adipeux sont essentiellement composés d'acides gras 16:0, 18:0 et 18:1n-9, qui sont les principaux produits de la synthèse *ex novo* (*Vemuri et Kelly, 2008*). Des facteurs comme le régime alimentaire de fond, l'activité physique, les gènes, les hormones, etc peuvent influencer la synthèse *ex novo* (*Vemuri et Kelly, 2008*).

#### a) Facteurs liés au régime alimentaire

Parmi les facteurs pouvant moduler les teneurs en acides gras dans la viande, l'alimentation est sans conteste le facteur principal de variation. Toutefois, dans le cas des ruminants, il n'existe pas une très bonne corrélation entre les AG présents dans l'alimentation et les AG incorporés au sein des tissus, essentiellement en raison des biohydrogénations ruminales des acides gras alimentaires.

Les fourrages à base d'herbe, ainsi que la graine de lin, sont une source majeure d'acide linoléique (C18:3 n-3 de la famille des oméga 3) pour les animaux. L'herbe verte contient de 1 à 3% (de la matière sèche: MS) d'acides gras totaux constitués de 50 à 75% d'acide linoléique. Les valeurs les plus élevées sont observées pour l'herbe de printemps et les repousses d'automne (*Chilliard et al., 2007*). Une vache consommant 20 kg de MS d'herbe jeune ingère ainsi autant d'acide linoléique qu'une vache recevant un régime à base d'ensilage de maïs avec 1 kg de graine de lin (figure 1).

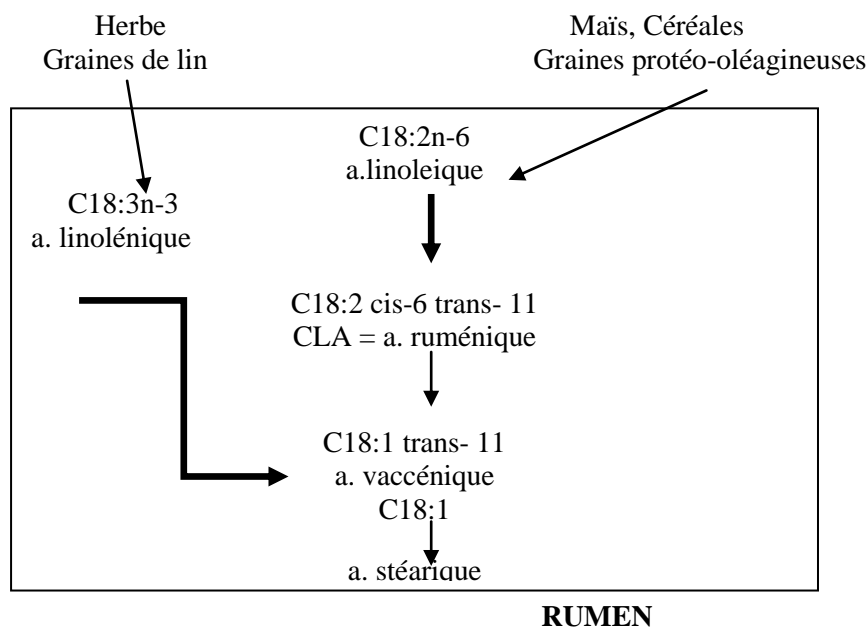


Figure 1. Etapes de transformations des Acides Gras (AG) dans le rumen (d'après *Chilliard et al., 2000*).

Pour cette raison, les régimes riches en herbe permettent un accroissement significatif des teneurs en acide linoléique de la viande (*Nuernberg et al., 2005*).

Les acides gras ingérés à partir des fourrages sont remaniés au niveau du rumen et peuvent être plus ou moins biohydrogénés dans le rumen.

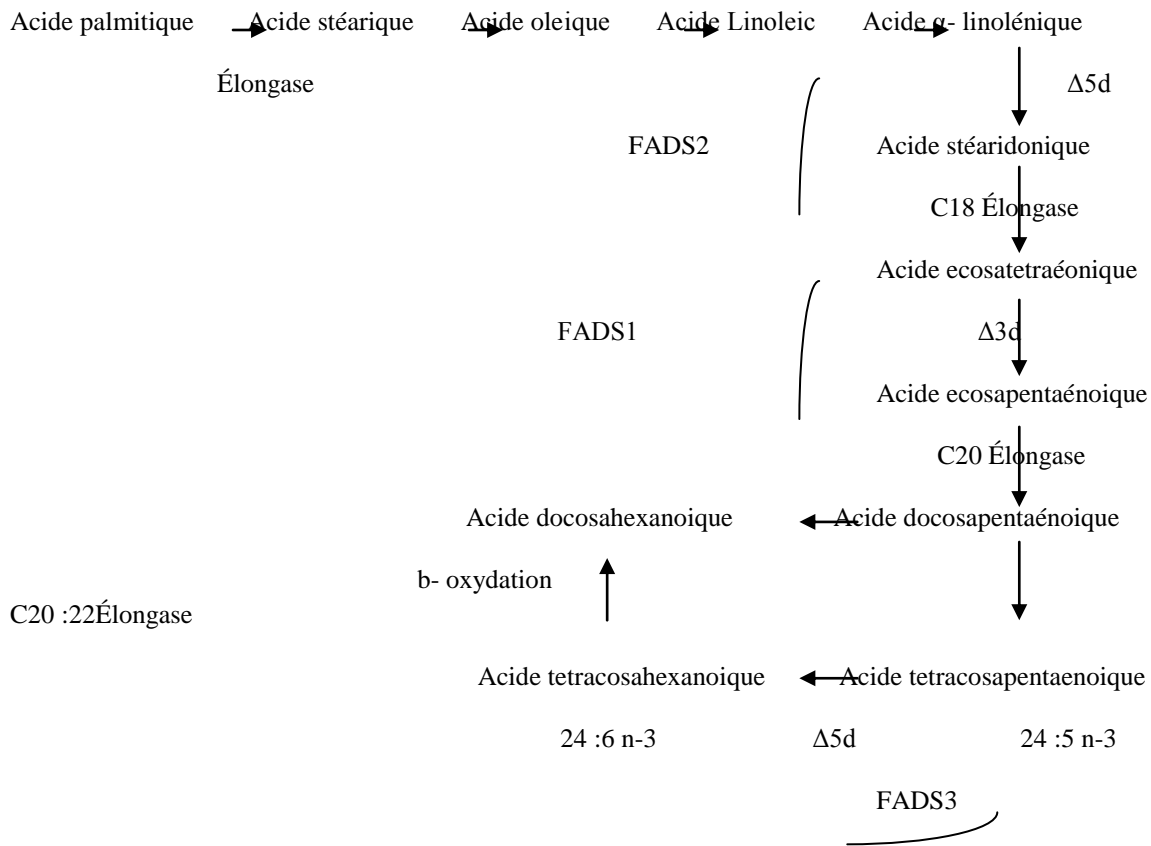
Des composés présents dans certaines espèces peuvent en effet diminuer la biohydrogénation et donc augmenter la concentration en acide linoléique non transformé dans le rumen (*Doreau et al., 2005, Lee et al., 2006*). C'est le cas de diverses variétés de trèfle violet par exemple, riches en polyphénol oxydase, une enzyme qui transforme certains acides phénoliques en quinones qui inhibent la protéolyse et la lipolyse bactérienne dans le rumen (*Farruggia et al., 2008*).

En revanche, la composition botanique et en particulier la présence de dicotylédones (ou tout du moins de certaines dicotylédones) semble avoir des conséquences sur le déroulement de la biohydrogénation ruminale des acides gras, sans doute par le biais de métabolites secondaires ou d'enzymes (*Farruggia et al., 2008*).

#### *b) Facteurs liés à l'animal*

Il est maintenant bien connu que la teneur en lipides de la viande des ruminants varie en fonction de la race, de l'âge, du sexe ainsi que du type de muscle considéré (*De Smet et al., 2004*). Ces différences d'état d'engraissement vont largement influencer la composition en AG du muscle. En effet, comme précédemment mentionné, une forte teneur en lipides intramusculaires s'accompagne d'une augmentation de la proportion en TG par rapport aux PL (*Cuvelier et al., 2006*), ces derniers représentant le site privilégié d'incorporation des AGPI LC (*De Smet et al., 2004*). D'autres études focalisées sur l'effet de l'âge (*Werglarz, 2010; Barton et al., 2011*) ou du poids vif à l'abattage (*Moreno et al., 2008*) sur la composition en acides gras des lipides intramusculaires des ruminants ont montré que ces variations de composition sont principalement liées à l'état d'engraissement des animaux induisant une diminution de la proportion de PL dans les muscles de ces animaux et donc une diminution de la proportion d'AGPI. Toutefois, d'autres travaux montrent l'effet du sexe par l'intermédiaire des hormones sexuelles sur la composition en acides gras des muscles des animaux, lié principalement au niveau d'adiposité des animaux (*Nürnberg et al., 1998*).

La race est également un facteur susceptible d'influencer la composition en acides gras des viandes, corrélée d'une part, par l'état d'engraissement des animaux (*Raes et al., 2003; Purchas et al., 2008; Bauchart et al., 2011*) et, d'autre part, au type métabolique des muscles (*Choroszy et al., 2006; Kraft et al., 2008*), bien que d'autres éléments puissent aussi intervenir y compris l'activité des enzymes impliquées dans la biosynthèse de ces acides gras (*Choi et al., 2000*). D'après *De Roos et al., (2009)* d'autres recherches sont nécessaires pour déterminer comment ces facteurs, notamment l'excès de graisses dans l'alimentation, influencent la synthèse *ex novo* (Fig 2).



**Figure 2. Biosynthèse des PUFA** (d'après *De Roos et al., 2009*).

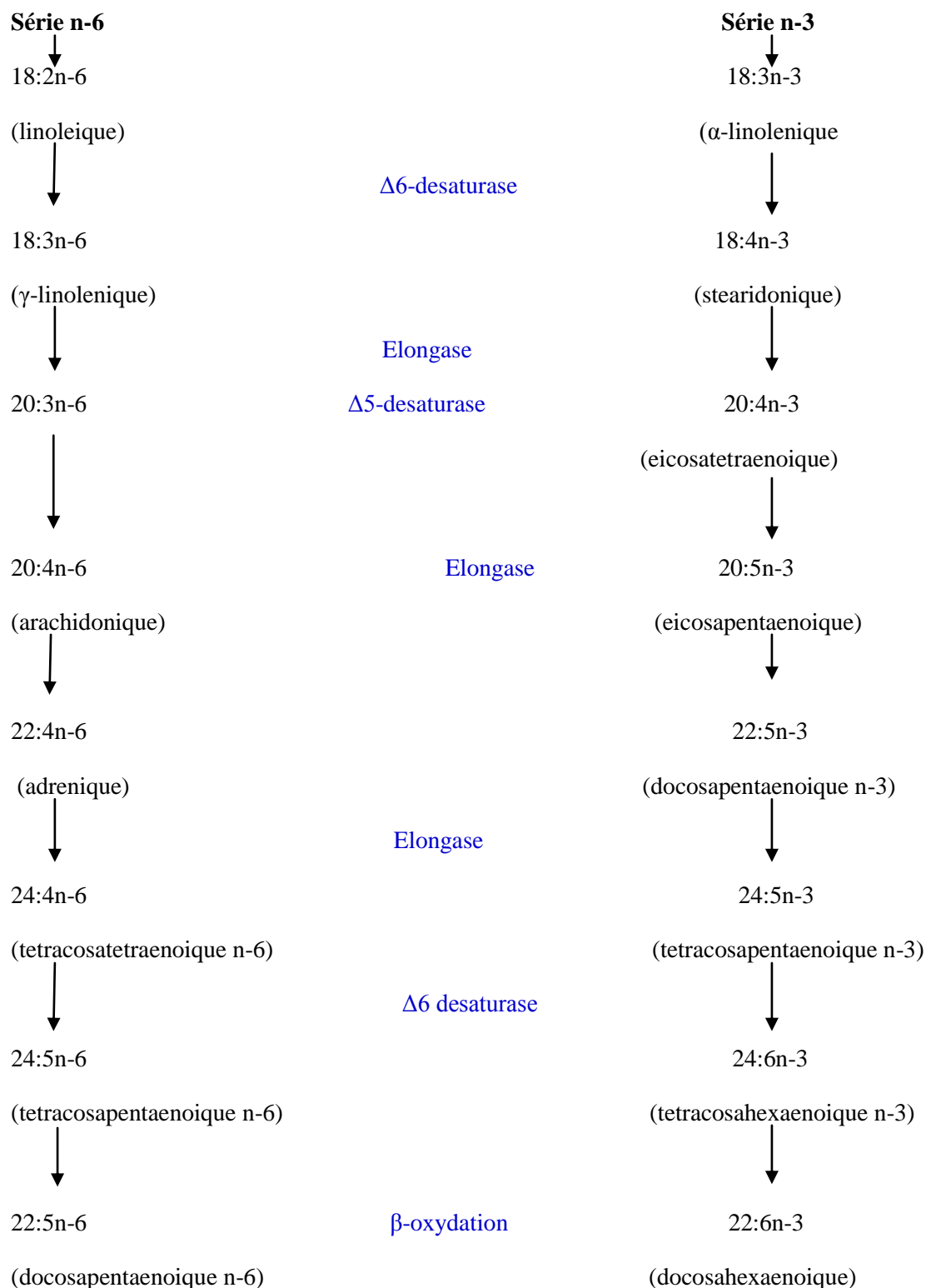
FASN=acide gras synthase synthétique. SCD=stéaroyl CoA désaturase. FADS2=désaturase d'acides gras 2. FADS1=désaturase d'acides gras 1.

#### 1.4- Métabolisme du LA et de l'ALA pour former des AGPI-LC

Bien que les mammifères puissent directement créer une double liaison en position  $\Delta 9$ , ils ne peuvent pas introduire d'insaturation supplémentaire entre  $\Delta 10$  et le groupement méthyle à l'extrémité de la chaîne. Ainsi, les mammifères ne sont pas capables de synthétiser le LA et l'ALA. En revanche, les plantes peuvent produire les deux en créant des doubles liaisons en  $\Delta 12$  et en  $\Delta 15$ .

Dans la mesure où ils constituent les précurseurs nécessaires à la synthèse des AGPI-LC et des eicosanoïdes, le LA et l'ALA sont des acides gras essentiels que nous devons puiser dans les végétaux de notre alimentation.

Une fois que LA et ALA ont été obtenus dans l'alimentation, ils peuvent être convertis en AGPI-LC C20 et C22. Les oméga 3 et 6 sont deux familles qui se distinguent par la position d'une insaturation, respectivement en position n-3 et n-6. Ayant des précurseurs différents, ces deux familles sont synthétisées selon deux voies distinctes. On note cependant que les étapes de désaturations et d'élongations sont les mêmes (figure 3).



**Figure 3: Voies de synthèses des acides gras des familles des omégas 3 et 6 d'après Konkel & Schunck, (2011).**

Le mécanisme ne requiert que des  $\Delta 6$ -desaturases et  $\Delta 5$ -desaturases, une élongase du système microsomal et une étape de raccourcissement de la chaîne comprenant une  $\beta$ -oxydation dans les peroxyosomes (*Sprecher, 2002*). La première étape est la création d'une double liaison en position  $\Delta 6$  du LA et de l'ALA grâce à la  $\Delta 6$ -desaturase, suivie d'un allongement de chaîne avec deux nouvelles unités carbonées sous l'effet de l'élongase, et l'insertion d'une autre double liaison en  $\Delta 5$  par la  $\Delta 5$ -desaturase pour former les acides arachidonique (20:4 n-6 ou ARA) et eicosapentaénoïque (20:5 n-3 ou EPA), respectivement. La deuxième étape voit l'allongement de l'ARA et de l'EPA avec deux unités carbonées supplémentaires pour donner 22:4n-6 et 22:5n-3 (DPA n-3), respectivement. Un allongement supplémentaire de 22:4n-6 et 22:5n-3 avec deux carbones produit 24:4n-6 et 24:5n-3, respectivement. Ces AGPI C24 sont alors désaturés par la  $\Delta 6$ -desaturase pour obtenir 24:5n-6 et 24:6n-3. Il s'agit de la même enzyme désaturase qui permet la désaturation du LA et de l'ALA (*D'Andrea et al., 2002*). Le DHA est formé à partir de 24:6 n-3 par perte de deux carbones de la chaîne carbonée au cours d'un cycle de  $\beta$ -oxydation peroxyosomale. Ce même mécanisme de raccourcissement de chaîne permet d'obtenir 22:5n-6 à partir de 24:5n-6. Les deux mécanismes sont mutuellement indépendants, et il n'y a pas de réactions croisées. Cependant, comme ces mécanismes font appel aux mêmes enzymes, les deux séries sont concurrentes en termes de conversion. Puisque l'acide linoléique est le principal AGPI dans l'alimentation humaine et que les apports en ALA sont généralement bas, les concentrations plasmatiques et cellulaires d'AGPI-LC n-6 dérivés de l'acide linoléique tendent à être supérieures à celles des AGPI-LC n-3.

### 1.5- Le métabolisme ruminal

Les acides gras absorbés par le ruminant sont issus de 2 voies métaboliques distinctes prenant place au sein du rumen. Il s'agit premièrement de la dégradation des hydrates de carbone en acides gras volatils suivie de leur absorption à travers la paroi ruminale, et ensuite du métabolisme des lipides proprement dit, qui génère des acides gras absorbés au niveau de l'intestin grêle.

- **1.5.1- Composition et synthèse des lipides microbiens**

La composition lipidique des microorganismes du rumen est d'une importance majeure, étant donné qu'elle détermine en partie la composition des lipides disponibles pour l'animal hôte au niveau intestinal. Chez le mouton, les lipides bactériens et protozoaires représenteraient entre 10 et 20 % des lipides totaux présents dans le rumen (*Harfoot et Hazlewood, 1997*).

#### 1.5.2- Le métabolisme lipidique ruminal

Le métabolisme lipidique dans le rumen est caractérisé par l'existence de 2 phénomènes concomitants, d'une part une lipolyse des triacylglycérols alimentaires suivie d'une hydrogénation des acides gras, et d'autre part une synthèse lipidique réalisée par les microorganismes du rumen.

### 1.5.2.1- Les mécanismes de lipolyse et de biohydrogénation ruminales

Le rumen est le siège d'une activité lipolytique intense et rapide, s'exerçant à la fois sur les galactolipides, les phospholipides et les triacylglycérols, mais aussi sur d'autres substrats lipidiques tels que les esters de stérols par exemple. La source des enzymes hydrolytiques, leur distribution parmi les microorganismes du rumen ainsi que leur mode d'action sont cependant encore peu connus. Les triacylglycérols alimentaires, tout d'abord, sont hydrolysés par la flore lipolytique ruminale, ce qui permet la production d'acides gras libres et de glycérol. Il semblerait qu'il n'y ait pas production de composés intermédiaires tels que des monoacylglycérols ou des diacylglycérols (*Tamminga et Doreau, 1991*). Le métabolisme ruminal des lipides associe différentes souches de bactéries présentes dans le rumen produisant des lipases extracellulaires. *Anaerovibrio lipolytica* est l'une des bactéries lipolytiques les plus actives (*Prins et al., 1975*), qui est capable d'hydrolyser les triacylglycérols mais qui n'attaque pas les galactolipides et les phospholipides (*Fonty et al., 1995*). Selon certains auteurs, des lipases d'origine végétale, présentes dans les feuilles, seraient principalement responsables de l'hydrolyse des acides gras estérifiés chez les animaux en pâture, cette hypothèse n'a cependant pas été corroborée par des expériences ultérieures (*Faruque et al., 1974*).

Les AG alimentaires ne sont pas consommés comme AG libres, mais comme esters dans différents complexes lipidiques, comme TAG, PL et GL, comme mentionné précédemment (*Harfoot et Hazlewood, 1997; Jenkins et al., 2008*). Comme aucun acide gras (AG) lié ne peut subir de biohydrogénation (BH), les lipides subissent d'abord une lipolyse, qui produit les acides gras non estérifiés (NEFA) (*Dawson et al., 1974*), et une lipolyse peut se produire dans l'alimentation si des enzymes lipase sont présentes. La lipolyse peut également se produire tout d'abord lors de l'entrée dans le rumen (figure 4). Après la lipolyse, la première étape pour ALA et LA est l'isomérisation qui convertit la liaison cis-12 en isomère trans-11. L'acide linoléique conjugué est formé à partir de la première étape dans BH de LA, et comme illustré sur la Figure 3, en forme des différents isomères de CLA. Normalement C9t11 CLA est l'isomère dominant qui contribue à environ 80% de CLA dans le rumen (*Collomb et al., 2001*). La biohydrogénation est un ensemble de réactions biochimiques se déroulant dans le rumen et transformant les AG insaturés ingérés en AG plus saturés (figure 5).

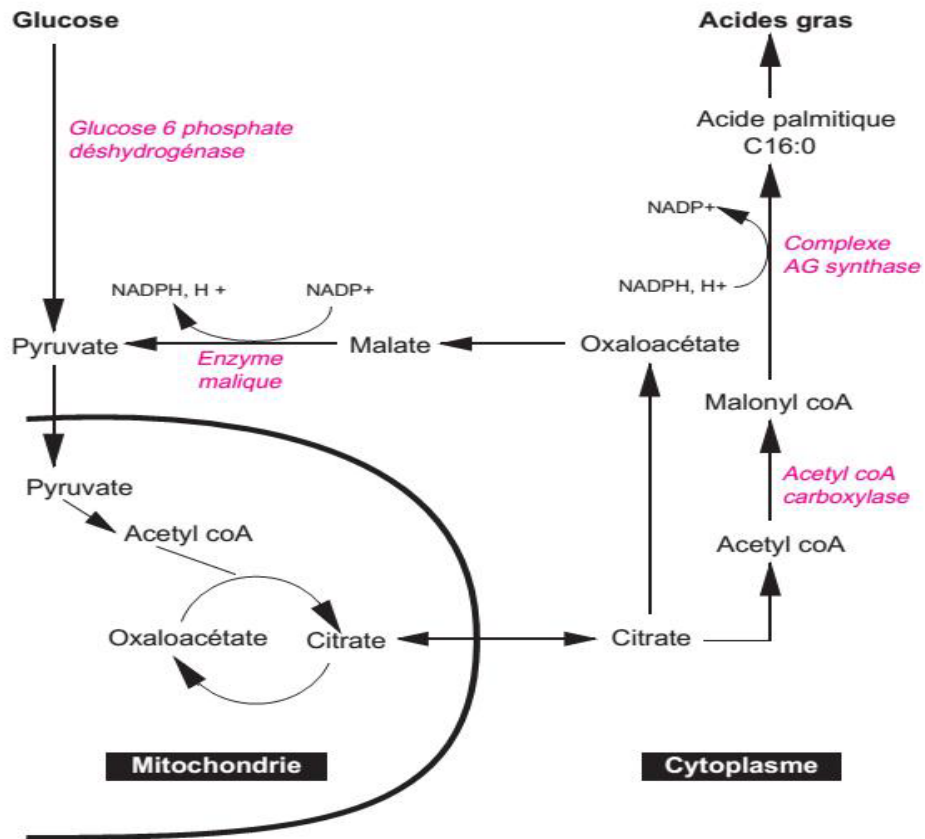


Figure 4 : Schéma de la lipogenèse chez les mammifères (Lebret et Mourot, 1998).

cis-9, cis-12, cis-15 18:3w3

Isomerization

cis-9, trans-11, cis-15 18:3

Biohydrogenation

trans-11, cis-15 18:2

Biohydrogenation

trans-11, 18:1

Biohydrogenation

18:0

cis-9, cis-12 18:2w6

Isomerization

cis-9, trans-11 18:2

(CLA)

trans-11, 18:1

18:0

trans-10, cis-12 18:2

(CLA)

trans-10, 18:1

18:0

18:0

18:0

**Mammary Gland**

cis-9, trans-11 18:2 (CLA)

$\Delta^9$ -desaturase

trans-11, 18:1

Figure 5: Chemins de biohydrogénation de l'acide linoléique (C18:2 n-6) et de l'acide  $\alpha$ -linoléique (C18:3 n-3). Adapté de (Bauman et Grünari, 2001).

Par ailleurs, les produits dérivés de ruminants sont connus par leur contenu élevé en AGS, en raison de la façon dont les AG est métabolisé dans le rumen (*Jenkins et al., 2008*).

Les lipides alimentaires sont hydrolysés en acides gras non estérifiés (NEFA) et les AGPI sont ensuite rapidement hydrogénés par les microorganismes du rumen pour produire un acide gras saturée, principalement de l'acide stéarique (C18:0) puisqu'il s'agit du produit final de la biohydrogénation du rumen (BH). Les principaux AGPI dans les régimes de rumen sont ALA et C18:2n-6 (LA), car ils sont les principaux AG dans les herbages et les concentrés typiquement utilisés (*Elgersma et al., 2006*). La voie de BH de ces deux FA a été étudiée dans des études dans les années 1960 jusqu'à 1980 et la voie générale de BH de l'ALA et de LA est décrite à la figure 16.

*Lourenço et al., (2010b)* ont ainsi récemment publié une synthèse scientifique actualisée des processus microbiens du métabolisme ruminal des lipides. Dans le cas où le régime alimentaire de la vache est élevé sur les hydrates de carbone fermentescibles, le BH ruminal peut se déplacer vers une production plus élevée de CLA de t10c12 au détriment de CL9 de C9t11 (*Bauman et Griinari, 2003*).

Au cours des dernières années, plusieurs autres isomères CLA ont été identifiés, certains uniques pour un régime d'alimentation spécifique (*Kraft et al., 2003*), mais de nombreux isomères à la fois de LA et d'ALA restent à identifier. L'étape suivante est l'hydrogénation de C18:2 pour donner des isomères C18:1, le dominant étant trans-11 C18: 1. L'étape finale du rumen BH est la formation d'acide stéarique (C18:0) avec l'hydrogénation de la double liaison trans-11. Dans un scénario avec un régime riche en glucides fermentescibles, la BH ruminale peut se déplacer vers une production plus élevée de trans-10 C18:1, qui, combinée à une teneur plus élevée de CL10 de t10c12, est associée à une dépression de graisse du lait (MFD) (*Bauman et Griinari, 2001; OrRashid et al., 2009*). Ceci est causé par des changements dans les groupes des bactéries du rumen, car *B. proteoclasticus* est réduit dans de tels régimes, ce qui provoque une BH incomplète de PUFA et l'accumulation de l'isomère trans-10 C18:1 dans le rumen (*Loor et al., 2004; McKain Et al., 2010*). Les différentes étapes de la BH sont liées à différents groupes bactériens (*McKain et al., 2010*), mais la bactéries cellulosiques *Butyrivivrio fibrisolvens* est la plus importante, la seule bactérie capable de convertir LA en isomères C18:1, tandis que *Butyrivibrio proteoclasticus* est responsable de la conversion des isomères C18:1 en C18:0 (*Buccioni et al., 2012*). Des recherches récentes ont néanmoins permis d'isoler une souche de *Butyrivibrio hungatei* capable de convertir directement l'acide  $\alpha$ -linoléique en acide stéarique (*Van de Vossenber et Joblin, 2003*). Cette découverte pourrait remettre en question la classification établie par *Kemp et Lander, (1984)*.

Une hypothèse plus ancienne est que les différentes structures lipidiques des plantes pourraient également jouer un rôle dans la BH des AGPI. Les fractions lipidiques individuelles (par exemple GL, PL, etc.) pourraient être décomposées différemment, ce qui, à la fin, affecterait comment et quand les AGPI sont soumis à BH (*Dawson et Hemington, 1974*). De plus, les GL et PL sont typiquement les principales fractions lipidiques présentes dans le régime des ruminants (*Dawson et al., 1974; Buccioni et al., 2012*), et si ces derniers sont hydrolysés rapidement dans le rumen, d'autres lipides comme les caroténoïdes et les esters semblent subir peu de changements dans le rumen (*Dawson et Hemington, 1974; Hymøller et Jensen, 2010*). Dans l'ensemble, cela peut influencer BH de PUFA, car le profil en AG dans les différentes fractions lipidiques varie. Par exemple, on sait que LA est plus abondante dans les fractions polaires, alors que l'ALA est plus fréquent dans les feuilles (*Buccioni et al., 2012*). Tout récemment, on a montré que BH d'ALA était en effet, si l'ALA se trouve dans les lipides membranaires (ML, principalement GL étudiés), car BH d'ALA était corrélée négativement avec le niveau de ML dans deux espèces de fourrages (*Cabiddu et al., 2010*).

### 1.5.3 Conclusion

Une des originalités du ruminant vis-à-vis des acides gras est d'associer au niveau du rumen simultanément la production d'acides gras volatils principalement à partir des hydrates de carbone de la ration, la métabolisation plus ou moins intense des acides gras ingérés et la synthèse d'acides gras par les microorganismes. La biohydrogénation ruminale des acides gras insaturés est responsable du caractère plus saturé des graisses absorbées par les ruminants. Cette particularité aura des répercussions sur la nature des acides gras rencontrés dans leurs tissus adipeux. Dans un cadre plus large, une connaissance approfondie de ce métabolisme permet le développement de techniques spécifiques en vue de diminuer l'étendue de la métabolisation ruminale des acides gras et d'augmenter ainsi les teneurs en acides gras insaturés dans les graisses. Par ailleurs, il est apparu que le métabolisme ruminal conduisait à la formation de composés tels que les CLA, dont les propriétés sont particulièrement appréciées en diététique moderne.

# **Chapitre 2 :**

## **Effets des ressources alimentaires sur la qualité des lipides des acides gras de la viande de mouton**

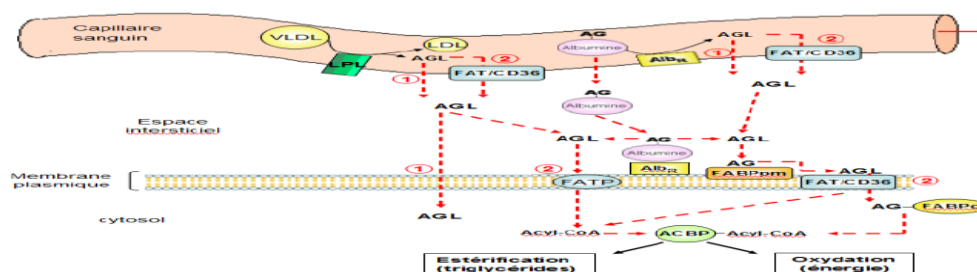
## 2- Introduction

L'amélioration de la valeur nutritionnelle des lipides de la viande consiste en particulier à réduire la concentration en Acides Gras (AG) saturés et à augmenter celle des AG polyinsaturés (AGPI) de la série n-3, ou oméga 3 et qui sont considérés comme positif pour la santé humaine, en particulier dans la prévention des maladies cardiovasculaires, mais les AGPI n-3 jouent également un rôle dans le développement de l'enfant et la prévention de maladies mentales (*Riediger et al., 2009*).

Comme relaté dans plusieurs synthèses bibliographiques (*Bas et al., 2000-2001; Geay et al., 2002*), les différences liées à l'alimentation des animaux sont souvent sous estimées, notamment sur le plan des rapports AGPI/AGS, n-6/n-3 actuellement en déséquilibre respectivement (0.11 et 10).

En revanche, plusieurs modalités d'enrichissement des régimes alimentaires et rations destinés aux animaux sont proposées dont l'objectif principal est d'atténuer l'effet de la biohydrogénation des AGPI et d'augmenter leur teneur dans le muscle (*Fonty et al., 1995*). De plus, les AGPI sont sujets à l'oxydation, induisant parfois des problèmes de qualité sensorielle des produits (*Wood et al., 2008, Gobert et al., 2010*). Chez les monogastriques, les AG longs de la ration sont absorbés au niveau de l'intestin sans avoir été métabolisés et il y a donc une relation étroite entre la composition des AG ingérés et celle des AG absorbés. Au contraire, chez les ruminants, les AG insaturés sont très fortement hydrogénés et isomérisés dans le rumen. Il y a donc une grande différence entre la composition des AG ingérés et celle des AG absorbés, et les produits de ruminants contiennent une grande variété d'AG qui ne sont pas présents dans leur ration. Parmi eux, les acides linoléiques conjugués (Conjugated Linoleic Acids ou CLA) et les AG monoinsaturés trans ont été particulièrement étudiés en raison de leur rôle potentiel sur la santé humaine. L'acide ruménique, qui est l'isomère C9, t11-18:2 des CLA, joue un rôle préventif dans l'apparition de cancers sur les animaux, mais son effet chez l'homme n'a pas été démontré, probablement parce que les quantités consommées sont trop faibles. Au contraire, les AG trans sont considérés comme ayant un effet négatif sur la santé humaine, bien qu'il y ait de plus en plus de preuves que l'acide vaccénique (t11-18:1), l'isomère monoinsaturé principal dans les produits de ruminants, n'a pas d'effet négatif sur la santé humaine (*Shingfield et al., 2008*). Il pourrait même jouer un rôle positif par un effet hypocholestérolémiant mis en évidence chez le lapin hypercholestérolémique (*Bauchart et al., 2007*). Ainsi, seuls les AG trans des produits partiellement hydrogénés de type margarine (principalement t9-18:1 et t10-18:1) réduiraient le «bon» cholestérol, qui est la fraction HDL (High-Density Lipoprotein) (*Chardigny et al., 2008*) (figure 6). Après leur biohydrogénation dans le rumen, leur absorption dans l'intestin et leur transport sanguin sous forme de lipoprotéines, les AG sont prélevés par la glande mammaire, les différents muscles et tissus adipeux et par le foie. Deux processus ont alors lieu (*Doreau et al., 2010*): une désaturation par une  $\Delta$ -9 désaturase, conduisant en particulier

à un accroissement du CLA c9, t11-18:2, produit à partir de l'acide vaccénique t11-18:1, et l'élongation de l'acide linoléique en AGPI n-3 à 20 et 22 carbones principalement par le foie (Cherfaoui et al., 2012).



**Figure 6:** Mécanismes de transport des acides gras plasmatiques à travers l'endothélium des capillaires et les membranes plasmiques des cellules (d'après Kolditz, 2008).

### 2.1- Les sources de lipides dans l'alimentation des ruminants

Dans les aliments consommés par les ruminants, les AG sont sous forme de triglycérides qui sont des lipides de stockage, des phospholipides localisés dans les membranes cellulaires et des glycolipides 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. *Sauvant et al., (2002)* rapportent que les rations des ruminants contiennent généralement 3% des lipides/MS. Les céréales, les protéagineux, les oléagineux et leurs tourteaux sont constitués essentiellement par des TG (98%), à caractère majoritairement insaturé. Dans les céréales, la majorité des lipides (1-6%/MS) est constituée d'AG tel que: C18:2, C18:1 et C16:0, alors que ces derniers représentent souvent moins de la moitié des lipides des fourrages (Tab 2).

**Tableau 2:** Influence des sources des lipides alimentaires sur la composition en AG du muscle

Acides gras	Témoin	Graine de lin	Huile de poisson
C16 :0	1029	1089	1305
C18 :0	528	581	543
C18 :1	1029	1471	1260
C18 :2	81	78	66
C18 :3	22	43	26
C20 :4	23	21	14
C20 :5	11	16	23
C22 :6	2.2	2.4	4.6
Total acides gras	3529	4222	4292
AGPI / AGS	0.07	0.07	0.05
n-6 : n-3	2.00	1.19	0.91

(*Scollan et al., 1997-2000-2001*).

Les graines des protéagineux et des oléagineux sont constitués en grande partie de C18:2 et C18:1. L'herbe verte contient de 1 à 3% (de la matière sèche) d'AGT constitués de 50 à 75% de C18:3n-3. Les valeurs les plus élevées sont observées pour l'herbe de printemps et les repousses d'automne. A l'opposé, l'ensilage de maïs et les céréales sont pauvres en C18:3n-3 et riches en C18:2n-6. Ainsi, comparativement aux rations hivernales riches en concentrés (65%) ou à base d'ensilage de maïs, les régimes riches en herbe verte conduisent à une forte diminution dans les acides gras saturés (-15 g/100 g AGT) au profit des acides gras polyinsaturés incluant en particulier les C18:3n-3 (+ 0,5 g/100 g AGT) et les CLA (+ 0,9 g/100 g AGT) (*Chilliard et al., 2007*).

L'herbe et ses dérivés contiennent approximativement 3% des lipides localisés majoritairement dans les feuilles, constitués de plus de 50% de galactolipides et environ 25% de phospholipides (*Jarrige et al., 1995; Harfoot et Hazlewood, 1997*). Les graines des protéagineux contiennent entre 1-10% de lipides essentiellement du C18:3, C18:2, C18:1 et C16:0. Les graines des oléagineux dosent 15-50% de lipides, leurs tourteaux contiennent 1-10% de lipides. Ils sont constitués en grande partie de C18:2 et C18:1. Le lin faisant exception car riche en C18:3. Ainsi les tourteaux de palmiste et de cocotier présentent des teneurs élevées en C12:0. La prédominance de C18:3 suivi de C16:0 et C18:2 de l'herbe n'est pas modifiée par l'ensilage, mais elle est généralement réduite par le fanage, probablement en raison du processus d'oxydation et de la perte de feuilles qui sont plus riches en AG que les tiges. Le processus d'ensilage ne modifie plus la composition en AG, mais le fanage réduit la proportion d'acide linoléique qui est souvent d'ordre de 30% seulement dans les foin.

L'herbe augmente également les autres acides gras trans, notamment l'acide vaccénique, précurseur du CLA, dont l'effet sur la santé humaine demeure controversé. Pour les régimes intermédiaires qui ne sont pas uniquement à base de pâturage, l'augmentation de la proportion d'herbe dans la ration permet généralement une augmentation linéaire des acides gras insaturés, du C18:3n-3 et du CLA (*Couvreur et al., 2006; Ferlay et al., 2008*).

Bien que le profil en AG ne soit pas modifié significativement par le mode de conservation par voie humide (ensilage), la proportion de lipides est différente: du fait de la lipolyse, la majorité des AG présents dans les ensilages sont non estérifiés. L'ensilage de maïs contient environ 2% d'AG constitués en moyenne, respectivement de 15, 20, 45 et 5% d'acides palmitique, oléique (18:1 n-9 ou c9- 18:1), linoléique et linoléique. Les céréales contiennent 2 à 3% d'AG, dont environ 50% d'acide linoléique. Les ruminants peuvent être alimentés avec des graines oléagineuses riches en lipides, brutes ou traitées thermiquement. Les traitements thermiques comme l'extrusion ne modifient pas la composition. Les huiles et graines oléagineuses peuvent être traitées au formol pour assurer une protection contre l'hydrogénation ruminale. Les produits d'origine marine: huiles de poisson et algues, sont susceptibles, en fonction de la réglementation, d'être distribués aux ruminants. Leurs

lipides sont riches en AG à 20 et 22 carbones, en particulier l'acide eicosapentaénoïque (EPA, 20:5 n-3) et l'acide docosahexaénoïque (DHA, 22:6 n-3), mais leurs teneurs en ces AG sont extrêmement variable, de 5 à 20% pour chacun d'entre eux.

Selon l'espèce de poisson, l'AG principal est soit l'EPA soit le DHA, parfois même certaines espèces sont pauvres à la fois en EPA et en DHA; elles sont toutes pauvres en 18:3 n-3 et contiennent divers AG saturés et monoinsaturés à 16 et 18 carbones (*Givens et al., 2001; Médale, 2009*).

La même variabilité existe pour différentes espèces d'algues (*Givens et al., 2001*). En revanche, les micro-algues, pour les quelles il y a peu de références, semblent contenir des proportions variables d'EPA (0 à 30%) mais très peu de DHA; les autres AG sont également en proportions très variables : 0 à 40% de 18:3n-3, et parfois, des teneurs importantes en 16:0 et c9-16:1 (*Zhukova et Aizdaicher, 1995*). Certains traitements technologiques industriels fournissent des aliments de sources lipidiques qui sont distribués aux ruminants sous forme de poudre. Les savons de calcium d'AG sont généralement produits à partir d'huile de palme ou de ses dérivés, mais sont parfois produits à partir d'autres huiles végétales. Les matières grasses cristallisées proviennent de sources lipidiques natives ou hydrogénées et sont composées d'AG saturés ou monoinsaturés.

## **2.2- Variation du profil d'acides gras**

Les teneurs en acides gras (AG) des dépôts adipeux et des muscles influencent la qualité de la viande. Le taux de lipides intramusculaires est influencé par le génotype et par le niveau d'ingestion d'énergie (*Bas, 2001*). Avec des rations contenant des aliments concentrés non supplémentés en matières grasses, les dépôts adipeux et les muscles présentent des teneurs plus faibles en C18:0 et en C18:3 mais plus élevées en C18:1 qu'avec des rations constituées uniquement de fourrage.

En outre, dans les lipides intramusculaires, le rapport des AGPI n-6/n-3 est plus élevé avec des aliments concentrés qu'avec du fourrage. Les matières grasses végétales réduisent les teneurs en AGS dans les dépôts adipeux par rapport aux matières grasses d'origine animale. Les graines de lin et de carthame induisent les teneurs en AGPI les plus élevées dans les dépôts adipeux et le lin induit les teneurs les plus élevées en C18:3 dans les muscles. Dans les muscles, les teneurs en C18:2 sont peu influencées par la nature de la matière grasse ajoutée à la ration lorsque celle-ci n'est pas protégée. Les huiles de poisson diminuent les teneurs en C18:0 des muscles et augmentent les teneurs en AGPI à longue chaîne de la série n-3. L'acide palmitique (C16) et l'acide stéarique (C18) sont les principaux acides gras saturés de la viande rouge des ruminants. L'acide laurique (C12) et l'acide myristique (C14) sont présents en quantités infimes. L'acide oléique (C18:1 cis  $\Delta$ 9) représente une fraction de 40% (*Fink-Gremmels, 1993*) des AGMI. Les AGPI prédominant dans la viande rouge d'agneau sont l'oméga 6 et l'oméga 3.

Le tissu adipeux intramusculaire contient des proportions intéressantes d'AGPI (*Doreau, 1998*). Les lipides intramusculaires contiennent 2 à 3% d'AGPI chez les ruminants contre 20 à 25% chez la volaille (*Gandemer, 1998*) (Tab 3).

**Tableau 3: La composition des principaux acides gras dans le tissu adipeux d'agneau (en % du poids vif) (*Beriain et al., 2000*).**

Tissu adipeux	Sous cutané	Intermusculaire	Intramusculaire	Péirénal	Omental	Tissu adipeux total
AG	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy
C14:0	4.5	5.1	3.5	3.5	4.5	4.1
C16:0	23.4	23.6	23.1	21.4	25.7	23.0
C18:0	14.5	16.5	17.1	27.0	25.8	18.0
C17:0	2.5	1.8	1.3	2.1	2.6	2.2
C16:1	3.2	2.1	2.8	2.2	2.8	2.9
C18:1	41.8	41.6	42.1	37.2	33.2	40.5
C18:2	4.0	3.6	5.9	5.0	5.3	4.4
C18:3	1.1	1.4	1.0	1.6	1.0	1.1

Ces AG affectent potentiellement le cholestérol sanguin du consommateur (*Higgs, 2000*), ils diminuent le risque de cancer (*Menendez et al., 2005*) ainsi que le risque thrombotique et les maladies cardiovasculaires (*Appel et al., 2005*). Le gras de la viande au niveau intramusculaire, intermusculaire ou sous cutané se présente sous forme d'ester glycérol (cholestérol), phospholipide, et d'ester d'AG. (*Moloney, 2001*). Dans le tissu musculaire, le taux des phospholipides est relativement constant parmi les différentes espèces (tableau 4).

Tableau 4: Composition en acides gras (AG, valeurs moyennes, % AG totaux), cholestérol et phospholipides (g/100 g de fraction comestible) de différentes viandes.

	Porc <sup>(1)</sup>	Taurillon <sup>(1)</sup>	Veau <sup>(2)</sup>	Poulet <sup>(3)</sup>	Lapin <sup>(4)</sup>
<b>C16:0</b>	23.7	23.3	21.2	23.2	27.3
<b>C18:0</b>	11.72	13.72	13.1	8.22	7.86
<b>C20:0</b>	-	-	-	-	0.10
<b>C22:0</b>	-	-	-	-	0.004
AG saturés	37.0	39.5	38.9	32.0	38.6
<b>C14:1 n-6</b>	-	-	0.63	-	0.45
<b>C16:1</b>	3.14	4.20	2.48	5.62	6.67
<b>C18:1 n-9</b>	41.3	38.2	31.3	35.4	25.4
<b>C20:1 n-9</b>	-	-	-	-	0.31
AG monoinsaturés	44.4	42.4	34.4	41.0	32.8
<b>C18:2 n-6</b>	14.3	6.3	12.4	20.1	20.7
<b>C18:3 n-3</b>	0.55	0.91	0.42	0.49	3.14
<b>C20:4 n-6</b>	3.63	2.36	2.29	3.64	0.032
<b>C20:5 n-3</b>	-	-	-	0.17	0.01
<b>C22:6 n-3</b>	-	-	-	0.66	0.008
AG polyinsaturés	18.5	9.5	15.2	25.1	23.9
<b>n-6/n-3</b>	32.5	9.47	36.6	18.0	6.71
<b>Cholestérol<sup>(5)</sup></b>	61	70	66	81	45 <sup>(6)</sup>
<b>Phospholipides<sup>(7)</sup></b>	0.5-0.9	0.6-1.0	-	0.5-0.8	0.5-0.8

<sup>(1)</sup> *Banskalieva et al., 2000*; <sup>(2)</sup> Communication personnelle; <sup>(3)</sup> *Komprda et al., 1999*;

<sup>(4)</sup> Dalle Zotte, données non publiées (viande de la carcasse entière); <sup>(5)</sup> *Salvini et al., 1998*;

<sup>(6)</sup> *Parigi Bini et al., 1992*; <sup>(7)</sup> *Gandemer et Meynier, 1995*.

Ce dernier est indépendant de la teneur en lipides totaux des muscles et varie de façon plus importante entre les muscles d'un même animal, qu'entre deux espèces. De ce point de vue, les caractéristiques du métabolisme musculaire sont déterminantes. Chez le lapin, par exemple, le taux des phospholipides varie de 0,5 % dans le muscle *Longissimus dorsi* (métabolisme énergétique

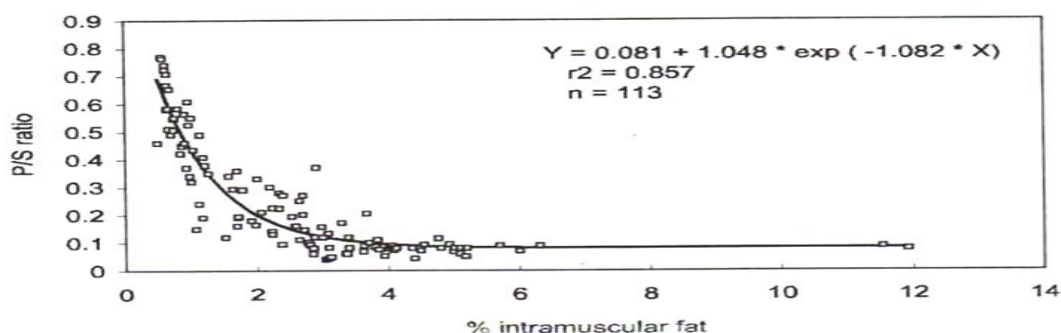
glycolytique dominant) à 0,8 % dans le muscle *Semimembranosus proprius* (métabolisme énergétique oxydatif) (*Gandemer et Meynier, 1995*). L'hydrolyse des lipides alimentaires et la forte hydrogénation de leurs AG par les micro-organismes du rumen (bio hydrogénation), ainsi que la nature et la quantité des lipides ingérés peuvent modifier la composition des AG déposés dans la réserve adipeuse et dans le tissu intramusculaire des ruminants en croissance (*Démeyer et Doreau, 1999*). De plus, les proportions en AG de la viande varient selon les aliments ingérés (Tab 5).

**Tableau 5: Effet des principales matières grasses de la ration sur la composition des AG n-6 et n-3 dans les muscles de l'agneau.**

Description	Unités	OA	LA	ALA	CLA	EPA	DPA	DHA	Références
Grain and forage	mg/100g muscle	1830	294	40	-	30	38	13	Hopkins et al (2014)
Grain + fourrage+algue	mg/100g muscle	1488	300	38	-	46	36	82	Hopkins et al (2014)
0% DHA	mg/100g muscle	6691	605	36.5	140	8.4	29.0	9	Meale et al., (2014)
1% DHA	mg/100g muscle	5171	418	27.5	205	9.1	40.1	50	Meale et al., (2014)
2% DHA	mg/100g muscle	4799	398	24.6	100	17.9	46.1	58	Meale et al., (2014)
3% DHA	mg/100g muscle	4885	451	24.9	120	32.1	61.3	114	Meale et al., (2014)
herbe	mg/100g muscle	593	119	41	-	24	27	10	Fisher et al., (2000)
concentré	mg/100g muscle	725	188	14	-	8.4	16	5.5	Fisher et al., (2000)

La valeur nutritive de la viande peut être influencée par le type de régime consommé par les animaux et par des effets génétiques (*Scollan et al., 2014; Ponnampalam et al., 2014a*). À cet égard, *Ponnampalam et al., (2014a)* ont montré que les effets environnementaux tels que le site de production et la date d'abattage avaient un impact beaucoup plus important sur les niveaux d'EPA et de DHA que le type de race. Les animaux à maturation tardive contribuent à la stratégie pour minimiser la graisse de carcasse (*Annison, 1993*), mais aussi à la manipulation nutritionnelle, la sélection génétique et les agents exogènes. Il a été également montré que l'augmentation de la concentration énergétique d'un régime n'augmente pas nécessairement le contenu sous-cutané d'une carcasse (*Wynn et al., 2006*). Chez les ruminants, il est possible de manipuler la composition intramusculaire des acides gras une fois que les AGPI n-3 à longue chaîne sont incorporés principalement dans les phospholipides membranaires au lieu des triacylglycérols (*Ponnampalam et*

*al., 2001a, Scollan et al., 2014*). Les muscles de l'agneau ont également un niveau DPA plus élevé que l'EPA (tableau 5). Certains avantages sont exclusifs à la DPA dans la nutrition pour la santé humaine (DPA inhibe l'agrégation plaquettaire plus que l'EPA et le DHA), DPA est le précurseur pour les composés oxylipines, anti-inflammatoires et neuroprotecteurs) il stimule la migration des cellules endothéliales beaucoup plus efficacement que l'EPA) il est incorporé dans les phospholipides plus rapidement que l'EPA, étant utilisé par le corps plus efficacement (*Byelashov, 2013*). Cependant, le rôle du DPA dans la santé humaine n'a pas été systématiquement examiné (*Kaur et al., 2011*). L'herbe favorisant le dépôt des AG de la série n-3. Les lipides intramusculaires de ces animaux sont enrichis non seulement en acide alpha-linolénique (C18:3 n-3), mais aussi en AGPI à longue chaîne (EPA, DHA) issues du métabolisme endogène de l'acide alpha-linolénique (*Loor et al., 2004*). Il est possible donc d'augmenter la part des AGPI en adjuvant certaines huiles dans la ration (*Geay, 2002*). Les acides: palmitique (16:0), stéarique (18:0) et oléique (cis-9 18:1) sont les principales fractions d'acides gras dans les phospholipides et les triacylglycérols, mais les phospholipides contiennent des proportions plus élevées d'AGPI (*Shingfield et al., 2013*). Le rapport désireux acide gras polyinsaturé:acide gras saturé (P/S) pour le muscle de l'agneau est supérieur à 0,45 (*Demirel et al., 2004*). Le rapport n-6/n-3 pour l'agneau est bénéfique et il est souhaitable que le rapport soit inférieur à un niveau maximum recommandé de 4,0 (*Demirel et al., 2004*). Cette baisse du rapport P/S associé à une augmentation du taux de gras intramusculaire peut s'expliquer par la diminution du rapport PL/TG dans les lipides totaux, et la composition différente des AG de ces deux fractions (TG, PL). Une augmentation nette du rapport P/S pourra être observée lorsque les teneurs en gras intramusculaire sont faibles. La diminution de la teneur en lipides de la viande est plus efficace pour augmenter le rapport P/S que l'intervention des paramètres nutritionnels (*Jakobsen, 1999*) (Fig 7).



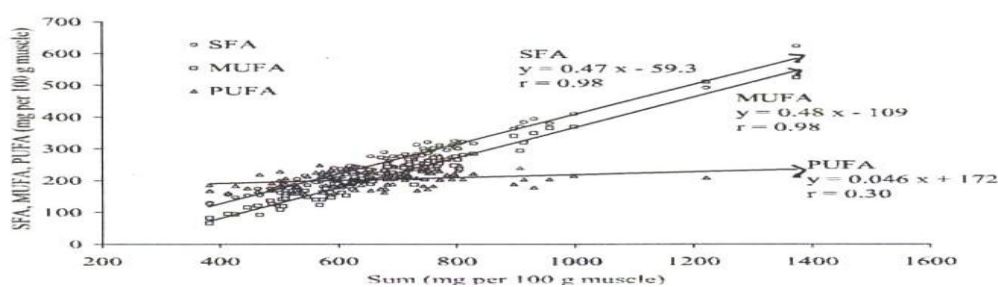
**Figure 7: La relation entre le rapport P/S et le niveau du tissu adipeux intramusculaire chez le boeuf (*De Smet, 2004*).**

Les AGPI présents dans les TG de la viande rouge et la viande de volailles contiennent beaucoup d'acide oléique C18:1 et l'acide linoléique C18:2n-6; les phospholipides contiennent relativement des proportions élevées en acide linoléique C18:3n-3, l'acide arachidonique C20:4 n-6.

Les AGPI présents dans les TG de la viande rouge et la viande de volailles contiennent beaucoup d'acide oléique C18:1 et l'acide linoléique C18:2n-6; les phospholipides contiennent relativement des proportions élevées en acide linoléique C18:3n-3, l'acide arachidonique C20:4 n-6.

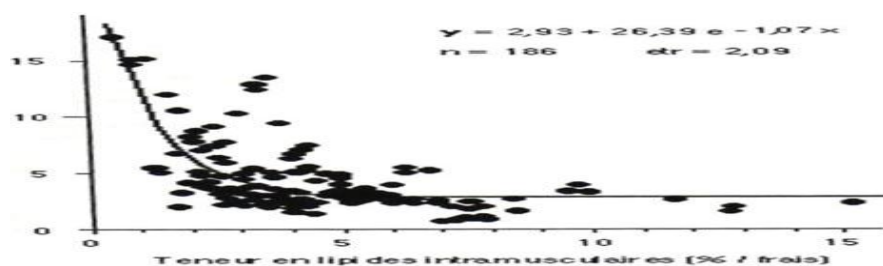
Les ratios PUFA/SFA et n-6/n-3 sont des indicateurs de la qualité nutritionnelle des lipides dans un aliment (*Wood et al., 2003*). La composition des acides gras diffère entre les PL et les TG, selon les races et les génotypes, cela peut s'expliquer en grande partie par la variabilité de l'état d'engraissement (*De Smet, 2004*). Le boeuf et l'agneau ont un faible rapport P/S par rapport au porc due au phénomène la biohydrogénation des acides gras insaturés dans le rumen (*De Smet, 2004*).

La variation de la teneur en matières grasses a un effet sur la composition des acides gras. Le contenu des acides gras saturés (SFA) et MUFA augmente plus rapidement avec l'état d'engraissement, entraînant une diminution de la proportion relative de PUFA et par conséquent du rapport P/S (*De Smet, 2004*) (Fig 8).



**Figure 8: Relation entre AGS, AGMI et AGPI contenus dans le tissu adipeux intra musculaire (mg par 100 gr de muscle) (Raes et al., 2003).**

Cependant, des différences entre les races et les génotypes persistent pour le rapport AGMI/AGS et pour le métabolisme des acides gras à chaîne longue (C20 et C22), reflétant de possibles dissemblances génétiques dans le métabolisme des acides gras (*De Smet, 2004*). Une alimentation riche en herbe augmente la quantité de C18:3 et leurs homologues de longue chaîne (*Maene et al., 2002*), avec des proportions multipliées par 2.4 pour C18:3, 3.5 pour C20:5 et par 1.8 pour C22:5 (*Nurnberg et al., 1998*). À l'inverse, les régimes à base de céréales provoquent une élévation des teneurs en AGPI n-6 (*Enser, 1998*) (Fig 9).



**Figure 9: La relation entre la proportion de C18 :2 et la teneur en lipides intramusculaires chez le bovin d'après INRA, (2001)(Morris, 1995).**

Les lipides intramusculaires incorporent essentiellement les AGPI n-6 et n-3. Les PL sont moins sélectifs et captent les AGPI n-6, n-3 et leurs homologues C22:3, C20:4, C22:5 (Turner, 1989).

De même, les graines oléagineuses riches en AGPI modifient différemment la composition en AG du muscle et du tissu adipeux. Ainsi, un régime à base de céréale enrichi par des graines de colza (24% MS) réduit la teneur en C16 au profit de C18 avec beaucoup de C18:1 et C18:2 n-6 au niveau du muscle par rapport au tissu adipeux (Flachowsky et al., 1994). Concernant l'isomère cis 9 trans 11 (CLA), son taux semble corrélé positivement avec le gras total. Les CLA augmentent significativement avec les régimes à base d'herbe très riche en C18:3 et ayant un effet d'élévation de l'acide vaccinique, produit intermédiaire dans la biosynthèse des CLA par la voie des  $\Delta 9$ -désaturase (Maene et al., 2002). Par ailleurs les CLA augmentent fortement avec les rations supplémentées avec les graines oléagineuses riches en C18:2 n-6 et C18:3 n-3 (Lawless et al., 1996-1999).

L'agneau présente une teneur élevée en CLA (Maene et al., 2002). Le rapport AGPI/AGS de la viande d'agneau est de 0.15 inférieure à la valeur recommandée par les nutritionnistes (0.45) (Wood et al., 1997). Alimentant des agneaux, un régime riche en AGPI favorise le dépôt des matières grasses dans la fraction de phospholipides, qui après excès, sont déposés et stockés dans la fraction de triglycérides (Ponnampalam et al., 2001a).

Ponnampalam et al., (2001b) ont montré que la composition en acides gras de la fraction de phospholipides était inférieure à 18:0 et supérieure à celle de LA par rapport à la fraction de triglycérides en mg/100 g de muscle *Longissimus thoracis*. Le même résultat a été observé par Demirel et al., (2004) dans le muscle *Semimembranosus* et par Ponnampalam et al., (2001a) et Cooper et al., (2004) dans le muscle *Longissimus*. Le régime alimentaire est le principal facteur de variation du profil en acides gras de la viande d'agneau et il a été fortement corrélée avec de la biohydrogénation ruminal. Les fourrages riches en tanins peuvent inhiber partiellement la biohydrogénation du rumen et ainsi réduire la perte d'acides gras n-3 et n-6 du régime alimentaire.

Dans l'étude de Willems et al., (2014), les niveaux les plus élevés de LA et d'ALA et la somme des AGPI ont été trouvés dans le muscle de l'agneau alimenté d'un régime avec la plus grande quantité de tanins. Cela suggère que les facteurs qui altèrent la biohydrogénation ruminal peuvent affecter le dépôt d'acides gras dans les muscles plus que le profil alimentaire, y compris le contenu et la composition des composés phénoliques.

De même, Vasta al., (2009b) ont trouvé que les concentrations d'acides gras insaturés les plus élevées dans le fluide ruminal provenant d'agneaux finis sur un régime additionné de tanins. L'effet du régime alimentaire est lié aux conditions saisonnières avec l'été et l'automne, ce qui entraîne moins de pâturages verts, ce qui influence le niveau EPA+ DHA dans le muscle.

Des niveaux très faibles d'EPA + DHA dans le muscle des agneaux ont été trouvés pendant la saison automnale lorsque les agneaux nourris au pâturage ont été complétés par des grains de triticale, de foin et d'engraissement (*Ponnampalam al., 2014b*).

D'autres facteurs qui influent sur le dépôt d'acides gras comprennent la forme du grain, avec de la graine de coton entière dans un régime d'agneau conduisant à un dépôt plus faible d'ALA, EPA et DHA, que lorsqu'il est alimenté en sous produit (*Paim et al., 2014*). La source d'huile dans les régimes d'agneau affecte les acides gras dans la fraction phospholipide du muscle, de sorte que l'inclusion de l'huile de lin augmente les niveaux d'AL et AL et diminue les niveaux d'EPA et de DHA par rapport à l'huile de poisson (*Cooper al., 2004*).

### **2.3 Conclusion**

L'intérêt de la composition en acide gras de la viande résulte principalement par la nécessité de trouver des moyens de produire une viande à haute valeur de santé , c'est-à-dire avec un ratio AGPI plus élevé et un équilibre plus favorable entre les AGP n-6 et n-3.

# **Chapitre 3 :**

**Effets de la qualité des pâturages  
des animaux et des conditions  
d'élevage sur les composés de  
flaveur des viandes**

### 3. Introduction

Les facteurs d'élevage des animaux ont une forte répercussion sur les qualités sensorielles de la viande comme la couleur, la tendreté, la flaveur et la jutosité. Les deux paramètres essentiels sont le niveau de la ration alimentaire et la nature de la composition de cette même ration. Si toute restriction de la ration alimentaire a un effet plutôt négatif sur la tendreté et la flaveur, au contraire la conduite au pâturage a une incidence bénéfique pour la couleur et la flaveur.

De plus, la flaveur de la viande est l'une des attributs qui peuvent être utilisés pour identifier des espèces animales (*Matsuishi, et al., 2004*). Le concept de la flaveur d'agneau varie d'une région à l'autre (*Font i Furnols et al., 2009, 2011*).

Les Graisses et les composés hydrosolubles à faible poids moléculaire constituent les précurseurs les plus importants de la viande cuite (*Resconi et al., 2013*). Le goût de la viande cuite est due aux constituants non volatils de la viande fraîche qui sont des précurseurs essentiels d'arômes et des contributeurs de goût (*Chen et Ho, 1998*).

La réaction entre les sucres réducteurs et les acides aminés joue le rôle principal de formation de composés aromatiques de viande cuite (*Farmer et Mottram, 1990, Mottram et Nobrega, 2002*). La cysteine et la méthionine sont considérés comme les plus grands contributeurs au développement de la saveur de la viande (*Werkhoff et al., 1990*).

La dégradation des vitamines pendant la cuisson, l'oxydation des lipides, l'interaction des produits d'oxydation et les produits issus de la réaction de Maillard, ainsi que les réactions induites thermiquement suite au chauffage produisent des composants aromatiques volatils responsables de l'arôme caractéristique de la saveur des viandes cuites (*MacLeod, 1994*). Les composants aromatiques volatils sont de nature organique (pyrazines, aldéhydes, acides, cétones, hydrocarbures, esters, alcools, azote et composés soufrés), et ils ont un faible poids moléculaire (*Landy et al., 1996*).

Néanmoins, un certain nombre d'études ont montré différents facteurs influençant la flaveur d'agneau: variations dans l'alimentation, l'âge, le sexe, la castration, le poids d'abattage et de la congélation (*Lind et al., 2011, Campo et al., 2012*).

La volatilité de ces composés varie en fonction de la variation dans leurs structures chimiques. En général, les lipides influencent la production des composés aromatiques, parmi tous les constituants alimentaires car ils réduisent la pression de vapeur de la plupart des composés aromatiques (*Rabe et al., 2003*), mais la plupart des composés aromatiques sont également lipophiles dans la nature (*Kinsella, 1990*) afin que les graisses réduisent leur volatilité.

Les facteurs influençant l'arôme de la viande sont la race animale, le sexe, les régimes alimentaires, pH de la viande, composition de la viande et les conditions de cuisson (*Ames et al, 2001, Domínguez et al., 2014a, 2014b*).

### 3.1- Flaveur de la viande

La flaveur est un attribut très important mais complexe de la qualité sensorielle de la viande (Calkins & Hodgen, 2007). Le goût de la viande peut être influencé par des composés qui stimulent l'organe olfactif (à l'intérieur de la cavité buccale), ainsi que ceux influençant le sens du goût (Pegg & Shahidi, 2004). En outre, la perception de saveur peut être influencée par les sensations dans la bouche, la jutosité, la texture et la cuisson (Mottram, 1998b, Pegg & Shahidi, 2004).

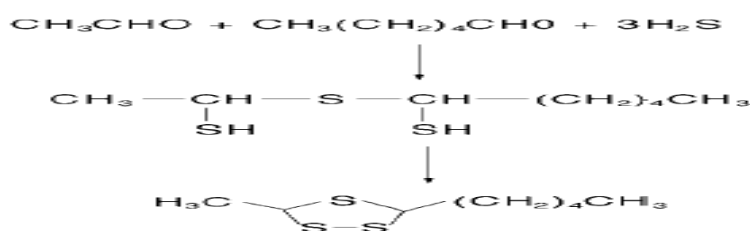
La flaveur de viande est une combinaison d'arôme et de goût (James & Calkins, 2008). Les composés aromatiques volatils déterminent principalement l'arôme et donc les attributs de la flaveur de la viande cuite (Mottram, 1998b, Pegg & Shahidi, 2004). La contribution des arômes de la viande est liée à leur concentrations, ainsi que leurs seuils olfactif (Cliff, & Li-Chan, 2006; Lu et al., 2008). La formation des composés volatils par la caramélisation des hydrates de carbone et la dégradation des acides aminés et des peptides nécessite cependant une température de cuisson à 150°C (Pegg & Shahidi, 2004). Legako et al., (2015) ont établi des différences dans la quantité des éléments volatils produits à partir de quatre muscles du bœuf (*longissimus Lumborum*, *psaos major*, *gluteus medius et semimembranosus*). La teneur en ces cinq composés (2,3-butanedione, heptane, 3-hydroxy-2-Butanone, octane et méthylpyrazine) s'est avérée être significativement différente entre les quatre muscles du bœuf. Le site anatomique des muscle a une influence sur la composition chimique, la qualité sensorielle et les composés aromatiques volatils de la viande (Ba et al., 2014, Legako et al., 2015). Cependant, Berdagué et al., 2007; Resconi et al., 2012; Wu et al., 2014b confirment que ces différences dépendront très probablement de l'espèce, ainsi que le système de production (alimentation). La viande crue ne présente aucune saveur, à l'exception du goût du sang, et contient peu de composés aromatiques. Ce n'est qu'après cuisson de la viande que se développe sa flaveur typique (Mottram, 1998a, b; Pegg & Shahidi et al., 2004). La flaveur dépend fortement des conditions de cuisson à savoir : mode, durée et de la température. Les composés aromatiques responsables de la saveur de viande cuite sont produits par deux réactions principales induites d'une part, par les réactions de Maillard (entre les acides aminés et les sucres réducteurs) et d'autre part, par la dégradation des lipides. Ces réactions génèrent un très grand nombre (plus de 1000) de composés volatils à partir d'eau et de précurseurs solubles dans les lipides. Les hétérocycles, en particulier les hétérocycles azotés (pyrazines, pyridines) et de soufre (thiazoles, thiophènes et sulfures), génèrent une saveur de viande typique (Geay, 2001). Ainsi que, la cystéine, la thiamine et le ribose jouent un rôle important. La dégradation des lipides, triglycérides et phospholipides produits des composés aliphatiques responsables d'arôme spécifique à chaque espèce (Tab 6).

**Tableau 6: Concentration relative des composés volatiles issus de la réaction cystéine/ ribose en absence ou en présence de TG et PL du boeuf.**

Compounds	No lipid	BTAG	BPL
3-Thiophenethiol, 2-CH <sub>3</sub>	1	0.08	0.01
Pyridine, 2-pentyl	0	0.09	1
Thiophene, 2-pentyl	0	0.00	1
Thiophene, 2-héxyl	0	0.15	1
2-H-Thiapyran, 2-pentyl	0	0.10	1

(Shahidi et al., 2002).

En outre, les AGPI principalement l'acide alpha linoléique (C18:3n-3) et ses dérivés AGPLC (EPA, DHA respectivement C20:5 n-3, C22:6 n-3), limités dans la fraction phospholipidique, agissent sur la flaveur pendant la cuisson (Enser, 1998; Elmore et al., 1999). (Fig 10).

**Figure 10: Rôle de l'héxanal dans la production de l'acide linoléique par oxydation.**

Reineccius, (1994) affirme que les AGPI sont relativement instables dans la viande et leur oxydation à basse température génère des flaveurs désagréables, du fait qu'ils présentent une à deux doubles liaisons supplémentaires, à ce titre, ils seraient plus sujets à l'oxydation. Cette dernière conduit à travers des processus dynamiques complexes, à toute une série de produits intermédiaires et finaux. L'équilibre entre les AGPI n-6 et AGPI n-3 dans les phospholipides est déterminant pour la flaveur (Farmer, 1994) (Tab 7).

**Tableau 7: Composés d'oxydation des acides linoléiques et linoléiques.**

Compounds	Autoxydation	Photo-oxxydation
Linoléate	Héxanal; pentane; 2,4-décadiénel	2-hépténel; héxanal
Linoléinate	2,4 Heptadiéna; éthane	Propanal; 2-buténel

(Aruoma et al., 1997).

En outre, la cuisson joue un rôle vital dans le développement de la flaveur et elle affecte l'acceptabilité des composés volatils de viande. Initialement, les peroxydes se développent, les diènes conjuguées se forment, une absorption d'O<sub>2</sub> s'ensuit avec une décomposition conduisant à l'apparition de groupements carbonyles et produits de peroxydations lipidiques volatiles (aldéhydes, cétones de

groupements carbonyles et produits de peroxydations lipidiques volatiles (aldéhydes, cétones, alcools) ou réactifs (dérivés époxydes). Ces phénomènes sont influencés par la teneur en métaux ( $Fe^{++}$ ,  $Cu^{++}$ ) (Farmer, 1994). Le rancissement oxydatif est une conséquence de l'oxydation du cholestérol combiné aux AGPI (Raskin et al., 1997). Les glycérophospholipides contenant des oméga 3, suite à une action oxydante des glycérophosphatidylcholines peuvent générer des molécules apparentées au PAF médiateur de l'agrégation plaquettaire et de certaines réactions inflammatoires (Tokumura et al., 2000). Ces glycérophospholipides oxydés pourraient être à l'origine du pouvoir proathérogène des LDL oxydés (McLean et al., 1993). La lipolyse des PL et TG, libère des acides gras sensibles à l'oxydation donnant naissance à des radicaux libres (Alcane, Cétone, Aldéhyde) responsables de la flaveur désagréable (Tab 8).

**Tableau 8: Modification des caractéristiques musculaires dues aux facteurs d'élevage et les conséquences escomptées sur la qualité sensorielle de la viande.**

	Teneurs en lipides intramusculaires	Fibres			Collagène		Conséquences attendues	
		Taille	Type	Métabolisme	Teneur	Solubilité	Favorable	Défavorable
Âge (après la puberté)	++	++	+ de I	+ oxydatif	=	-	Flaveur Flaveur, tendreté	Tendreté
Hypertrophie musculaire	-	++	+ de IIX	+ glycolytique	- ou =	= ou +	Tendreté	Flaveur
Niveau alimentaire	++	+	+ de IIX	+ glycolytique	+	++	Tendreté, Flaveur	
Conduite au pâturage	- ou =	=	- de IIX	+ oxydatif	=	= ou +	Flaveur	

Hocquette et al., (2005).

L'oxydation des phospholipides libère des AGPI-LC (Gandemer, 1998). Le  $Fe^{++}$ , le  $Cu^{++}$  sont des facteurs promoteurs de l'oxydation lipidique et le metmyoglobine (Farmer, 1994). La supplémentation en vitamine E réduit l'oxydation des lipides (Gray et al., 1992). L'augmentation des teneurs des lipides intramusculaires avec l'âge est une conséquence d'un niveau alimentaire favorable, suite à un métabolisme plus oxydatif favorisant le dépôt d'arôme et améliorant ainsi la flaveur de la viande (Hocquette et al., 2005). En fin, Winger et Hagiyard, (1994) rapportent que la jutosité est la sensation de libération des fluides au cours de la mastication, probablement sous l'effet des lipides sur la sécrétion salivaire.

### 3.2- Chimie des saveurs de viande

L'interaction des produits d'oxydation des lipides avec les produits de réaction de Maillard et la dégradation des vitamines sont induits thermiquement et produisant par la suite des composants volatils responsables de l'arôme caractéristique de la viande cuite (MacLeod, 1994). Ces derniers ont un faible poids moléculaire et sont de nature organique (Landy et al., 1996).

Diverses structures chimiques sont observées dans les composés aromatiques qui ont été identifiés en grand nombre y compris les aldéhydes, les acides, les cétones, les hydrocarbures, les alcools, les composés contenant de l'azote et du soufre (Ba et al., 2013; Lorenzo & Domínguez, 2014). Akrim et Yong, (1997) affirment que la flaveur de la viande d'agneau est en étroite corrélation avec la teneur de la matière grasse notamment celle des AG ramifiés (C7, C10) et les scatoles (3-méthyles indole), l'augmentation de ces derniers aboutit à une flaveur intense, ce qui répond aux préférences des consommateurs (Miller et al., 2000). Environ 3% de graisse pour décrire un goût légèrement intense (Miller, 2001). Des flaveurs spécifiques dues à l'espèce ont fait ressortir des différences plus importantes en acides gras insaturés dans le tissu adipeux des ruminants et de non-ruminants (Calkins & Hodgen, 2007), produisent plus des composés volatils carbonylés (produits majeurs de dégradation des lipides) chez ces espèces (Perez-Alvarez et al., 2010). Bien qu'une faible proportion des acides sont oxydés, ils peuvent être suffisants pour altérer significativement la saveur (Belitz et al., 2009). Le degré d'insaturation est important car il détermine la concentration globale des matières volatiles lors l'oxydation des lipides (Specht et Baltes, 1994). La plupart des composés aromatiques reconnues dans la viande cuite sont le résultat de la réaction de Maillard (Bailey et al., 1994).

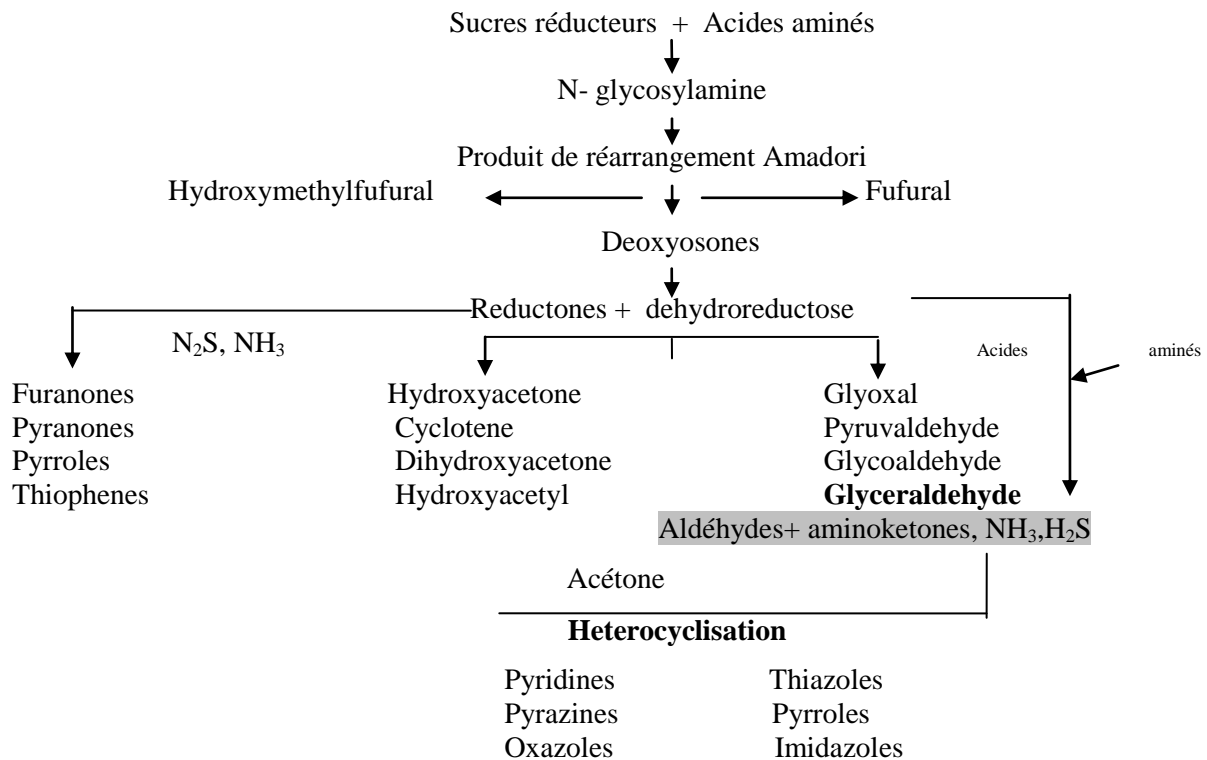
### 3.3- Précurseurs de la flaveur de la viande

Les précurseurs formés à partir des 1-désoxysones interagissent avec les produits de la réaction de Strecker conduisant à de nombreux composés aromatiques. La dégradation thermique de la thiamine produit un certain nombre de composés soufrés tels que le thiol, les sulfures et les disulfures (Grosch, 2001), qui contribuent au développement des arômes de la viande cuite (Kerscher & Grosch, 1998). La plupart des précurseurs d'arômes de viande pour produire un arôme de viande sont de nature hydrosoluble (Koutsidis et al., 2008). Les peptides de viande et les acides aminés libres ont un rôle de contribuer au goût au cours de la cuisson (Spanier et al., 2004).

L'oxydation des lipides est l'une des principales causes de détérioration de la qualité de la viande pendant le stockage et le traitement (Gray et al., 1996; Morrissey et al., 1998), mais elle est essentielle au développement de l'arôme typique de viande (Shahidi et al., 1986).

Le résultat de telles réactions, de la glycolyse, la protéolyse et la lipolyse suites à des enzymes endogènes sont responsables dans la production d'un grand nombre de composés non volatils qui sont importants en apportant surtout leur saveur (Toldrá & Flores, 2000).

La réduction de la teneur en sucre de la viande bovine augmente de façon significative lorsque les animaux ont été nourri en aliment concentré, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du sucre libre tel que le ribose (Koutsidis et al., 2008) qui réagit lors la réaction de Maillard avec un acide aminé pour produire la saveur typique (figure 11).



**Figure 11.** Étapes de la réaction de Maillard montrant les formations des composés aromatisants (Van Boekel., 2006).

La production des précurseurs aromatiques peut être améliorée par la supplémentation des graisses dans l'alimentation des animaux qui affecte directement la composition de la graisse animale (Elmore et al., 2000; Elmore et al., 2005).

#### 4. Facteurs influençant les précurseurs des arômes de viande

La qualité de la viande, le dépôt de graisse et la composition en acides gras sont influencés par la race animale, le sexe, l'alimentation, le poids vif, l'âge à l'abattage (De Smet et al., 2004; Wood et al., 2008). Toutefois, l'alimentation est souvent le facteur pouvant grandement influencer la qualité (Muir, 1998). Des différences de couleur et de flaveur ont été observées pour la viande d'agneau provenant d'animaux alimentés différemment.

##### 4.1. Race d'animal

La race des animaux doit être prise en compte lors de l'évaluation des préférences des consommateurs de viande tout au long de l'âge des bovins (Monson et al., 2005). Gorraiz et al., (2006) ont étudié la variation des composés volatils, des odeurs et des saveurs due au temps de croissance pour des taureaux Pirenaica et de Friesian. Des différences dans plusieurs composés volatils ont été observées comme la race Friesian avait un goût gras plus fort et un arrière-goût que celui de Pirenaica, après la cuisson.

Les différences possibles dans la jutosité et l'intensité aromatique de la viande entre les sexes chez les agneaux peuvent être attribuable aux différences dans la graisse intramusculaire car elle a une grande importance dans le développement de l'arôme et de la saveur de la viande (*Brennand & Lindsay, 1992*).

*Ba et al., (2013)* ont conclu dans leur étude que la race d'animaux (Hanwoo vs Angus) a un grand impact sur la qualité physico-chimique de la viande et les caractéristiques sensorielles y compris le contenu aromatisant des composés volatils.

#### 4.2. Sexe des animaux

*Lorenzo et al., (2013)* ont observé une influence importante du sexe sur le profil des acides gras du muscle *Longissimus dorsi* mais n'ont observé aucun effet sur les paramètres de couleur, les propriétés de texture, les mesures de carcasse et les acides aminés.

*Franco et al., (2011)* n'ont observé aucune différence significative de qualité de la viande entre les sexes et l'âge de l'abattage, alors que le système de production affecte la graisse intramusculaire et la tendreté de la viande.

#### 4.3. Alimentation des animaux

L'un des principaux coûts de la production animale est l'alimentation dans les différents types de production. L'alimentation affecte également la conformation de la qualité de la carcasse, la composition physico-chimique, les paramètres organoleptiques, le profil en acides gras, la tendreté et la couleur de la viande (*Li et al., 2014; Ramírez et al., 2014*).

La composition de la carcasse et le degré d'engraissement sont affectés par le système d'alimentation des animaux (*Lewis et al., 2002*).

L'acceptabilité des consommateurs augmente pour les animaux nourris par le pâturage car ils présentent des graisses plus faibles (*Sanudo et al., 2000*), associées à une couleur de gras plus jaune (*Priolo et al., 2002*).

Le type d'alimentation affecte principalement le profil en acides gras de la viande, cette dernière provenant d'animaux nourris à l'herbe est reconnue comme étant bénéfique pour la santé humaine (*Wood et al., 2008*). Il a été démontré que les terpènes et les diterpénoïdes provenant de l'alimentation sont à l'origine des différentes saveurs et parfums du cannabis et ils sont couramment présents dans la viande cuite de mouton (*Young et al., 1997*). Ces composés aromatiques ont des propriétés thérapeutiques potentielles.

Aussi des flaveurs particulières ont été observées chez le mouton nourri par un régime spécifique à base d'herbe. Elles seraient majoritairement déterminées par l'association des AG ramifiés et de scatole (3 méthyle indole), et dans une moindre mesure par les produits d'oxydation de l'acide linoléique (C18:3) (*Priolo et al., 2001*).

Les produits dérivés de l'oxydation des lipides réagissent avec les réactions de Maillard, ainsi que les pyridines et les pyrazines formés renforcent la flaveur de la viande. Les AG ramifiés dérivent des propionates ruminales, principale source de néoglycogénèse hépatique (Kennedy, 1994). Ils sont en étroite corrélation avec le 3-méthylindole (scatole) (Yong, 1997), produit de dégradation du tryptophane. Priolo *et al.*, 2004 ont également authentifié cette observation, tandis que Sivadier *et al.*, 2010 ont suggéré que la 2, 3-Octanedione serait un biomarqueur approprié pour l'authentification d'un pâturage. L'utilisation d'un régime alimentaire à base de grain pour les ovins contribue à la production des concentrations plus élevées de  $\gamma$ -lactones dans la viande cuite (Shorland *et al.*, 1970). Les acides gras disponibles dans les céréales sont probablement les précurseurs de ces composés en tant que pour la biosynthèse de la  $\gamma$ -dodécalactone à partir de l'acide oléique. Les animaux finis en pâturage ont des  $\delta$ -lactones élevées dans la viande (Bailey *et al.*, 1994). L'arôme de la viande mouton libéré lors de la cuisson est due suite à une implication de l'alimentation à la formation des acides gras branchés de courte chaîne (BCFA) (Young & Braggins, 1998). Les Animaux nourris avec un régime de finition à base de céréales ont montré des concentrations plus élevées des acides gras branchés (BCFA) (Young *et al.*, 2003). Les Régimes à base de céréales ont une plus grande disponibilité en glucides que les pâturages. La viande de gibier a souvent «un arôme et un goût associés à une espèce d'animal sauvage» (Hoffman *et al.*, 2014; North & Hoffman, 2015).

### 5. Estimation des composés aromatisants dans la viande

L'estimation de la contribution sensorielle des composés actifs à une seule odeur dans une gamme de mélanges volatils repose largement sur la technique Screening. Les composants aromatiques volatils dans la viande cuite peuvent être évalués par chromatographie en phase gazeuse et détecteur d'ionisation de flamme (GC/FID) ou spectrométrie de masse (GC/MS) combinée avec une variété de techniques. Les composés volatils de la viande cuite sont orientés vers une distillation puis une extraction simultanée de vapeur (SDE), espace de tête dynamique et la microextraction en phase solide (SPME) (Madruga *et al.*, 2009; Oliveros *et al.*, 2010). De plus, l'analyse des échantillons de viande par une chromatographie phase gazeuse munie d'une olfactométrie (GC/O) sera plus avantageuse, car elle mesure la réponse humaine aux odorants séparés par le gaz chromatographie.

L'intensité des arômes et les caractéristiques de ses odeurs dans la viande cuite sont devenues faciles d'être déterminer ces dernières années par l'utilisation de GC-O (Rochat & Chaintreau, 2005; Xie *et al.*, 2008). L'Odeur active des arômes est souvent évaluée par l'utilisation de l'extraction de l'espace de tête-phase solide (DHS-SPE) et la chromatographie en phase gazeuse (GC-O) (Resconi *et al.*, 2012) (Tab 9).

**Table 9: Composés actifs odorants de viande détectés par GC/O et leurs description olfactive respective.**

<i>Composés aromatiques</i>	<i>Description de l'odeur</i>	<i>Références</i>
1-Octen-3-one	Metallique	<i>S. Rochat, A. Chaintreau, J. Agric., 2005</i>
2,3-Butanedione	Doux, beurré	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; K. Specht, W. Baltes, J. Agric., 1994</i>
2,3-Diethyl-5-methylpyrazine	Terreux, rôti, charnu	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; K. Specht, W. Baltes, J. Agric., 1994; D. Machiels, L. Istasse, S.M. van Ruth., 2004</i>
2,3-Pentanedione	Fruité	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994</i>
2,4-Nonadienal	Gras	<i>S. Rochat, A. Chaintreau., 2005; N.P. Brunton, D.A. Cronin, F.J. Monahan., 2002</i>
2-Acetyl-2-thiazole	Rôti	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; K. Specht, W. Baltes., 1994</i>
2-Butanone	Chemique	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; D. Machiels, S.M. van Ruth, M.A. Posthumus, L. Istasse., 2003</i>
2-Ethyl-3,5 dimethylpyrazine	De vert	<i>Specht, W. Baltes., 1994</i>
2-Methylbutanal	Rôti	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; J.S. Elmore, D.S. Mottram, M. Enser, J.D. Wood., 1997</i>
2-Methylpropanal	Grillé, fruité, piquant	<i>A.I. Carrapiso, J. Ventanas, C. Garcia., 2002</i>
2-Nonenal	Gras	<i>S. Rochat, A. Chaintreau., 2005; 85; N.P. Brunton, D.A. Cronin, F.J. Monahan., 2002</i>
2-Octanone	Fruité, moisi	<i>Machiels, S.M. van Ruth, M.A. Posthumus, L. Istasse., 2003</i>
Benzothiazole	Métallique	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994;</i>
Dimethyl disulfide	Moisi, piquant	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; Specht, W. Baltes., 1994</i>
Ethyl acetate	Caramel	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; Machiels, S.M. van Ruth, M.A. Posthumus, L. Istasse., 2003</i>
Heptanal	Gras, rance, citrique	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; Specht, W. Baltes., 1994</i>
Hexanal	De vert	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; Specht, W. Baltes., 1994</i>
Hydrogen sulphide	Rotten eggs, sewage	<i>A.I. Carrapiso, J. Ventanas, C. Garcia., 2002; D. Machiels, L. Istasse, S.M. van Ruth., 2004</i>
Methanethiol	Oeufs pourris	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; A.I. Carrapiso, J. Ventanas, C. Garcia., 2002; D. Machiels, L. Istasse, S.M. van Ruth., 2004</i>
Methional	Pomme de terre cuite	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; Specht, W. Baltes., 1994</i>
Octanal	Fruité, vert	<i>H. Guth, W. Grosch., 1994; Specht, W. Baltes., 1994</i>

*Specht et Baltés, 1994* ont étudié les composés volatils de la viande bovine par GC-O et analyse de dilution d'extrait d'arôme (AEDA) et ils ont révélé 8 composés responsable de la flaveur de viande de boeuf (acide acétique, méthionique, acide butyrique, 12-méthyltridécanal, 4-hydroxy-2,5-diméthyl-3(2H)-furanone, et 3-hydroxy-4,5-Diméthyl-2(5H)-furanone) (*Campo et al., 2006*).

#### **6- Effet du régime alimentaire sur la flaveur de la viande**

Comme la consommation des différents types de végétation peut entraîner des différences dans les acides gras de la viande, il est suggéré que la flaveur de la viande de mouton diffère d'une région à l'autre, (*Hoffman et al., 2005a*). Dans ce cadre, l'Algérie possède une grande variation des types de végétation entre les régions (*Rutherford et al., 2006; Hanks, 2009*). En outre, la végétation naturelle peut également varier d'une saison à l'autre et influencer par conséquent la flaveur de la viande (*Ramanzin et al., 2010; Neethling et al., 2014a*). Un arôme herbeux ou «pastoral» est également déterminé par les produits d'oxydation de l'acide  $\alpha$ -linoléique et ses dérivés (hexanal) (*Priolo et al., 2001*). Tandis qu'un arôme «savonneux» (octanal) est dérivé de l'acide linoléique (*Lorenz et al., 2002*, comme cité par *Scollan et al., (2006)*). La majorité des études portant sur l'influence de l'alimentation à l'herbe sur la flaveur de la viande d'agneau par rapport à l'alimentation au concentrée (à base de céréales) (*Priolo et al., 2001; Wiklund et al., 2003a, b; Nuernberg et al., 2005*). Un arôme de poivron vert a été lié au 1-pentène-3-ol, ainsi qu'aux aldéhydes sélectionnés tels que comme hexanal (vert-herbeux), octanal (vert-frais) et nonanal (vert) dans le jambon sec (*Barbieri et al., 1992, Flores et al., 1997*). Les régimes alimentaires entraînent des différences dans la composition en acides gras de la viande (*Ramanzin et al., 2010; Stelzleni & Johnson, 2010*), par conséquent ils influencent la stabilité des lipides pendant le stockage (*Wood et al., 1999, 2003*) et la qualité sensorielle de la viande produite (*Calkins & Hodgen, 2007*). Ces différences du régime alimentaire ont une influence significative sur la flaveur de la viande, comme l'herbe est naturellement riche en acide  $\alpha$ -linoléique (*Wiklund et al., 2003b; Wood et al., 1999, 2003*), tandis que les céréales et les graines sont riches en acide linoléique (*Nuernberg et al., 2005; Wiklund et al., 2003b; Wood et al., 1999, 2003*). Par conséquent, la viande des animaux nourris à l'herbe et au concentré ont des pourcentages élevés en AGPI n-3 et n-6, respectivement (*Wood et al., 1999, 2003; Calkins & Hodgen, 2007*). Les consommateurs de viande rouge considèrent souvent que la viande d'agneaux issus des pâturages se diffère dans la flaveur par rapport à celle des animaux nourris au concentrés (*Priolo et al., 2001*). La viande des animaux nourris à l'herbe a une intensité de flaveur plus élevée (par rapport aux concentrés) en raison des pourcentages plus élevés d'AGPI n-3 (*Fisher et al., 2000; Campo et al., 2003*). En outre, la viande avec des pourcentages élevés en AGPI- LC n-3 peut développer les attributs de flaveur de poisson lors de la cuisson (*Nuernberg et al., 2005, Scollan et al., 2006*).

*Larick et Turner, (1990)* ont établi des saveurs fourragères indicateurs d'un goût sucré de la viande bovine. *Wiklund et al., 2003a* ont constaté des intensités gustatives plus élevées pour la viande produite à l'herbe par rapport à celle issue des animaux nourris au concentré. Le développement de saveurs désagréables ou de rance est généralement due à l'oxydation des AGPI (*Miller, 2004; Calkins et Hodgen, 2007*). Différents précurseurs d'acides gras peuvent produire une variété de saveurs de viande (*Wood & Enser, 1997*), en particulier des fractions lipidiques comme des AGPI sont plus sensibles à l'oxydation que les AGS (*Yancey et al., 2006; Legako et al., 2015*). De plus, les AGPI produisent différents composés aromatiques volatils lors du chauffage (*Campo et al., 2003*). *Wood et al., (2003)* ont indiqué que la viande avec une teneur en acide  $\alpha$ -linoléique supérieure à 3,0% (des acides gras totaux) peut produire des arômes qui affectent négativement la saveur de la viande lors de la cuisson. *Priolo et al., (2002); Wiklund et al., (2003a)* ont trouvé des saveurs intenses dans la viande d'agneaux nourris au pâturage par rapport à celle des agneaux nourris à base de concentré. *Fisher et al., (2000)* ont attribué une saveur de foie plus forte due la teneur plus élevée en myoglobine et la susceptibilité des AGPI n-3 et n-6 à la peroxydation pendant la cuisson.

Cependant, *Yancey et al., (2006)* suggèrent qu'un goût de type foie n'est pas lié à l'oxydation des lipides. Néanmoins, la viande provenant d'animaux alimentés aux pâturages présente une meilleure stabilité à l'oxydation par rapport aux animaux nourris au concentré (*Nuernberg et al., 2005*), en raison des concentrations plus élevées en antioxydants: vitamines E ( $\alpha$ -tocophérol), les polyphénols et les flavonoïdes naturellement présents dans les aliments à base d'herbe (*Mercier et al., 2004; Nuernberg et al., 2005*).

La vitamine E agit comme un antioxydant dans les membranes cellulaires où elle protège les phospholipides à partir de radicaux libres et diminue ainsi la vitesse de pigmentation et l'oxydation des lipides (*Leygonie et al, 2012*).

## **6.1- viandes des issues d'animaux de pâturages**

La saveur pastorale est généralement acceptée par les consommateurs habitués à consommer de la viande à partir des systèmes de production à base de pâturage, mais un attribut indésirable pour les consommateurs habitués à une viande provenant de systèmes dans lesquels l'animal est alimenté en grains ou en concentré (*Prescott et al., 2001*).

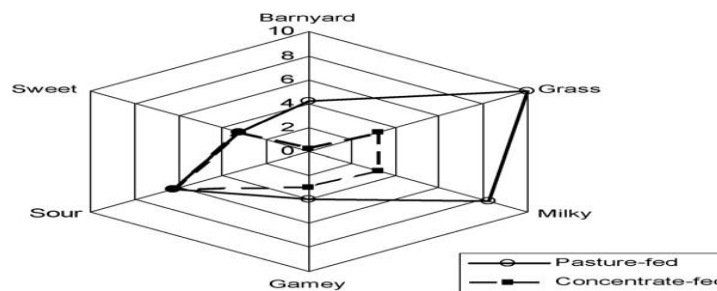
### **6.1.1- Perception des saveurs pastorales par le consommateur**

De nombreuses études ont montré que les différences de saveur peuvent être systématiquement détectées dans la viande de ruminants nourris avec des pâturages par rapport à l'alimentation au concentré et qu'il ya un effet direct du régime sur l'arôme de la viande (*Duckett et Kuber 2001; Priolo et al., 2001*).

### 6.1.2- Influence de la région, de la culture et de l'histoire de la consommation de viande

Les produits chimiques d'odeur et de saveur sont perçus différemment selon les régions et leurs définition d'acceptation dans la viande varie en fonction des traditions et des coutumes au sein des populations (*Prescott et al., 2004*). Une saveur hautement préférée dans une région peut être perçue comme moins préférable, inacceptable ou même désagréable dans une autre (*Oliver et al., 2006; Sanudo et al., 2007*). Il est probable que les différences dans la perception des odeurs et des goûts sont une conséquence des cultures différentes pour les consommateurs de la viande qui s'habituent à des saveurs différentes au fil du temps (*Font i Furnols et al., 2006*).

Par exemple, les études sur des consommateurs Australiens ont démontré que les ceux qui sont habitués à manger de la viande provenant de moutons élevés sur des pâturage ne sont pas très sensibles aux facteurs chimiques qui influent sur la perception sensorielle de la viande d'agneau fini sur pâturage par rapport à l'aliment concentré (*Pethick et al., 2005*) (fig 12).



**Figure 12. Intensités (échelle: 0 = aucune, 10 = très élevée) de certains descripteurs de saveur dans la viande de bétail de pâturage et concentré. (D'après Priolo et al., 2001).**

La saveur indésirable de la viande de mouton produite dans les systèmes à base de pâturages est probablement une des raisons de la faible consommation d'agneau par les consommateurs des Etats-Unis et les Européens (*Rubino et al., 1999*). Les marchés Asiatiques, en particulier les marchés Japonais et les marchés Chinois de plus en plus riches, représentent une opportunité importante pour les exportateurs de viande ovine si les qualités sensorielles de la viande provenant d'animaux élevés sur pâturage ayant des impacts négatifs sur l'acceptabilité de ces consommateurs peuvent être identifiées et modifiées (*Prescott et al., 2001, 2004*).

### 6.1.3- Odeur/Flaveur "espèces" et acides gras à chaîne ramifiée

Le goût pastoral ne doit pas être confondu avec les saveurs et les odeurs distinctives «moutarde» et «ovin» qui sont un facteur important d'acceptation par le marché de la viande ovine (*Prescott et al., 2001*) et qui n'ont aucune association intrinsèque avec l'alimentation fourragère. Ces odeurs et ces arômes sont dus à des acides gras à chaîne ramifiée de longueur moyenne (4-méthyl octanoïque, 4-méthyl nonanoïque et 4-éthyl analogues).

Les concentrations et par conséquent l'intensité des odeurs et des saveurs de viandes tendent à être plus élevées chez les agneaux et augmentent avec l'âge (*Young et al., 2006*). Lorsqu'on a comparé des agneaux du même âge, on a constaté que la concentration de BCFA était plus élevée dans la graisse des agneaux alimentés en concentrés que dans les pâturages (*Young et al., 2003*).

La concentration de BCFA dans les graisses peut également être affectée par les régimes de fourrage par rapport au goût distinctif de l'agneau produit sur les légumineuses telles que le trèfle (*Trifolium* spp) et la luzerne (*Medicago et al., 1990*). La forte concentration de BCFA dans le tissu adipeux est un attribut unique des moutons et des chèvres (*Wong et al., 1975*). Ils sont formés à partir de méthylmalonate qui est produit à partir du métabolisme du propionate dans le foie ou d'autres tissus (*Berthelot et al., 2002*). La formation préférentielle de BCFA lors de l'alimentation de régimes à base de céréales plutôt que d'herbage a été liée à une plus grande formation de propionate dans le rumen (*Duncan et Garton, 1978*). Des acides gras à chaîne ramifiée volatiles de bas poids moléculaire sont formés dans le rumen à partir de la désamination microbienne et du métabolisme de la valine, de la leucine et de l'isoleucine (*Allison, 1978; Kaneda, 1991*) et cette formation est favorisée par certains aliments fourragers. On pense que certains acides gras à chaîne ramifiée de plus haut poids moléculaire dans la viande d'agneau proviennent de la digestion et de l'absorption des lipides structuraux bactériens (*Duncan et Garton, 1978*), mais la mesure dans laquelle ces produits microbiens contribuent à la saveur n'est pas claire, BCFA ont un impact sensoriel majeur.

#### **6.1.4- Protéine fourragère et formation de composés aromatiques pastoraux**

En plus d'un rapport protéine élevé à un rapport de glucides facilement fermentescible, on note que les plantes de pâturage présentent une proportion plus élevée d'acide linoléique insaturé (C18:3 n-3) dans les pâturages que dans les grains et les concentrés (*Prache et al., 2005*).

D'autres constituants présents à des taux supérieurs dans les régimes de pâturage incluent la chlorophylle et les métabolites secondaires tels que le tanin et les terpènes. Ces caractéristiques du régime alimentaire des pâturages contribuent aux différences dans les substances aromatiques qui sont présentes dans la graisse de la viande des ruminants nourris au pâturage par rapport à celle des ruminants nourris au concentré et aux grains (*Vasta et Priolo., 2006*).

##### **6.1.4.1- Composés soufrés**

Les composés soufrés ont généralement un faible seuil de détection pour qu'ils puissent conférer de forts attributs de saveur et d'odeur même lorsqu'ils sont présents à faible concentration dans la viande (*Mottram, 1992*). D'autres composés contenant du soufre qui ont été notés comme étant plus élevés dans la viande d'animaux nourris au pâturage comprennent le méthional et le méthylthiopropène (*Vasta et Priolo, 2006*).

#### 6.1.4.2- Composés Phénoliques

Les phénols ont été indiqués comme des composés possibles responsables de la saveur pastorale de la viande (*Ha et al., 1991*). Dans les phénols, un intérêt particulier a été accordé au 3- et au 4- méthylphénol qui ont été associés à des régimes pastoraux chez les moutons (*Young et al., 2001*). Cependant, une étude faite par *Lane and Fraser, (1999)* n'a montré aucune différence dans la concentration méthylphénol de la graisse sous-cutanée provenant des bovins finis sur le ray grass (*Lolium perenne*) / trèfle blanc (*Trifolium repens*) comparé à celui du maïs.

La fermentation du rumen des composantes fibreuses et phénoliques associées aux plantes est l'origine probable du 3-méthylphénol (*Fraser et al., 2003*), tandis que le 4-méthylphénol peut être dérivé de ces composants et de la tyrosine (*Fraser et al., 2003*).

#### 6.1.4.3- Skatole et indole

L'indole et le skatole sont formés dans le rumen à partir de la désamination microbienne et de la décarboxylation de l'acide aminé tryptophane (*Deslandes et al., 2001; Tavendale et al., 2005*). Une étude récente a isolé les bactéries du rumen associées à la production de composés indoliques pour les ruminants élevés dans les pâturage de Nouvelle-Zélande (*Attwood et al., 2006*). Le skatole et l'indole ont également été identifiés avec des arômes pastoraux et sont donc susceptibles de contribuer aux saveurs de la viande des ruminants (*Keen, 1998; Bendall, 2001*) (Figure 13).

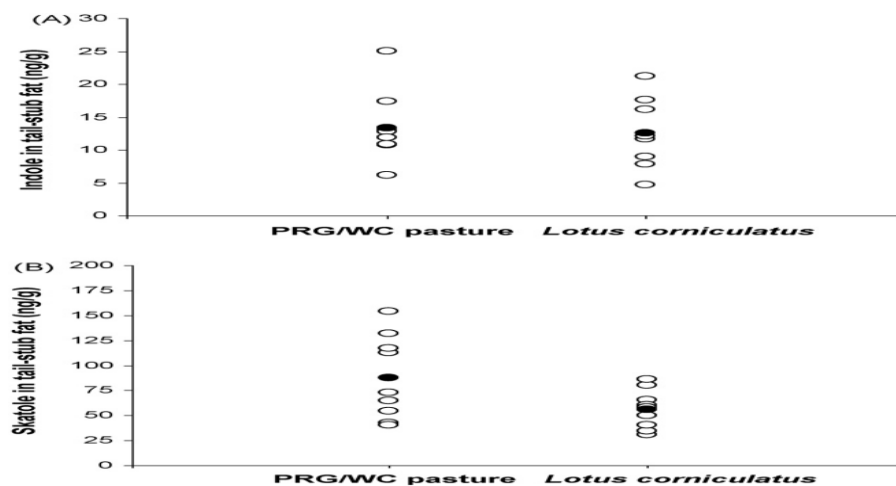


Figure 13. Principal arôme pastoral dominant dans la viande "Skatole" (*Young et al., 2003*).

Les graisses provenant des agneaux qui avaient pâturé le pâturage présentaient une plus grande concentration de skatole (3-méthylindole) et des échantillons de viande provenant des mêmes animaux étaient associés à des odeurs et des saveurs «animales» par rapport aux agneaux nourris avec un régime à base de céréales (*Young et al., 1997*). En outre, on a constaté que la concentration de skatole était significativement plus élevée dans la graisse du filet des bouvillons finis sur pâturage comparée à celle d'un régime à base de maïs (*Lane et Fraser, 1999*). *Young et al., 2003* ont fourni

une preuve directe d'un effet sensoriel du skatole dans la graisse des agneaux élevés par des pâturages au moyen d'une chromatographie en phase gazeuse-olfactométrie (GCO). La réduction de la formation de composés aromatiques pastoraux dans le rumen est susceptible d'avoir un rôle important dans la réduction de l'accumulation de composés aromatiques pastoraux dans les tissus des animaux (figure 14).

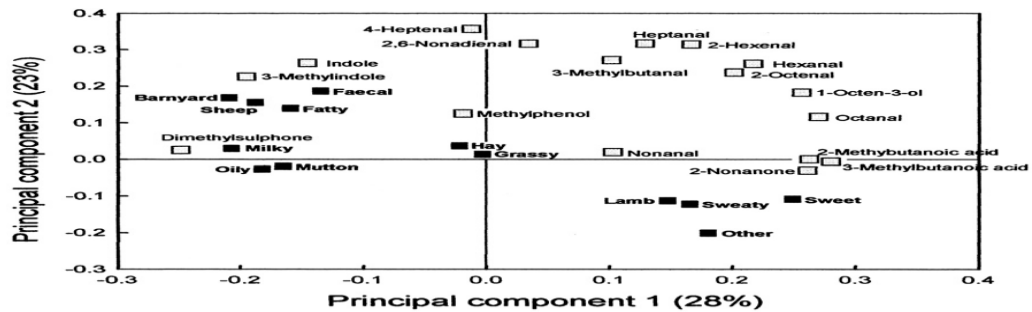


Figure 14. Analyse des 18 composés odorants principale dans la graisse sous-cutanée provenant d'agneaux âgés de 132 jours. De Young *et al.* (2003).

#### 6.1.5- Effet des différents fourrages sur la saveur pastorale de l'agneau

L'utilisation de fourrage pour réduire la formation de composés aromatiques pastoraux et modifier l'arôme de la viande est potentiellement une option possible, de plus, les odeurs de la viande d'agneau ont été présentées différemment selon la qualité des pâturages (tableau 10).

Tableau 10. Influence des différents fourrages sur l'odeur et la saveur de la viande d'agneau (Park *et al.*, 1975).

Reference	Forage dietsa	Meat flavour/odour results
Czochanska <i>et al.</i> , (1970)	White clover, perennial ryegrass	Feeding clover gave a stronger flavour compared to feeding ryegrass
Nicol and Jagusch., (1971)	Lucerne, ryegrass pasture	Lucerne gave more intense odour
Park <i>et al.</i> , (1972b)	Lucerne, Rape, Vetch	Lucerne and vetch considered to give more intense flavour and the rape gave a sickly flavour
Park <i>et al.</i> , (1975)	Lucerne, Grass pasture	Lucerne gave a more intense flavour
Nixon, (1981)	<i>Lotus pedunculatus</i> , red clover, white clover, Lucerne, perennial ryegrass	Off-flavours more predominant when feeding ryegrass
Bailey <i>et al.</i> , (1994), Trial 1	<i>Lotus corniculatus</i> , Lucerne, perennial ryegrass, white clover	Flavour intensity was highest from lambs fed ryegrass and clover and lowest from lambs fed Lotus
Bailey <i>et al.</i> , (1994), Trial 2	<i>Lotus corniculatus</i> , Lucerne, perennial ryegrass, white clover	No difference in flavour intensity between forages fed
Bailey <i>et al.</i> , (1994), Trial 3	Cowpea, lucerne	No difference in grassy or lamby flavours
Bailey <i>et al.</i> , (1994), Trial 4	Cowpea, Sudan grass	No difference in grassy or lamby flavours
Young <i>et al.</i> , (1994)	Perennial ryegrass, tall fescue, cocksfoot, <i>Phalaris</i> , lucerne, chicory, Prairie grass	Feeding <i>Phalaris</i> gave a stronger foreign flavour. No other flavour effects of forages observed
Fraser <i>et al.</i> , (2004)	Red clover, lucerne, perennial ryegrass	No difference in flavour between the forages fed
Masters <i>et al.</i> , (2006)	Gland clover, Subterranean clover	Gland clover gave sheep meat a more pleasant taste
Schreurs <i>et al.</i> , (2007a)	White clover, perennial ryegrass	Overall flavour intensity was higher from lambs fed white clover
Schreurs <i>et al.</i> , (2007e)	Perennial ryegrass/white clover pasture <i>L. corniculatus</i>	No odour differences observed

<sup>a</sup>White clover (*Trifolium repens*), perennial ryegrass (*Lolium perenne*), lucerne (*Medicago sativa*), rape (*Brassica rapa*), vetch (*Vicia sativa*), red clover (*Trifolium pratense*), cowpea (*Vigna unguiculata*), Sudan grass (*Sorghum vulgare sudanensis*), tall fescue (*Festuca arundinacea*), cocksfoot (*Dactylis glomerata*), phalaris (*Phalaris aquatics*), chicory (*Chicorium intybis*), prairie grass (*Bromus willdenowii*), gland clover (*Trifolium glanduliferum* Boiss cv. Prima), Subterranean clover (*Trifolium subterraneum* ssp. *subterraneum* L. cv. Dalkeith)

La viande de mouton nourri uniquement de trèfle blanc a été notée comme ayant une saveur et une odeur plus intense que la viande provenant de moutons nourris à l'herbe (*Schreurs et al., 2007a*). Les pâturages de Luzerne ont été utilisés pour donner une note plus intense, inacceptable "sharp" (*Park et al., 1972a*), et la saveur est devenue plus intense avec la durée de la pâture de luzerne (*Park et al., 1975*), (tableau 10). Des études plus récentes indiquent que les arômes indésirables qui apparaissent dans la viande peuvent être une conséquence d'utilisation de pâturage principalement du composé de trèfle ou de légumineuse (*Schreurs et al., 2007a*). Il existe de plus en plus de signes de variation individuelle chez les animaux nourris avec le même régime alimentaire dans leur capacité à métaboliser les composés aromatisants, certains animaux ayant une concentration particulièrement élevée de composés aromatiques pastoraux dans la graisse de viande (*Deighton et al., 2006; Schreurs et al., 2007e*). Dans les régions tempérées du monde, les pâturages confèrent une marge bénéficiaire plus élevée et permettent une production durable, car le pâturage est une source d'alimentation peu coûteuse par rapport aux céréales (*Boutonnet, 1999*).

## 6.2- Régime en grain et au concentré

La littérature comparant l'alimentation des pâturages et des céréales aux ruminants (telle que révisée par *Duckett et Kuber, 2001; Priolo et al., 2001*) suggère la façon la plus simple d'améliorer l'arôme de la viande d'agneaux alimentés au régime concentré. Il a été recommandé qu'un régime céréalier alimenté pendant 90 à 100 jours avant l'abattage enlève l'effet de l'alimentation des pâturages sur l'arôme de la viande et améliore significativement l'acceptabilité du boeuf par les consommateurs en termes de saveur (*Melton, 1983*). Chez le mouton, les différences de saveur entre les traitements de concentré et de pâturage (perennial/trèfle blanc) étaient évidentes après 132 jours (*Young et al., 2003*). L'alimentation riche en aliment concentré (céréales) tend à produire chez l'agneau et surtout le mouton des flaveurs plus intenses et une odeur dite « sweaty » due aux acides 4- méthyl octanoïque et 4- méthyl nonanoïque (4- méthyl C<sub>9</sub> et C<sub>10</sub>). Selon *Wong et al., (1975)* et *Kemp et al., (1981)*, bien que l'aliment au concentré a entraîné une plus faible concentration de skatole dans la graisse par rapport aux agneaux nourris au pâturage, la différence n'était pas suffisante pour différencier l'odeur pastorale de la Nouvelle-Zélande (*Schreurs et al. 2007e*). La décision d'achat des viandes par les consommateurs est influencée par les caractéristiques de la qualité des viandes car ils préfèrent des viandes tendres et des produits carnés avec un goût et une saveur naturels (*Reicks et al., 2012*).

## 7. Variation de la qualité sensorielle

L'activité métabolique modifie la quantité et la nature des nutriments mis à la disposition du muscle, affectant ainsi sa croissance et ses caractéristiques biochimiques (fibre, collagène, lipide) (Geay, 2002) ou métaboliques (accrétion protéique, teneur en glycogène et en lipide) (Hocquette, 2005). Ainsi, les effets combinés conditionnent la qualité sensorielle de la viande. A l'air libre, la myoglobine s'oxyde en metmyoglobine (MMB) de couleur brune sous l'action des radicaux libres (OH) qui sont capables de dégrader la couleur et provoquer l'oxydation des lipides. Il existe une corrélation très nette entre MMB et les hydroperoxydes d'AG (Monahan et al., 1999).

Lynch et al., (2000) trouvent que la protection des phospholipides et du cholestérol des membranes par les antioxydants (vitamine E), stabilise l'oxymyoglobine et retarde la décoloration. Une dose de 5 à 10 mg /kg d'aliments de vitamine E et 0.1 mg/kg d'aliments de sélénium, ont une action préventive et significative contre l'oxydation (McDowell et al., 1996). Un niveau alimentaire réduit en apport est à l'origine d'une couleur sombre, conséquence d'une augmentation des fibres oxydatives; contrairement à un niveau alimentaire riche en apports en finition déterminant une couleur rouge vive recherchée par le consommateur (McCaughey et al., 1996). Cette conséquence est due vraisemblablement à une amélioration de la conduite d'élevage aboutissant à un pH de 5,6 après 24 heures postmortem (Wong et al., 1999; Farouk et al., 2000).

Enfin, la teneur du glycogène et sa vitesse de dégradation conditionnent la couleur de la viande (Immomen et al., 2000), d'où la forte corrélation entre le pH musculaire ultime et la couleur de la viande (Young, 1997). Il a été observé que la réserve en glycogène et l'activité des systèmes protéolytiques influencent la tendreté. La solubilité des fibres du collagène varie surtout en fonction de l'âge. En effet, la viande d'un animal âgé est considérée dure par sa richesse en collagène insoluble. Les myofibrilles constituent un second paramètre de la tendreté par la capacité de rétention d'eau de la molécule d'actine et la molécule de myosine (Goll et al., 1995).

Un niveau alimentaire bas, augmente la quantité du collagène et diminue sa solubilité du fait de la réduction des protéines myofibrillaires et la diminution du gras intramusculaire (Dransfield, 1994). Cet accroissement du catabolisme estimé par une fragmentation myofibrillaire importante est due à une élévation du rapport calpaine/calpastatine, favorisé par un pH élevé (Donag et al., 1999).

Certains auteurs pensent que le gras intramusculaire est favorable pour la tendreté quand sa teneur dépasse 6% (Nichimura et al., 1999). On note que l'augmentation des apports énergétiques en phase de finition améliore la tendreté (Berger et al., 1993). Pethick, (1996) pense qu'il est préférable d'accroître le glycogène par élévation du niveau alimentaire en finition chez l'agneau pour le même objectif.

Les variations de la composition d'un régime modifient la digestion et influencent en conséquence la tendreté (*Yong-Soo, 1995*). Certains auteurs (*Mandell et al., 1998*) n'ont pas observé de différences de notes de la tendreté d'une viande issue d'animaux alimentés différemment à base de fourrage vert et céréales.

Toute fois, *Listrat, (1999)* a constaté une teneur importante de collagène soluble dans le muscle d'animaux recevant un ensilage à base d'herbe, en comparaison avec des animaux nourris à base de foin. Une confusion est signalée par de nombreux chercheurs entre le niveau alimentaire et la nature du régime alimentaire (*Hocquette et al., 1998*).

## **8. Conclusion**

Chez les moutons, la saveur pastorale semble être déterminée par l'association de la BCFA et du 3-méthylindole (skatole). Un rôle important semble également être joué par skatole et le goût pastoral paraît être déterminé par certains produits d'oxydation de l'acide linoléique et de ses dérivés qui proviennent essentiellement de l'alimentation aux pâturages.

L'obtention d'une viande de qualité demeure la finalité de toute démarche de production à long terme, puisqu'elle touche directement le consommateur.

La nature de l'alimentation influence fortement les qualités sensorielles et nutritionnelles de la viande d'agneau. Sa typicité, en particulier liée à son odeur et à sa flaveur, est moins marquée lors d'un engraissement à l'herbe où la qualité nutritionnelle sera plus élevée et les défauts de fermeté de la graisse de couverture moins nombreux. Cette viande peut être identifiée par des moyens analytiques avec une grande sécurité.

# Partie expérimentale

# Chapitre 1

*Zone d'étude, Régimes et  
Animaux*

## 1- Contexte et Objectifs :

En Algérie, la production de viandes rouges est assurée par l'abattage d'animaux d'espèce différentes : ovine, bovine, caprine, cameline et même chevaline. Toutefois, les deux premières fournissent l'essentiel (85%) de la production avec une prédominance des viandes ovines (58% du total) (*Chehat et Bir, 2008*). Sur le plan nutritionnel, la viande d'agneau est réputée être une denrée riche en lipides, plus particulièrement en acides gras saturés. Les conséquences néfastes de ces acides gras sur la santé humaine sont effectivement dénoncées par les diététiciens et le corps médical.

Pour cette raison, les nutritionnistes préconisent une réduction de ces acides gras dans l'alimentation humaine en une augmentation en AGPI n-3 pour tendre vers un apport de 5 entre l'acide linoléique (C18:2n-6) et l'acide  $\alpha$  linoléique (C18:3n-3) principal acide gras polyinsaturé qui contribuerait à une diminution des risques cardiovasculaires. Pour ce faire, des essais sont conduits pour étudier le lien entre le profil en acides gras et la flaveur de la viande via l'alimentation des animaux issus des hauts plateaux (Tiaret), de steppe (Djela) et du sahara (Ghardaïa) à partir de 03 principales sources naturelles: herbe vert de printemps, le foin et le concentré. Sur la base de ces constats, un programme de recherche est entrepris sur des agneaux en vue de valoriser la viande ovine Algérienne à travers une labellisation. A cet égard, ce travail vise à tester les possibilités qu'offre un régime alimentaire sur les performances de croissance et sur les qualités en acides gras des lipides de la viande selon le site anatomique.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons réalisé les opérations suivantes :

- ❖ Caractériser la viande d'agneau locale (Tiaret, Djelfa et Ghardaïa) sur le plan nutritionnel et sensoriel.
- ❖ Suivre la croissance et la productivité des agneaux selon la disponibilité alimentaire durant la saison de Printemps (2014).
- ❖ Mesurer l'impact de l'herbe sur le profil en AG, couleur et la nature des composés aromatiques des viandes d'agneaux issus des pâturages de steppe et des hauts-plateaux.
- ❖ Etudier l'effet de la cuisson de type «grillade» et de la nature du muscle sur les principaux constituants de la viande d'agneau.

## 2- Les pâturages:

Suivant la localisation géographique, les grandes zones d'exploitation du cheptel ovin sont : les régions telliennes, la steppe et les régions sahariennes (*Nedjraoui, 2001*).

Nous avons choisi selon les caractéristiques botaniques, géographique et de la concentration d'élevage ovin trois différents sites pour réaliser notre expérimentation : Ain Guesma (zone semi aride) dans la wilaya de Tiaret, Station El Mesrane située à 32 km de la ville de Djelfa (zone aride A) et *El-Atteuf* dans la wilaya de Ghardaia (zone aride A) (Tab11).

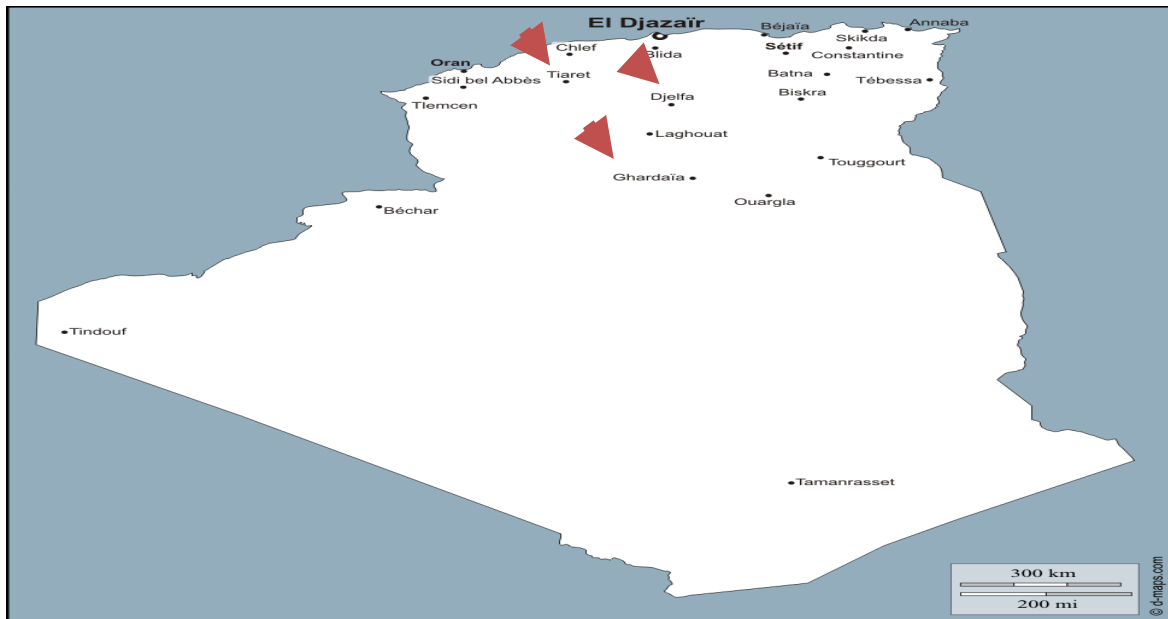


Figure 15 : Zones de prélèvement des agneaux de la race Rumbi.

Tableau 11 : Caractéristiques bioclimatiques des régions étudiées.

Localisation	Etage bioclimatique		Latitude	Longitude	Pluviométrie	Température
Tiaret	Aride supérieur		35°22'15"N	1°19'01"E	349.1 mm	15 °C
Djelfa	Aride		34°40'22"N	3°15'46"E	358.0 mm	13.4 °C
Ghardaïa	Aride		32°29'27"N	3°40'24"E	80.83 mm	27.47°C
Pluviométrie (mm)	Hiver		Printemps	Été	Sources	
	Automne					
<b>Tiaret</b>	35.7	38.43	33.06	08.2	<i>Achir. M, Benchaben. H, 2016</i>	
<b>Djelfa</b>	32.33	30	34	16.33	<a href="https://fr.climatedata.org/location/3689/">https://fr.climatedata.org/location/3689/</a>	
<b>Ghardaïa</b>	19.0	17.03	25.93	16.66	<a href="https://fr.tutiempo.net/climat/ws605660.html">https://fr.tutiempo.net/climat/ws605660.html</a>	

L'Algérie du centre bénéficie des conditions climatiques et édaphiques plus agréables en raison des masses d'air venant de la mer accompagnée d'humidité qui servent à favoriser la faible évaporation, en revanche l'ouest peut favoriser une productivité accrue, mais peut aussi être plus vulnérable aux sécheresses grâce à la quantité importante d'ensoleillement avec un sol relativement dégradé où dominent les dolomies des calcaires. Avec l'altitude on peut caractériser une station car elle fait la synthèse de plusieurs phénomènes tels que la température, la pluviométrie ou l'ensoleillement. Quand l'altitude augmente, les précipitations deviennent plus importantes mais les températures diminuent (d'environ 0,6°C/100 m).

## 2.1- Importance des plantes fourragères:

Quoique sur les 237.806.000 hectares, seulement 3,3% sont à vocation agricole, l'Algérie se distingue par une variation éco-géographique très remarquée. Le désert occupe les 4/5 du pays et le 1/5 restant est largement occupé par les étages bioclimatiques arides et semi-aride. Les étages subhumide et humide couvrent des surfaces relativement plus restreintes. Cette variation des milieux s'accompagne d'une importante diversité de la faune et de la flore (Elaffifi.M et al., 2015).

Les fourrages naturels fournissent 5498 x106 d'UFL (Elaffifi.M et al., 2015). Les prairies naturelles localisées dans les étages bioclimatiques humides et subhumides fournissent 73x10<sup>6</sup> d'UFL. Les pacages et parcours se trouvant surtout en milieux arides et semi-arides fournissent 3981 x106 d'UFL (72,4% de l'offre totale) (Abdelguerrfi, 2003).

## 3- Régimes

Dans les régions arides et semi-arides, la végétation a un caractère essentiellement steppique. Elle se caractérise par l'importance des espèces vivaces, ligneuses et des graminées

Les pâturages étaient constitués d'un fourrage herbacé de petite et moyenne taille résistant aux conditions arides. Parmi les espèces dominantes de plantes dans les pâturages des hauts plateaux nous citons : ray-grass (*Lolium perenne* L), laser blanc (*Laserpitium latifolium*), fruit de kava (*Pometia pinnata*), rocket (*Eruca sativa*), bistort (*Bistorta officinalis*), *Zizyphus lotus*, *Pistacia atlantica*, *Capsella bursa pastoris*, *Arthrophytum scoparium*. Cette végétation est généralement subdivisée en formation végétale assez spécifique comme les parcours à alfa (*Stipa tenacissima*) ou la steppe à sparte (*Lygeum spartum*) dominants dans les sols argileux. Les parcours ou steppes à armoise blanche (*Artemisia herba alba*) dans les sols à texture fine, les parcours à remt (*Arthrophytum scoparium*), la steppe à psamophytes constituées de graminées à *Aristida pungens* et *Thymellaea microphyla* ou encore des arbustes à *Retama raetam* et les steppes à halophytes dont les espèces végétales les plus répandues sont l'*Atriplex Halimus*, l'*Atriplex glauca*, *Suaeda fruticosa*, *Frankenia thymifolia*, *Salsola sieberi* et *Salsola vermiculata*, avec diverses autres espèces importantes dans le sahara comme le Drinn (*Stipagrostis pungens*) et les plantes éphémères (*acheb*). Il s'agit des aliments spécifiquement consommés par les ruminants en raison de la particularité de leur appareil digestif. Les fourrages sont des aliments constitués surtout par les tiges, les feuilles et les fleurs des plantes fourragères naturelles ou cultivées.

## 4- Matériels et échantillonnage

Avant d'entreprendre l'essai dans un dispositif avec des animaux, une première étape de l'exprémentation consistait à observer sur deux années 2014 et 2015 en petites parcelles représentatives de chaque site où l'élevage a eu lieu ultérieurement ne dépassant pas les 100m<sup>2</sup>. Le programme d'échantillonnage consistait à prendre 10 échantillons d'herbe brute (1 kg environ de chacun) au hasard dans tous les territoires pâturés à l'aide de ciseaux, bien avant de faire passer les

animaux. L'opération de prélèvement a été effectuée au début, au milieu et à la fin de la période d'essai. L'échantillon prélevé est représentatif de la matière ingérée par les animaux de pâturage (Elaffifi *et al.*, 2015). Une partie choisie au hasard a été utilisée pour constituer des prises d'essai à des fins d'analyse de laboratoire. L'herbe récoltée précocement au printemps au meilleur stade de sa valeur alimentaire est séchée naturellement par le vent. Le séchage doit être fait aussi rapidement que possible pour minimiser les pertes. Le séchage s'effectue en deux temps :

- Une phase de séchage rapide où l'eau est perdue par les stomates. Les feuilles desséchant plus vite que les tiges, l'eau des tiges migre vers les feuilles.
- Une phase de séchage lente pendant laquelle l'eau restante est évacuée à travers la cuticule.

Le foin est indispensable pour équilibrer les rations à risque acidogène, le foin par sa richesse en fibre, permet une meilleure rumination. Par ailleurs, il permet de sécuriser les stocks fourragers. Pour son séchage, il est important d'effectuer un séchage au soleil (environ 2 heures) jusqu'à ce que l'humidité des feuilles soit inférieure à 40%. Dans les conditions météo idéales au champ, il faut entre 3 et 6 jours pour atteindre une teneur en matière sèche du foin satisfaisante (% MS > 80 %). Les échantillons, après avoir été séchés, ils ont été mélangés et homogénéisés en poudre par broyage mécanique au laboratoire. Les poudres obtenues sont conservées à +4°C pour les analyses ultérieures.

## 5- Analyses physicochimiques

### 5.1- Dosage de la matière sèche

La teneur de la matière sèche (MS) est déterminée conventionnellement par le poids des aliments après dessiccation 105°C dans une étuve/24h selon (AFNOR, 1990).

$$\text{Le \% MS} = M_2/M_1 * 100.$$

### 5.2- Dosage MM :

La teneur en cendre (MM) est le résidu de la substance après destruction, de la matière organique par incinération à 550°C dans un four à moufle/6h selon (AFNOR, 1990).

$$\text{Le \% MM} = (M_2 - M_0) * 100 / (M_1 - M_2).$$

### 5.3- Dosage des Protéines brutes: (Méthode Kjeldahl AOAC, 1990)

Le dosage des protéines s'effectue en 3 étapes

- **Étape 1** : Minéralisation de l'échantillon qui consiste à transformer l'azote organique en azote ammoniacal (NH<sub>3</sub>), oxydation de la MO dans l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentré à haute température en présence d'un catalyseur. Le H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré a pour but d'oxyder l'azote organique et de transformer l'azote protéique de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>). Il sert également à piéger l'ammoniac gazeux sous forme de sulfate d'ammonium NH<sub>3</sub>SO<sub>4</sub>, par action de la base avec l'acide. L'addition du sel K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, a pour but d'élever le point d'ébullition de la solution pour accélérer la réaction de minéralisation de la matière organique. Le catalyseur utilisé est constitué de Mg (HgO) ; Cu (CuSO<sub>4</sub>) et de sélénium.

Il sert également à piéger l'ammoniac gazeux sous forme de sulfate d'ammonium  $\text{NH}_3\text{SO}_4$ , par action de la base avec l'acide. L'addition du sel  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , a pour but d'élever le point d'ébullition de la solution pour accélérer la réaction de minéralisation de la matière organique. Le catalyseur utilisé est constitué de Mg (HgO) ; Cu( $\text{CuSO}_4$ ) et de sélénium.

- **Étape 2:** Avant de distiller l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) à la vapeur d'eau, on doit libérer l'ammoniac sous forme de sel  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , par addition d'une solution concentrée de soude en excès, l'ammoniac est ensuite distillé par la vapeur d'eau et piégé dans une solution d'acide borique. La réaction de l'ammoniac avec l'acide borique forme des sels de borate d'ammonium.

- **Etape 3: titrage de l'ammoniac**

L'ammoniac sous la forme de borate d'ammonium est titré par une solution d'acide sulfurique standardisé. Calcul de la teneur en protéine brutes:

$$(\text{PB en \% de produit brute}) = (V_1 - V_0 * \text{TX}0.014 * 6.25 * 100) / (m).$$

**5.4- Dosage des fibres**

La fibre neutre détergente (NDF), fibre de détergent acide (ADF) et détergent acide lignine (ADL) ont été mesurées en utilisant la méthode *Van Soest, (1991)*. L'échantillon est traité par une solution 1.25% d'acide sulfurique puis par une solution 1,25% d'hydroxyde de sodium, chaque traitement dure  $30 \pm 1$  min. Le résidu est à chaque fois lavé à l'eau chaude et séché. Finalement, le résidu est calciné pendant 1 h à  $530^\circ\text{C}$ . Le résidu, après le traitement acide puis basique, déduit du résidu de la calcination. Il est exprimé en g/kg.

**d) Neutral detergent fiber (NDF):**

L'échantillon est traité par une solution détergente neutre contenant du laurylsulfate de sodium, du sulfite de sodium et une solution d' $\alpha$ -amylase thermorésistante, à  $98^\circ\text{C}$  pendant 60 min. Après un lavage répété à l'eau bouillante, le résidu est dégraissé avec de l'acétone puis séché et calciné pendant 1 h de  $530$  à  $550^\circ\text{C}$ . Le NDF représente le résidu après traitement avec le détergent neutre déduit des cendres.

**e) Acid detergent fiber (ADF):**

L'échantillon est traité par une solution de détergent acide: bromure de N-cétyl-N,N,N-triméthylammonium dans de l'acide sulfurique 0,5 M. Le détergent acide est appliqué chaud et amené rapidement à ébullition, le traitement dure 60 min. Le résidu est lavé soigneusement 3 fois avec de l'eau bouillante. Le résidu est dégraissé dans de l'acétone, puis séché et calciné pendant 1 h de  $530$  à  $550^\circ\text{C}$ . L'ADF représente le résidu du traitement avec le détergent acide déduit des cendres.

**f) Acid detergent lignin (ADL):**

Le résidu ADFB, avant calcination, est traité par une solution d'acide sulfurique 72% pendant 3h à  $20-23^\circ\text{C}$ . Le résidu est soigneusement lavé d'abord avec de l'eau froide, puis à l'eau bouillante,

jusqu'à un pH neutre. Le résidu est dégraissé avec de l'acétone, puis séché et calciné pendant 1 h à 550°C. L'ADL représente le résidu déduit des cendres.

### 5.5- Dosage de la MG et analyse des acides gras:

Les extraits lipidiques LT de chaque régime ont été extraits par un mélange chloroforme-méthanol (2:1) selon la méthode de *Folch et al., (1957)* cette sera décrite ultérieurement dans le chapitre 3 de la partie expérimentale.

Le profil d'acide gras a été déterminé quantitativement selon la méthode décrite par *Granados Ma, (2001)*. Les esters méthyliques des extraits lipidiques sont préalablement saponifiés par la soude, puis méthylés (*French et al., 2000*) au méthanol-trifluore de bore BF<sub>3</sub>.

Les acides gras des régimes est obtenu par passage des esters après séparation et quantification en chromatographie phase gazeuse munie d'un Agilent 6890, équipé d'un détecteur dd'ionisation de flamme. Ces dosages ont été effectués à Nutrición y Bromatología. Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia. Campus d'Espinardo, 30071, Murcia. Espagne en 2015.

### 5.6- Pouvoir antioxydant des régimes

Les molécules d'intérêt biologique, de nature phytochimique sont nombreuses et polyvalentes. Ces substances bioactives végétales appartiennent à trois grandes familles : les alcaloïdes, les polyphénols et les terpènes et sont doués de propriétés anti oxydantes remarquables (*Merghem, 2011*).

#### 5.6.1- Dosage des polyphénols et flavonoïdes

Les polyphénols ont été dosés par spectrophotométrie selon *Milliauskas et al., (2004)*. 1ml de l'extrait méthalonique (10g de la poudre dans 100ml de méthanol-eau (8v/2v)/20mn) est mélangé avec 5ml de réactif Folin ciocalteu. Cette solution est diluée 10 fois et on prends par suite 4ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> à concentration 75g/l. Une gamme étalon est préparée à partir d'une solution d'acide gallique de 1g/l avec les dilutions de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 et 100µg/ml. Les solvants d'extraction emportent des substances non- phénliques comme les sucres, les proteines et les colorants qui peuvent interférer pendant toute évaluation phénolique (*Djeridane et al., 2006*). L'absorbance est mesurée à 765nm après une durée d'incubation de 1h à température ambiante. L'intensité de la couleur est proportionnelle au taux de composés phénoliques oxydés capables de réduire le folin Ciocalteu. Les flavonoïdes ont été dosés par spectrophotométrie selon la méthode décrite par *Chang et al., (2002)*. Un volume de 0,75ml d'Aluminum chloride hexahydrate (AlCl<sub>3</sub>, 6H<sub>2</sub>O) (2%) est mélangé à un volume égal d'extrait. Après une durée d'incubation de 10mn les densités optiques sont lues à 430nm dans un domaine UV-Visible. La teneur phénolique totale a été exprimée en mg équivalents d'acide gallic (GAE) /g MS. La quantité de flavonoïdes dans les extraits de plantes en mg Equivalent d'acide gallic (EQ) pour 100mg d'extrait était calculé par la formule suivante:

$$X = (A \times m_0) / (A_0 \times m)$$

## 6- Résultats et Discussion

### 6.1- Ingestion des aliments

D'après nos résultats, il s'avère clairement que les parcours des pâturages des régions de Tiaret et de Djelfa se distinguent par une abondance de la végétation caractérisée par une diversité floristique ou encore par une disponibilité en biomasse en comparaison avec la région de Ghardaïa (85% et 70% vs. 10%, respectivement) (Tableau 12).

**Tableau 12.** Ingestion alimentaire des animaux selon les différents étages bioclimatiques (%)

Système d'élevage	Hauts plateaux Tiaret	Steppe Djelfa	Sahara Ghardaïa
<b>Fourrage – Pâturage</b>	<b>85%</b>	<b>70%</b>	<b>10%</b>
<b>Foin</b>	<b>15%</b>	-	<b>20%</b>
<b>Concentré</b>	-	<b>30%</b>	<b>70%</b>
Maïs	-	15%	34%
Orge	-	10%	23%
Avoine	-	4%	10%
Minéraux P, Ca <sup>++</sup> et oligoéléments	-	1%	3%

Aucun refus à l'aliment concentré n'a été enregistré pour les agneaux élevés dans les régions de Djelfa et Ghardaïa. Une différence significative de l'ordre de 40% des quantités consommées de l'aliment concentré a été enregistré à Ghardaïa (Tableau 13), cela s'explique d'une part par la pauvreté de cette région en pâturage et d'autre part cette denrée est utilisée en vue d'améliorer le rendement en poids des agneaux sur le plan commercial.

Toutefois, lorsque l'herbe est rare, en début et en fin de saison, il est nécessaire de leur apporter des compléments sous forme de foin et de fourrages verts (luzerne, ray-grass, vesce, seigle en vert, etc...). des consommations d'ordre 1,5 kg à 2 kg de foin par jour/mouton ont été notées pour les ovins des régions Djelfa et Ghardaïa (Tab 13). L'eau est offerte à volonté.

**Tableau 13.** Estimation de l'ingestion alimentaire journalière des animaux selon les différents étages bioclimatiques en (Kg).

	<b>Fourrage – Pâturage</b>	<b>Foin</b>	<b>Concentré</b>
Hauts plateaux Tiaret	5 kg à 10 kg	1,5 kg à 2 kg	-
Steppe Djelfa	2.5 Kg à 5 Kg	-	1.3 kg à 1.5 kg
Sahara Ghardaïa	0.45 Kg à 0.75 Kg	1,5 kg à 2 kg	3.5 Kg

## 6.2- Composition physicochimique des régimes:

### 6.2.1- Matière sèche

Les teneurs en matière sèche des régimes ne présentent pas de différences significatives. Le taux d'humidité qui est de l'ordre de 13.60% reste conforme à la teneur d'un aliment concentré (*Blankson et al., 2000*) (tableau 14).

### 6.2.2- Matières minérales

Pour les trois régimes, des teneurs appréciables en matières minérales sont observées. Cependant, le foin présente une légère richesse comparativement au concentré et les fourrages (tableau 14). Cette différence s'explique vraisemblablement par les faibles teneurs en calcium et en phosphore (*Sikumbili V, 1989*).

### 6.2.3- Protéines brutes

La teneur en protéines brutes (PB) du pâturage Ghardaïa est légèrement inférieure, comparativement aux fourrages steppique et des hauts plateaux et au concentré (10.56% vs. 12.62%, 12.74%, et 11.05%), respectivement (tableau 14).

### 6.2.4- Matières grasses

La teneur en matière grasse s'avère plus élevée dans les pâturages de Djelfa par rapport à Tiaret et Ghardaïa (3,34% vs. 3,29% vs. 3,24%), du même pour le concentré et le foin (4,73% vs. 1,34%, respectivement) (tabl 14). Le profil en AG montre que la teneur en acide oléique du régime issue de la région de Djelfa était plus élevée en comparaison avec celle du régime provenant de Tiaret et Ghardaïa (27,45% vs. 16,14% vs. 18,45%, respectivement) Les teneurs en AGS et en AGMI étaient beaucoup plus élevée dans les pâturages de Ghardaïa que dans ceux des hauts plateaux et de Djelfa, des teneurs d'ordre (47,14% vs. 46,89% vs. 38,75%) ont été noté respectivement pour la somme des acides gras saturés (AGS), soient (32,74% vs. 32,58% vs. 20,81%, respectivement) pour la somme des acides gras mono-insaturés (AGMI) (tab 14). Du même, l'acide  $\alpha$ -linoléique était nettement plus élevé dans le pâturage de Djelfa que dans le pâturage de Tiaret et Ghardaïa (26,95% vs. 18,54% vs. 18,42%)(tab 14).

Tableau 14: Composition chimique (g/100g de matière brute) et en AG des régimes.

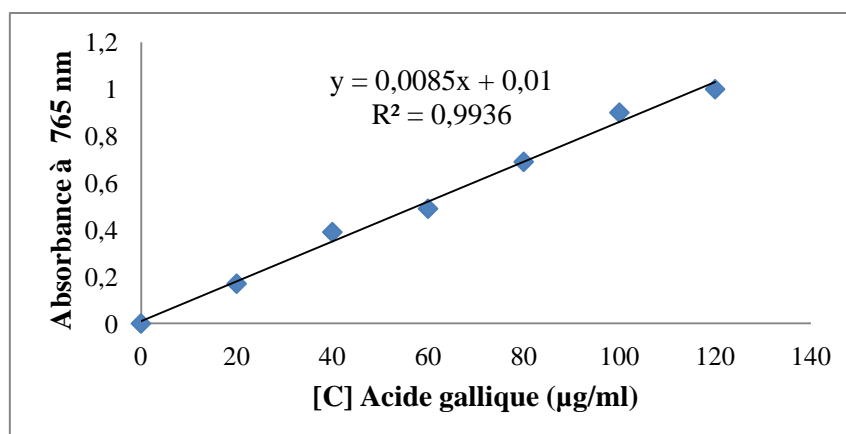
	Pâturages	Foin	Pâturages	Pâturages	Concentré
	<i>Tiaret</i>		<i>Djelfa</i>	<i>Ghardaïa</i>	
Matière sèche (%)	82.81	82.53	83.07	84.76	86.40
Teneur en eau (%)	17.19	17.47	16.93	15.24	13.60
Mt minérale (%)	03.50	01.40	03,40	03,31	02.03
Proteines brutes (%)	12.74	08.40	12.62	10.56	11.05
Lipides totaux (%)	03.29	01.34	03.34	03.24	04.73
NDF (%)	0.86	0.46	0.93	0.75	0.62
ADF (%)	25.51	02.77	23.77	25.31	04.75
ADL (%)	07.84	0.84	05.27	08.81	01.05
Polyphénols (mg EAG/g)	06.76	01.24	03.72	02.24	0.07
Flavonoïdes (mg EQ/g)	07.57	02.53	08.58	09.25	1.44
% d'AG identifiés					
C16:0	24.08	22.64	28.48	20.43	7.97
C16:1	01.20	0.74	-	-	-
C18:0	06.02	5.52	10.60	04.72	-
C18:1 n-9c	16.14	5.67	27.45	18.45	15.93
C18:2c n-6	18.54	17.35	26.95	18.42	43.26
C18:3 n-3	20.64	03.93	28.70	32.17	4.09
C18:3 n-6	0.16	-	0.29	0.32	-
C20:1 n-9	03.47	-	0.53	0.68	-
C22:1 n-9	-	-	03.86	03.92	-
C22:6 n-3	01.26	-	01.41	01.68	-
AGS	38.75	36.17	46.89	47.14	36.68
AGMI	20.81	05.67	32.58	32.74	15.93
AGP†	40.44	31.17	47.46	47.72	47.35

Les régimes issus des différents systèmes d'élevage ont montré des variations dans la composition des lipides et le profil en acides gras, cela s'explique par l'interaction de nombreux facteurs y compris: la maturité et de la variété des espèces botaniques (*Boufaïed et al., 2003*), ainsi que les conditions climatiques telles que : la température (*Falcone et al., 2004*), l'intensité de la lumière (*Witkowska et al., 2008*), mais aussi les propriétés physiques des parcours de pâturage (*Elgersma et al., 2005*). Ces tendances corroborent les résultats obtenus par *Demirel et al., (2006)* sur le foin et l'herbe comparé à l'aliment concentré pour les acides palmitique et linoléique. Au contraire, la proportion de l'acide oléique contenu dans l'herbe de Djelfa apparait nettement supérieure à celle de Tiaret et de Ghardaïa (27.45% vs 16.14%, 18.45%), respectivement. Les résultats obtenus révèlent une prédominance en acides gras monoinsaturés dans les pâturages de la région de Ghardaia par rapport à ceux de Djelfa et de Tiaret (47,72% vs. 47,46% et 40,44%), respectivement. L'incorporation dde l'aliment concentré dans la ration des agneaux permet ainsi de contribuer à l'amélioration de la qualité nutritionnelle de la viande. Les rations de ruminants ne doivent guère dépasser le seuil de 3% de lipides (*Sauvant et al., 2002*). Leur nature varie selon les matières végétales incluses.

## 6.2.5- Antioxydants

### 6.2.5.1- Détermination de la teneur en polyphénols totaux

En se basant sur les valeurs d'absorbance des diverses solutions d'extraits, ayant réagi avec le réactif de Folin–Ciocalteu et comparées à la solution étalon en équivalence d'acide gallique, les résultats de l'analyse spectrophotométrique des composés phénoliques totaux sont résumés dans le tableau 14 et sont exprimés en terme d'équivalents acide gallique à l'aide d'une courbe d'étalon (Fig 16).



**Fig 16. Courbe étalon de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.**

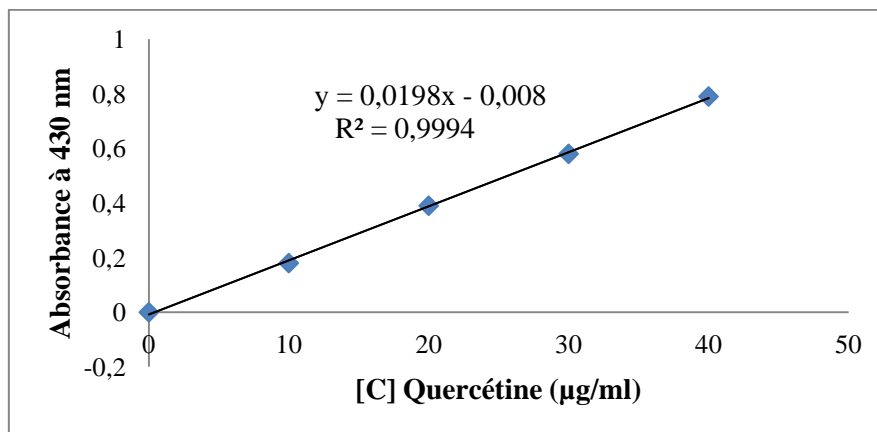
Les résultats montrent que les teneurs en polyphénols totaux varient considérablement entre les extraits des différentes régions étudiées (Tab 14). Considérant les pâturages issus des différentes régions accusent des teneurs plus importantes entre ces composés, avec des taux allant de 6,76 mg

EAG/g à Tiaret 3,72 mg EAG/g en Djelfa et 2,24 mg EAG/g à Ghardaïa mg équivalent acide gallique/g de matière végétale sèche.

Le dosage par le réactif Folin- Ciocalteu donne donc une évaluation brute de tous les composés phénoliques d'un extrait. Il n'est pas pas spécifique aux polyphénols, mais beaucoup de composés peuvent réagir avec le réactif donnant un taux phénolique apparent élevé (*Tawaha et al., 2007*). Ce test, basé sur une réaction d'oxydo- réduction, peut être également considéré comme une méthode permettant d'évaluer l'activité antioxydante (*Prior et al., 2005*). De ce fait, les extraits les plus riches en composés phénoliques peuvent être également considérés comme les plus antioxydants.

#### 6.2.5.1- Détermination de la teneur en flavonoïdes totaux

La teneur en flavonoïdes totaux des extraits bruts a été déterminée selon la méthode au trichlorure d'aluminium. Les résultats sont exprimés en termes d'équivalents quercétine à l'aide d'une courbe étalon (Fig 17).



**Figure 17. Courbe étalon de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes**

Les résultats présentés dans le tableau 14, montrent que les teneurs en flavonoïdes totaux varient considérablement entre les différentes régions. La grande distinction entre les composants du régime apparaît au niveau de la richesse de certaines et la pauvreté des autres, les pâturages issus des régions de Tiaret, Djelfa et Ghardaïa enregistrent un maximum de flavonoïdes soit 7,57 mg EQ/g, 8,58 mg EQ/g et 9,25 mg EQ/g, tandis que le foin et l'aliment concentré renferment des teneurs d'ordre 2,53 mg EQ/g et 1,44 mg EQ/g en moyenne, respectivement). En ce qui concerne le solvant d'extraction, le méthanol aqueux reste le meilleur extracteur des flavonoïdes. Une alimentation à base d'herbe pâturée améliorerait les qualités diététique et organoleptique de la viande puisque qu'elle est connue pour entraîner une augmentation des teneurs en AGPI n-3 favorable à la santé humaine dans les tissus (*Bauchart et al., 2001*) sans entraîner l'induction de processus défavorables de lipoperoxydation dans ces mêmes tissus. Vu l'effet positif des composés antioxydants (vitamine E, polyphénols) sur la réduction de la peroxydation des lipides, notamment au niveau tissulaire (*Urquiaga and Leighton, 2000; Saadallah N, 2015*).

## 7- Animaux

La race utilisée dans notre expérimentation est la race Rumbi, des djebels de l'Atlas Saharien, à tête et membres fauves, bien adaptée aux zones d'altitude avec un agneau à la naissance qui pèse 3 kg 500 g, représente environ 12% du cheptel. Sa forte dentition résistante à l'usure lui permet de valoriser au mieux les végétations ligneuses ainsi que Acheb à impact bénéfique sur la croissance et sur la qualité de sa viande produite.

### 7.1- Dispositif expérimental

Trois groupes d'agneaux ( $n=10$ ) de race locale Rumbi, de poids moyen corporel de  $32,2 \pm 2,38$  kg et d'âge moyen de 7 mois, ont été élevés aux pâturages, pendant 100 à 105 jours dans trois différentes zones bioclimatiques du centre et de l'ouest Algérien définies et sus citées, respectivement Ain Guesma de Tiaret (Zone; SA), station El Mesrane de Djelfa (zone ; A) et *El-Atteuf* dans la wilaya de Ghardaïa (zone aride A) du protocole expérimental.

Durant la saison de printemps 2014, les pâturages pour l'ensemble des régions ainsi décrites ont été divisés en cinq enclos (1,0 ha chacun).

Dans les trois fermes, pendant l'expérience, des agneaux choisis au hasard parmi un grand troupeau de moutons ont été autorisés à paître librement de l'herbe fraîche et verdoyante deux fois/jour de 7 à 11 h et de 14 à 18 h, jusqu'à la saison de fenaison.

En plus du pâturage, les agneaux issus des hauts plateaux de Tiaret ont également reçu du foin, alors que, ceux de la steppe de Djelfa et Sahara de Ghardaïa ont reçu un aliment à base de concentré afin d'atteindre un poids souhaitable de carcasse après abattage sur le plan commercial.

L'objectif de l'essai étant de caractériser les viandes suites à différentes conduites alimentaires. Les conduites adoptées pour l'expérimentation sont récapitulées dans la figure 18.

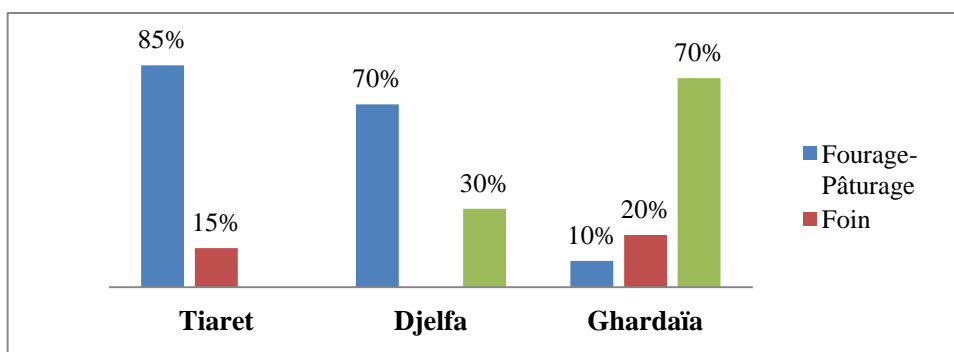


Figure 16. Compositin du régime en (%).

## 8- Analyse statistique des résultats

Le traitement effectué aux données est une analyse de variance (ANOVA), organisé en bloc et suivie d'une comparaison des moyennes selon le test de Newman-Keuls. Les résultats sont présentés en termes de Valeurs p, considéré comme le seuil de signification,  $p < 0,05$ .

# Chapitre 2

*Effet des régimes alimentaires  
sur les variations  
plasmiques et les paramètres  
de croissance*

## 1- Les indicateurs biochimiques sanguins

Le système de production et l'alimentation influencent les paramètres sanguins des agneaux en croissance et à l'engraissement (*Jackson et Cockcroft, 2002*).

### 1.1- Matériel :

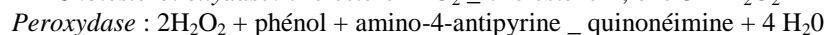
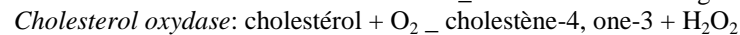
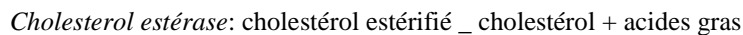
Le sang a été prélevé au début du mois Mars, le milieu du mois Avril et à la fin du mois de Mai 2014 au niveau de la veine jugulaire de l'animal et recueilli dans des tubes préalablement héparinés (10 µl/ml) et conservé à 4°C jusqu'à centrifugation (3500 g, 15 min, 4°C), en vue de récupérer le sérum. Le sérum a été stocké à -20°C pour des analyses biochimiques.

### 1.2- Méthodes :

D'une manière générale, les molécules à doser sont, par voie enzymatique, mises en réaction pour former d'une manière indirecte ou non de l'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), par les kits de dosage biochimique SPINRE-ACT. Espagne

#### 1.2.1- Dosage du taux de cholestérol

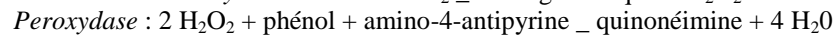
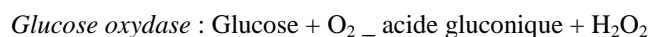
Le cholestérol est dosé en utilisant la séquence *cholestérol estérase – cholestérol oxydase –peroxydase* – chromogène. Les réactions sont les suivantes :



L'intensité de coloration est mesurée à 500 nm. Elle est proportionnelle à la quantité de cholestérol présente dans l'échantillon. Sa valeur est exprimée en mmol/l.

#### 1.2.2- Dosage du taux de glucose

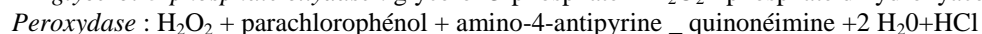
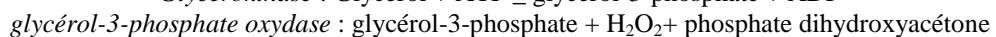
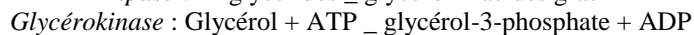
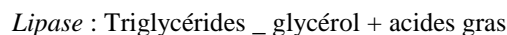
Le glucose est dosé en utilisant la séquence *glucose oxydase – peroxydase* – chromogène. Les réactions sont les suivantes :



L'intensité de coloration est mesurée à 505 nm. Elle est proportionnelle à la quantité de glucose présente dans l'échantillon. Sa valeur est exprimée en mg/l.

#### 1.2.3- Dosage du taux de triglycérides

Les triglycérides sont dosés en utilisant la séquence *lipase–Glycérokinase– glycérol-3-phosphate oxydase–peroxydas*–chromogène. Les réactions sont les suivantes :



Facteur de conversion mg/dl x 0.0113 = mmol/l. L'intensité de coloration est mesurée à 500 nm. Elle est proportionnelle à la quantité de triglycérides présente dans l'échantillon. Sa valeur est exprimée en mmol/l.

**2- Résultats et Discussion:**

Les teneurs en glycémie, cholestérol et en triglycérides sont présentés dans le tableau 15. D'après les résultats obtenus, il s'avère clair que la glycémie augmente mais d'une façon non significative au cours de la période de prélèvement. Le métabolisme glucidique est sous contrôle corticosurrénale qui permet donc la libération de l'énergie à partir des réserves de l'organisme (*Ekis et al., 2012*).

Des teneurs d'ordre 55,26 mg/dl, 85,92 mg/dl et 64,55 mg/dl ont été notés pour les agneaux de la région de Tiaret, Djelfa et Ghardaïa, respectivement. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par *Jackson et Cockcroft, (2002)* qui ont affirmé que chez le mouton, la glycémie varie de 30 à 80 mg/dl. Ces valeurs peuvent être influencées par les facteurs intrinsèques (sexe, âge) et extrinsèques (environnement).

Une situation mal adaptée génère en permanence un stress responsable des fluctuations de la glycémie pour que l'organisme de l'animal s'adapte à ces contraintes.

Les résultats obtenus suggèrent que la période de prélèvement n'a aucun effet significatif sur la teneur en triglycérides, une teneur élevée à été décrite pour Tiaret (0.86 mmol/l vs. 0.83 mmol/l), à l'exception du taux de cholestérol plus élevé observé P<sub>3</sub> provenant des agneaux de Ghardaïa par rapport à celui issu de Tiaret et Djelfa (1,52 v. 1,50 et 1,44) ((P<0.05), respectivement. Nos résultats restent supérieur à ceux obtenus par les travaux de (*Elaffifi et al., 2015*) 0,72 vs 0,45 et 0,80 vs 0,51mg/dl, respectivement .

Une étude faite par *Bodas et al., (2011)*, a montré que la cholestérolémie chez le mouton n'est pas influencée par l'alimentation (Tab15). Les concentrations mesurées varient sensiblement entre les trois systèmes durant les trois prélèvements (Tab15).

**Tableau 15 : Paramètres plasmatiques.**

	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa	Normes des constantes	Effet période
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>		
Glycémie mg/dl	55,26±1,11	58,92±1,70	64,55±2,40	<i>Dubreuil et al, 2005</i> (41 – 65).	NS
Cholestérol mmol/l	01,50±0,15	01,44±0,19	01,52±0,23	<i>Dubreuil et al, 2005</i> 1,52 - 1,76	NS
Triglycérides mmol/l	0,86±0,32	0,83±0,12	0,83±0,12	<i>Karapehliyan et al, 2007</i> 0,85 ± 0,01.	P<0,05

Chaque valeur représente la moyenne de 10 échantillons suivie de l'écart type. P<sub>1</sub> : premier prélèvement. P<sub>2</sub> : deuxième prélèvement. P<sub>3</sub>: troisième prélèvement. P<0,05: effet significatif. NS: non significatif.

### 3- Matériels et Méthodes

#### 3.1- Suivi de la croissance

A l'aide d'une balance à aiguille de portée maximale de 200 kg et ayant une précision de 100g, la pesée des poids vifs des agneaux était mesurée chaque mois de la saison de printemps 2014, durant toute la phase expérimentale sur chaque animal. Ce contrôle de croissance des animaux a permis de calculer le gain moyen (GM) des trois phases: début et fin du mois de la saison. Au terme de chaque période, les poids vifs et les gains de poids sont illustrés dans le tableau 16.

Gain de poids (Kg) = poids en fin d'expérimentation – poids au début d'expérimentation.

#### 3.2- Abattage des animaux

Avant l'abattage, les agneaux ont été mis à jeun durant 12 heures sans privation d'eau en vue d'expulser le contenu d'aliments des réservoirs gastriques des animaux afin d'éviter la contamination des carcasses après la saignée. Pour ce faire, trente agneaux de race Rumbi, ayant un âge moyen de 7 mois et à un poids moyen de 32,2 kg ont été abattus dans l'abattoir commercial, après des réaménagements effectués conformément aux normes d'hygiène. Le traitement des carcasses consistait en des opérations successives d'enlèvement de la toison et d'éviscération n'excédant pas 15mn pour chaque animal abattu.

Les carcasses ont subi un ressuage à 4°C/12h avant de procéder à leur fente en demi carcasse pour pouvoir prélever des échantillons pour analyse. Après avoir acheminé ces échantillons au Laboratoire de technologie alimentaire et nutrition université de Mostaganem sous froid, ils ont été conditionnés dans de l'aluminium et conservés à -20°C pour les analyses ultérieures. Les échantillons de viande ont été prélevés pour analyser la composition chimique principalement les lipides totaux, ainsi que le profil en acides gras. Une analyse sensorielle a également été conduite afin de mesurer l'impact de l'herbe sur la nature des composés aromatiques des viandes .

## 4- Résultats et Discussion

### 4.1- Evolution des performances zootechniques

L'évolution du poids vifs et des vitesses de croissance des agneaux issus des différents systèmes d'élevage réalisés au cours des différentes périodes de finition (du mois de Mars à mai de Juin 2014) sont rapportés dans le tableau 16.

**Tableau 16: Performances de croissance des agneaux élevés dans différents systèmes de production**

	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa	SEM	Effet régime
Poids d'agneaux début du mois 1 (kg)	34,04	35,40	34,35	3,92	P<0,05
Poids d'agneaux à l'abattage (kg)	42,06	47,72	49,87	3,86	P<0,05
<b>Gain de poids (kg / 3mois)</b>	<b>08,02</b>	<b>12,32</b>	<b>15,34</b>	1,25	<b>P&lt;0,05</b>

n =10. SEM : Erreur standard de la moyenne

Au démarrage de l'expérience, les agneaux ont un poids vif moyen de 34,04 kg, 35,40Kg et 34,35Kg pour les lots: Tiaret (0% concentré), Djelfa (30% concentré) et Ghardaïa (70% concentré), respectivement. Cela peut être justifié par la diversité floristique et l'abondance de graminées et de légumineuses notamment *Lotus pendiculatus* et *Trifolium refens*. L'incorporation de l'aliment concentré à différent taux en Djelfa et Ghardaïa a un effet significatif sur le poids d'abattage par rapport aux agneaux alimentés uniquement des pâturages à Tiaret (47,72 et 49,87 vs. 42,06) (P<0,05). Ces différences observées s'expliquent selon *Petron et al., (2006)* par l'abondance de l'énergie dans l'aliment concentré et une faible perte de thermogenèse, conditions climatiques (T° du milieu).

Au-delà du 1<sup>er</sup> mois, les animaux issus des pâturages de Ghardaïa et Djelfa ont présenté de meilleurs gains de poids (Figure 19, 20), due vraisemblablement à une meilleure valorisation digestive de leurs rations (*Santra and Karim, 1999*). Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que les légumineuses sont riches en tannins et en acides aminés dont principalement la méthionine et la lysine. Ceci offre un apport d'azote alimentaire de qualité aux protozoaires du rumen qui leur permet une meilleure prolifération (multiplication, développement). A cet effet, *Jarrige et al., (2002)* rapportent que plus l'aliment est riche en protéines, mieux sont les performances. En effet, les études faites par *Vasta et al., (2009b)* ont montré que la supplémentation en tannins augmente la proportion des protozoaires (P<0,0005) chez les ovins. Ainsi, l'alimentation des graminées par les ovins a maintenu une activité microbienne optimale ce qui laisse entrevoir que cette source protéique locale peut conduire à des performances animales au moins équivalentes à celles réalisées en utilisant le tourteau de soja (*Hammami, 2011*). En outre, l'introduction d'orge dans l'aliment concentré et l'utilisation des légumineuses caractérisé par sa fraction protéique rapidement dégradable, environ 90%, (*INRA, 1988*) doivent optimiser la synthèse des protéines microbiennes dans le rumen.

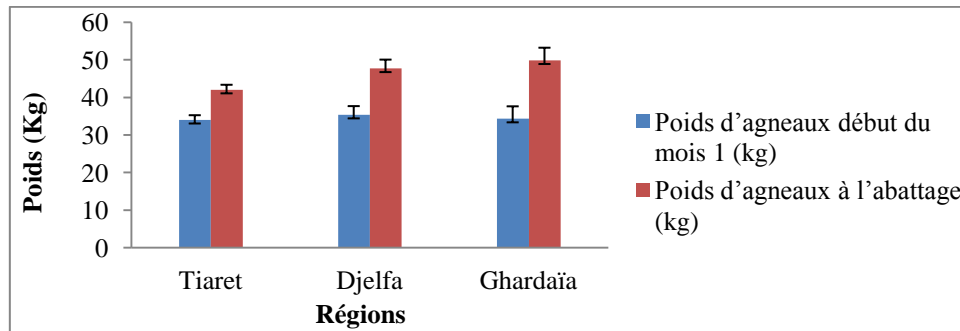


Figure 19. Evolution du poids vifs des agneaux issus des différents systèmes d'élevage.

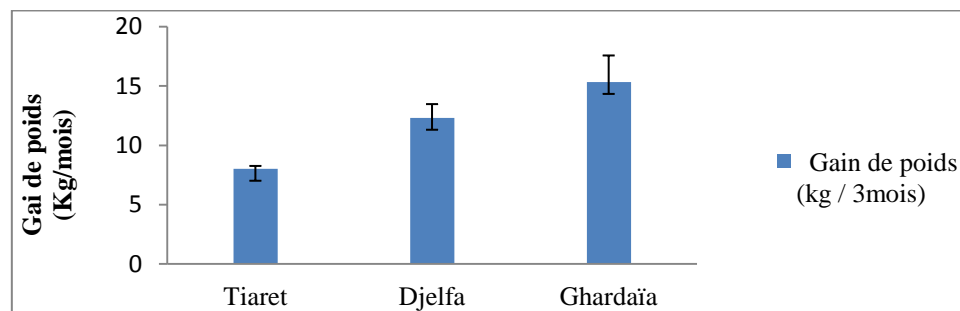


Figure 20. Evolution du gain poids des agneaux issus des différents systèmes d'élevage.

Les agneaux du lot Ghardaïa ont réalisé un gain moyen de poids de 15,34 kg contre 12,32 kg pour ceux du lot Djelfa et 8,02 kg pour ceux du lot Tiaret (Figure 20). Les variations du niveau des apports alimentaires et la nature du régime apportés ont la plus grande influence sur l'état d'engraissement et ce par la variation de la quantité et de la qualité des dépôts adipeux formés (*Cinqmars, 2001*). Comparant les performances de croissance entre les trois systèmes de production ayant reçu des taux différents de l'aliment concentré (0% à Tiaret, 30% en Djelfa et 70% à Ghardaïa), l'analyse statistique montre un effet significative ( $p > 0,05$ ) (Tab 16) du régime alimentaire entre les trois régions sur leur poids corporel ovin du début jusqu'à la fin de saison et sur le gain moyen mensuel. Selon *El Affifi et al., (2015)* les agneaux des traitements d'herbe ont présenté des poids vifs à l'abattage nettement inférieur ( $P < 0,001$ ) comparativement aux agneaux du traitement C qui ont fait une meilleure conversion alimentaire (24,23 Kg vs. 48,04 Kg). Du même, le GMQ des agneaux du traitement herbe (130 g/jr) a été inférieur à celui des agneaux du traitement au concentré (360 g/jr), des teneurs d'ordre (0,13 Kg/jours vs. 0,36 Kg/jour) ont été noté respectivement. La vitesse de croissance des animaux de ferme est lié au renouvellement des protéines musculaires. Ainsi, plus l'équilibre des protéines musculaires est positif, plus les performances de croissance des animaux de ferme rendent ce paramètre économiquement essentiel dans la production de viande. En outre, le maintien de l'équilibre maximal des protéines musculaires positives tout au long de la vie des animaux de ferme avec une consommation minimale d'alimentation (taux de conversion alimentaire supérieur) est décisive pour la charge environnementale pendant la production (*Andersen, 2005*).

# Chapitre 3

*Effets du régime alimentaire  
sur la qualité nutritionnelle  
de la viande d'agneau issue  
des différents systèmes  
d'élevage.*

À cause de l'hydrogénation ruminale de leurs AG, les lipides de la ration ont peu d'influence sur la composition en AG des tissus adipeux des ruminants en comparaison avec les monogastriques. Cependant, des différences de composition en AG entre les agneaux élevés au pâturage et ceux élevés avec des rations à base d'aliments concentrés sont maintenant bien établies (*Bas et Morand-Fehr, 2000*). La qualité de la viande d'agneau est un aspect important pour les producteurs et les consommateurs. Cette importance est exprimée par un marché qui est très compétitif par rapport aux autres viandes. En effet, la qualité de la viande d'agneau est influencée par plusieurs facteurs notamment l'alimentation et les systèmes de production.

En Algérie la multitude des systèmes de production influe sur la qualité de la viande d'agneau notamment celle qui proviennent des animaux des élevages de la steppe (pâturages steppiques), mais la question reste souvent posée de la qualité des produits de ce système de production par rapport aux autres systèmes y compris les hauts plateaux et le Sahara. Afin de confirmer cette hypothèse, ce travail est focalisé sur la viande d'agneau issue de trois régions, à savoir Tiaret, Djelfa et Ghardaïa.

Cette étude vise de penser à chercher des terroirs en vue d'améliorer cette richesse de la flore Algérienne. Dans ce cadre, le présent travail porte sur :

- Caractérisation de la viande d'agneau selon différentes qualités de pâturages sur le plan diététique et nutritionnel.
- Etudier l'effet de l'alimentation sur la valeur nutritionnelle et sensorielle de la viande d'agneau Algérien .

### **1- Matériels**

Les prélèvements ont concerné les muscles du *Longissimus dorsi* et ceux du *Biceps femoris*. L'analyse a porté sur la viande crue issue des différents systèmes d'élevage. Le poids des échantillons est équivalent à 250g pour chaque échantillon de viande de chaque muscle et de chaque carcasse après maturation. L'ensemble des aliquotes ont été étiquetées, numérotées, conditionnées dans un papier aluminium, puis emballées dans un sac en plastique et conservés à -20°C pour les analyses ultérieures.

Une partie des prélèvements de la viande a été conservée, pour lui faire subir un préchauffage à 100°C pendant 15 minutes en vue de mesurer l'impact du régime alimentaire sur la nature des composés aromatiques de la viande selon les différentes qualités de pâturages.

### **2- Méthodes :**

La quasi-totalité des analyses et des dosages ont été effectuée au "Department of Food Technology, Nutrition and Food Science, Veterinary Faculty University of Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Espinardo, Murcia, Spain" en 2015 et 2016, et au laboratoire de technologie alimentaire et nutrition de l'université de Mostaganem durant 2014 et 2015.

**2.1- Dosage de la matière sèche NFV 3903 AFNOR, (1985)**

Une prise d'échantillon est desséchée jusqu'à une masse constante dans une étuve isotherme à une température de  $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant 24h.

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

**2.2- Dosage de la matière minérale (NFV 15-101-AFNOR, 1985).**

La teneur en cendres brutes est conventionnellement le résidu de la substance après incinération de la matière organique pendant 3 à 4h à  $550^{\circ}\text{C}$  dans un four à moufle.

$$\% \text{ Matière Minérale} = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_2} \times 100$$

**2.3- Dosage des protéines brutes (Méthode Kjeldahl AOAC, 1990)**

Le dosage des protéines s'effectue en 3 étapes:

- **Étape 1** : Minéralisation de l'échantillon qui consiste à transformer l'azote organique en azote ammoniacal ( $\text{NH}_3$ ), oxydation de la MO dans l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentré en présence d'un catalyseur. Le  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré a pour but d'oxyder l'azote organique en azote amoniacal ( $\text{NH}_3$ ). Il sert également à piéger l'ammoniac gazeux sous forme de sulfate d'ammonium  $\text{NH}_3\text{SO}_4$ , par action de la base avec l'acide. L'addition du sel  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , a pour but d'élever le point d'ébullition de la solution pour accélérer la réaction de minéralisation de la matière organique. Le catalyseur utilisé est constitué de Mg (HgO); Cu( $\text{CuSO}_4$ ) et de sélénium.
- **Étape 2**: Avant de distiller l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) à la vapeur d'eau, on doit libérer l'ammoniac sous forme de sel  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , par addition d'une solution concentrée de soude en excès, l'ammoniac est ensuite distillé par la vapeur d'eau et piégé dans une solution d'acide borique. La réaction de  $\text{NH}_3$  avec l'acide borique forme des sels de borate d'ammonium.

**- Etape 3: titrage de l'ammoniac**

L'ammoniac sous la forme de borate d'ammonium est titré par une solution d'acide sulfurique standardisé. Calcul de la teneur en protéine brutes

$$(\text{PB en \% de produit brute}) = \frac{(V_1 - V_0) \times \text{TX}0.014 \times 6.25 \times 100}{m}$$

**2.4- Extraction des lipides**

Les lipides sont extraits suivant la méthode de *Folch et al., (1957)*. Cette technique est réalisée sur la majorité des tissus prélevés et sur les régimes alimentaires fournis aux animaux.

Brièvement, 10 g de l'échantillon de muscle (*Biceps femoris* ou *Longissimus dorsi*) et ou 30g du régime alimentaire est homogénéisée dans un mélange de solvants (chloroforme/méthanol 2v/1v) à 12 000 tpm/1-1,5 min. Le broyat est filtré sur un verre fritté poristé additionné de 23 ml de NaCl, une décantation est faite pour 02heures. La phase inférieure est additionnée de 50 ml d'une solution de «rinçage» (Folch/NaCl à 0,58 %, 80/20) afin d'extraire les éventuelles traces de lipides et mise en

décantation pendant 15 min. La phase inférieure est elle aussi filtrée sur sodium sulfate anhydre et additionnée au précédent filtrat. Le mélange chloroforme lipides est mis à évaporer sous vide.

Après évaporation du chloroforme, les résidus secs de lipide sont pesés. La teneur en lipides est donnée par la différence entre le poids des ballons d'évaporation à vide et à sec + résidus lipidiques. Elle est exprimée en pourcentage du poids du tissu frais.

$$\% LT = (\text{Poids ballon plein} - \text{poids ballon vide}) \times 100 / \text{poids de l'échantillon}.$$

#### **2.4.1- Estérification par Méthylation**

C'est l'étape qui précède le passage à la chromatographie en phase gazeuse (CPG) Les esters méthyliques d'acides gras extraits sont préparés au trifluorure de bore ( $\text{BF}_3$ ) selon la méthode décrite par *Granados Ma, (2001)*. Une fraction des lipides totaux extraits (25 à 30 mg) est saponifiée à chaud ( $70^\circ\text{C}$ ) pendant 15 min dans 1 ml de solution de NaOH (0,5 N) dissoute dans du méthanol. L'acide margarique (C17:0) sert d'étalon interne et rajouté à cette étape. Les acides gras saponifiés sont convertis en esters méthyliques au cours d'une méthylation (15 min à  $70^\circ\text{C}$ ) dont le catalyseur est le  $\text{BF}_3$ . Après l'addition de 6ml d'eau pour neutraliser l'excès en trifluorure de bore, les esters sont repris par addition de 1ml de pentane.

La phase supérieure composée de pentane et d'esters méthyliques est recueillie est recueillie avec une pipette dans un pilulier annoté et adéquat pour une analyse en CPG. Si la lecture n'est pas immédiate, les échantillons sont conservés à  $-20^\circ\text{C}$ .

#### **2.4.2- Passage à la chromatographie phase gazeuse (CPG) :**

La composition en acides gras est réalisée sur les extraits des échantillons de viande et des prises d'essai sur les aliments (Herbe des pâturages, foin et de l'aliment concentré). Les esters méthyliques d'acides gras sont analysés par la chromatographie phase gazeuse, équipée d'un détecteur à ionisation de flamme et muni d'un passeur automatique d'échantillons, et d'une colonne capillaire polaire en silice avec une phase stationnaire de 80% de biscyanopropyl et 20% de cyanopropylphényl siloxane. L'échantillon liquide d'acides gras est injecté dans la colonne à l'état vaporisé. Les signaux émis à la sortie des AG sont enregistrés sous forme de pics qui constituent le chromatogramme.

#### **2.5- Potentiel hydrogène pH :**

Le pH des échantillons de viande (crus et cuits) a été déterminé avant et après cuisson selon la norme **Afnor Nf ISO 10-390**. Une masse de 20g de matière sèche est mise dans 100 ml d'eau distillée. La suspension est homogénéisée à l'aide d'un homogénéisateur « ultra thurax : pendant 15 minutes. La mesure du pH se fait directement par lecture sur un pH-mètre.

### 3- Résultats et Discussion

#### 3.1- Composition physicochimique de la viande:

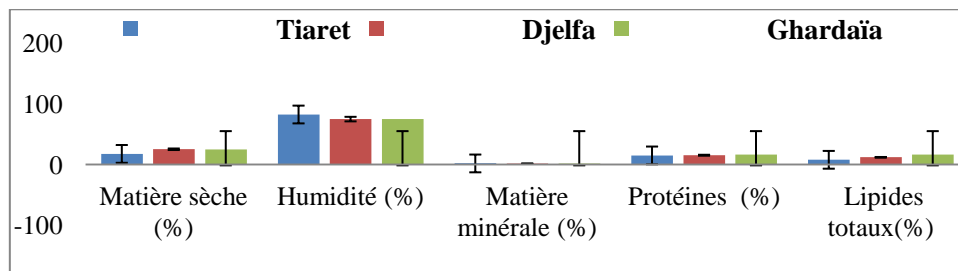
L'analyse statistique des résultats révèle que le régime alimentaire affecte significativement la composition de la viande en terme matière sèche et minérale, et humidité ( $P<0,05$ ), par contre le type du muscle ne présente aucun effet significatif (tab 17).

**Tableau 17: Composition biochimique de la viande crue.**

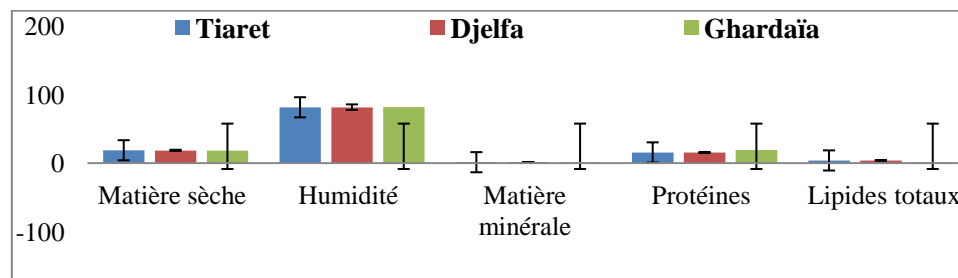
Chaque valeur est la moyenne de ( $n=10$ ). SEM : Erreur standard de la moyenne.

Site anatomique Régions	Côtes				Gigots				Effet facteur	
	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa	SEM	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa	SEM	Régimes	Muscles
Matière sèche (%)	17,45	25,11	24,95	1,30	18,67	18,46	18,37	2,72	$P<0,05$	NS
Humidité (%)	82,48	74,88	74,99	1,34	81,32	81,53	81,63	2,80	$P<0,05$	NS
Matière minérale (%)	1,72	1,30	1,41	0,45	1,22	1,38	1,65	1,12	$P<0,05$	NS
Protéines (%)	14,91	15,25	16,18	1,35	15,5	15,41	19,07	3,01	$P<0,05$	$P<0,05$
Lipides totaux(%)	7,70	11,78	16,44	1,94	03,80	3,86	1,56	1,56	$p<0,001$	$p<0,05$

Les teneurs en protéines s'avèrent significativement plus importantes dans les deux muscles qu'elle que soit la région, avec une prédominance enregistrée pour le muscles des gigots d'agneaux de Ghardaïa en comparaison avec ceux des agneaux nourris aux pâturages de Tiaret et de Djelfa (19,07 vs. 15,5 et 15,41)( $P<0,05$ ), respectivement. Cependant, le taux de la matière grasse est significativement plus important dans les muscles des côtes d'agneau de Ghardaïa (16,44 vs. 7,70 et 11,78)( $P<0,001$ ), respectivement (Fig 21, 22).



**Figure 21: Composition biochimique des muscles des côtes crues.**



**Figure 22: Composition biochimique des muscles des gigots crus.**

### 3.2- Le profil des Acides gras :

La viande présente une composition très variable dépendante de nombreux facteurs tels que l'espèce animale et le muscle considérés, mais aussi de facteurs biologiques (âge, sexe, race), des conditions d'élevage (vitesse de croissance, type des régimes) (Wood *et al.*, 2008; Nuernberg, 2009).

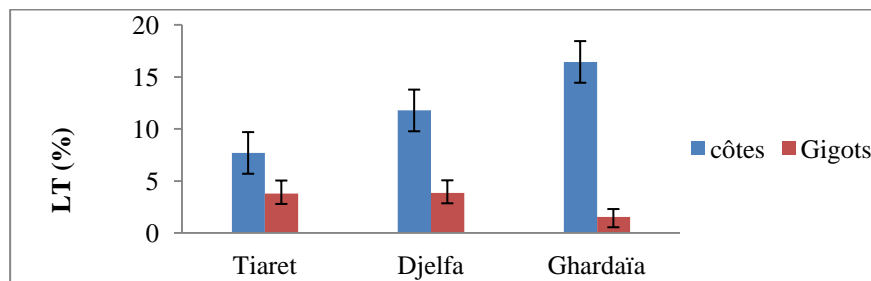
La composition en (AG) des muscles des différents groupes d'agneaux sont représentés dans le tableau 18. Le profil lipidique de la viande des agneaux ayant reçu un complément concentré (Djelfa et Ghardaïa) présente des pourcentages considérables en acides gras saturés notamment en C16:0, C18:0. Du même pour les AGMI à savoir, C16:1, C18:1 n-9c et les AGPI notamment C20:4n-6 par rapport à celui généré dans les muscles des agneaux alimentés d'herbe à Tiaret (Tableau 18).

**Tableau 18.** Composition en acides gras (% AG identifiés) dans les muscles *Longissimus dorsi* et *Biceps fémoris* des agneaux élevés dans différents systèmes d'élevages.

	Côtes			Gigots			SEM	Effets facteurs	
	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa		Régime	Muscle
<b>LT (%)</b>	7,70	11,78	16,44	01,94	03,80	3,86	1,56	P<0,001	p<0,05
C14:0	2,77	03,77	2,94	3,9	2,53	2,82	0,53	NS	NS
C14:1	0,12	0,15	0,12	0,13	2,11	0,12	0,29	NS	NS
C16:0	22,33	23,77	23,96	22,80	23,13	23,39	1,47	p<0,05	NS
C16:1	2,08	2,79	2,25	1,96	2,39	2,24	0,26	p<0,05	NS
C18:0	15,52	16,10	17,65	19,30	16,49	19,15	0,76	NS	p<0,05
C18:1 n-9t	3,33	3,78	2,49	3,07	1,81	2,21	0,36	p<0,005	NS
C18:1 n-9c	36,40	39,46	36,92	34,8	41,47	37,88	0,96	p<0,005	NS
C18:2t n-6	0,14	0,26	0,13	0,42	0,18	0,15	0,11	NS	NS
C18:2c n-6	3,15	4,88	2,97	3,21	2,97	2,94	0,23	p<0,05	p<0,05
C18:3 n-6	0,16	0,26	0,12	0,19	0,23	0,35	0,04	p<0,001	p<0,05
C18:3 n-3	0,35	0,86	0,25	0,49	0,28	0,21	0,02	p<0,001	p<0,05
C20:0	0,18	0,21	0,12	0,16	0,08	0,11	0,01	p<0,001	NS
C20:1 n-9	0,15	0,31	0,13	0,10	0,09	0,11	0,02	p<0,001	NS
C20:3 n-6	0,14	0,24	0,25	-	0,2	-	0,04	p<0,05	p<0,05
C20:4 n-6	1,21	1,56	1,62	0,12	-	0,30	0,07	p<0,05	p<0,05
C20:4 n-3	0,34	0,28	0,32	-	-	-	0,07	p<0,05	p<0,05
C20:5 n-3	0,40	0,38	0,37	-	-	-	1,76	NS	p<0,05
C22:5 n-3	0,39	0,38	0,37	-	-	-	0,73	p<0,001	NS
C22:6 n-3	0,46	0,49	0,52	-	-	0,24	0,48	p<0,05	NS
AGS	47,73	48,28	48,73	49,65	48,28	48,13	0,25	p<0,05	NS
AGMI	46,99	47,76	43,55	44,79	47,76	43,55	1,11	NS	NS
AGPI	12,99	14,74	13,9	14,46	15,56	14,76	1,63	p<0,05	p<0,05
n-6	4,80	7,20	5,09	3,94	7,20	3,74	0,53	p<0,001	p<0,05
n-3	1,39	2,39	1,83	0,49	2,39	0,45	0,04	p<0,001	p<0,05
n-6/ n-3	3,45	3,01	2,78	8,04	5,67	8,31	0,17	p<0,001	p<0,05
LA/ALA	9,00	5,67	11,88	6,55	10,61	14	0,14	p<0,001	p<0,05
AGPI/AGS	0,27	0,30	0,28	0,29	0,32	0,31	0,17	p<0,001	p<0,05

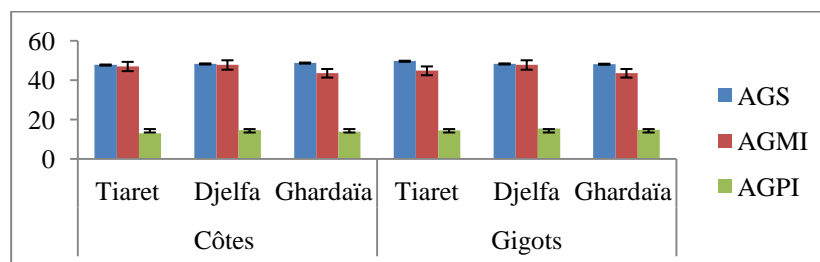
n= 10. SEM : Erreur standard de la moyenne.

Le profil des acides gras de la viande est donc fortement influencé par la composition en acide gras du régime (Tab 18). La viande crue d'herbe issue de Tiaret, a présenté un taux moyen, inférieur en LT en comparaison à celle produite à base de concentré en Djelfa et Ghardaïa (7,70 vs. 11,78 vs. 16,44 %,  $P < 0,001$ ), respectivement (Fig 23). Cela pourrait être expliqué d'une part par une diversité botanique supérieure trouvée à Tiaret et Djelfa que dans Ghardaïa, et d'autre part par l'abondance des légumineuses, telles que *Lotus pedunculatus* et *Trifolium repens* (trèfle blanc). En effet, ces observations sont en accord avec celles de *Velasco et al., (2001)*; *Andøy et al., (2005)*, relatives à la pauvreté de l'herbe en énergie (*Popova et al., 2006*). On constate que la teneur des lipides totaux est affectée par le régime du même par le type du muscle (Fig 23).



**Figure 23: Teneur des lipides intramusculaires des côtes et gigots crus (g/100g de viande).**

L'analyse statistique a fait ressortir des teneurs plus élevées ( $P < 0,001$ ) en lipides totaux pour les côtes (16,44%), et les gigots (3,86%) des ovins de Ghardaïa (Fig 23) comparativement aux autres systèmes alimentaires. Le dépôt important du gras est proportionnelle à l'énergie disponible sous forme d'hydrate de carbone dans l'aliment concentré (*Majdoub et al., 2001*) et la synthèse lipidique de novo (*Scollan et al., 2005*). L'impact de la composition lipidique de la ration sur la composition en acides gras dans le muscle est plus faible chez les ruminants que chez les monogastriques. Ceci provient du phénomène de la biohydrogénation ruminale spécifique aux animaux polygastriques où une forte proportion des acides gras insaturés de leur ration alimentaire est hydrogénée dans le rumen de sorte que les acides gras intramusculaires soient moins insaturés que ceux des volailles (*Hocquette et Bauchart, 1998*). On constate d'après nos résultats que les proportions en AGS, AGMI n'ont pas été affectées ni par le régime ni par le type de muscle et se présentent à des teneurs importantes dans toutes les régions pour les deux types de muscles (Fig 24).



**Figure 24: Teneur des AGS, AGMI, AGPI des côtes et des gigots crus (g/100g de viande).**

Les résultats des AGS étaient similaires à ceux de *Velasco et al., (2001)*; *Aurousseau et al., (2004)*. En outre, les résultats obtenus par *Gatellier, (2005)* sur les acides gras monoinsaturés corroborent nos résultats. En termes de pourcentage, les teneurs respectives en acides palmitique et stéarique représentent les deux acides gras majeurs de la viande de mouton. Le taux du C16:0 est plus important dans les muscles des côtes et des gigots d'agneaux Ghardaïa (23,96% et 23,39%), respectivement, mais aucun effet significatif n'a été enregistré, ce qui confirme la valeur enregistrée par *National Research Council, (2001)*. Ils atteignent 48,73% et 49,65% des AGS totaux, respectivement dans les muscles de côte et de gigot des ovins issus de Ghardaïa et Tiaret, respectivement (Tab 22). Pour les acides gras insaturés, l'analyse de la composition en ces acides gras laisse apparaître que l'acide oléique est le plus représentatif des AGMI pour la viande. Le C18:1 n-9c est plus élevé dans les gigots (41,47% vs. 34,8% et 37,88%) que dans les muscles des côtes (39,46% vs. 36,40% et 36,92%) des agneaux issus de Djelfa par rapport à ceux élevés à Tiaret et Ghardaïa, respectivement. Ces résultats sont en accord avec *Popova et al., (2006)*; *Chilliard et al., (2007)* et restent significativement supérieurs à la teneur de 30% observée par *Srinivasan, (1976)* pour la viande de mouton. Pour la somme des AGPI, nos résultats révèlent une proportion légèrement supérieure ( $p < 0,05$ ) dans le groupe de Djelfa comparativement à celle de la viande issue des parcours de Tiaret et Ghardaïa dans les muscles des côtes (14,74% vs. 12,99%, 13,9%) et ceux des gigots (15,56% vs. 14,46%, 14,76%), respectivement, (Fig 24), ces résultats sont similaires à *Ádnóy et al., (2005)*. L'importante proportion en AGPI présente dans les muscles des agneaux issus de Djelfa était le résultat des proportions en 18:2 n-6 et 18:3 n-3 présents dans ces tissus. *Lourenco et al., (2008)* ont rapporté que les agneaux nourris d'un mélange de graminées et de légumineuses avaient des proportions élevées en AGPI dans le tissu musculaire que ceux nourris uniquement d'herbe. *Nurnberg et al., (1998)* ont constaté que l'alimentation des pâturages réputées être très riches en AGPI, augmente la qualité de C18:3 et leurs homologues dans les longues chaînes chez les agneaux. L'acide linoléique (C18:2 n-6), constitue le nutriment essentiel de la viande, il se présente aussi bien dans les côtes d'agneaux issus de Djelfa et dans les gigots des ovins de Tiaret avec des proportions d'ordre 4,88% et 3,21% ( $p < 0,05$ ), respectivement. Selon *Bas et al., (2005)*, les graines oléagineuses riches en AGPI modifient différemment la composition en acides gras du tissu adipeux. Ainsi, un régime de céréales enrichi par 24% de graines de colza, réduit la teneur en C16:1 au profit du C18:2 avec beaucoup de C18:1 et du C18:2 n-6 au niveau de muscle par rapport au tissu adipeux (*Flachowsky et al., 1994*). L'alimentation joue un rôle crucial dans le déterminisme de la qualité des tissus adipeux. Il a été démontré que chez les ruminants, la nature des lipides apportés par l'alimentation influe fortement sur la composition en AG déposés dans les tissus (*Geay et col., 2001*). L'herbe et ses dérivés renferment environ 3% de lipides constitués de 50% de galactolipides à

prédominance de C18:3, C18:2, C18:0 et approximativement 25% de phospholipides (Jarrige *et al.*, 1995; Harfoot et Hazelewood., 1997). En revanche, les régimes riches en céréales provoquent une élévation des teneurs en AGPI n-6 (Enser, 1998).

Globalement, les teneurs en AGPI de la viande de gigot sont légèrement meilleures dans le groupe Djelfa et Ghardaïa comparativement à celles provenant de Tiaret (tableau 13), Comparés à la somme des acides gras polyinsaturés (AGPI), l'acide linoléique et l'acide linoléique représentent les plus grandes proportions dans les côtes d'agneaux de Djelfa (4,88% et 0,86%) et dans les gigots des ovins issus des pâturages de Tiaret (3,21% et 0,49%), respectivement (Fig 25). Les concentrations en C18:3 n-3 dans la viande d'agneaux issus des pâturages dépendent des espèces végétales et du stade de croissance phénologique (Boufaied *et al.*, 2003). Le taux trouvé dans le muscle de gigot issu du régime steppique, semble être en conformité avec les teneurs observées par Berian et Horcada, (2002) qui notent des valeurs de 0,42% vs 1% (Fig 25).

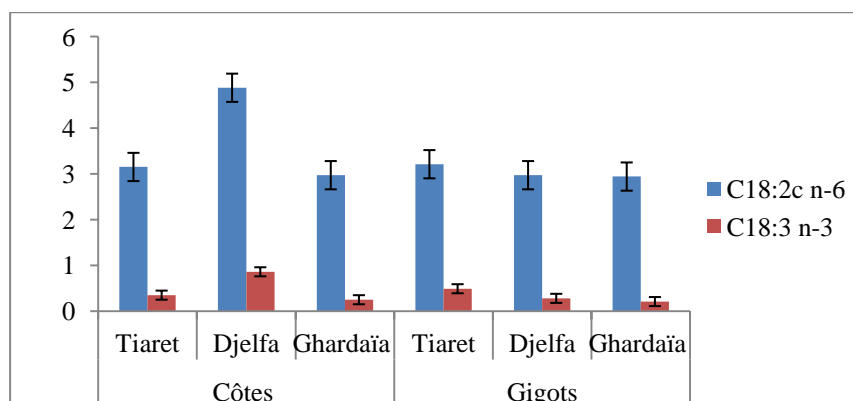


Figure 25. Teneur en C18:2 n-6 et C18:3 n-3 des côtes et des gigots crus (g/100g de viande).

De leur côté, Gonthier *et al.*, (2004) observent une variation de 1,7% à 6,6% avec un régime contenant le grain de lin. Il est important de signaler que ces deux acides gras ont une origine exclusivement alimentaire, ils doivent donc être apportés par l'alimentation. French, (2002); Scollan *et al.*, (2005), rapportent que la consommation d'herbe favorise l'incorporation d'AGPI n-3 dans les lipides musculaires et améliorerait la valeur santé de la viande. Cependant, la teneur en C18:3 n-3 de l'herbe est variable selon le stade végétatif. Les teneurs en AGPI à longue chaîne ont augmenté de façon significative: C20:4 n-3 ( $p < 0,05$ ), C22:5 n-3 ( $p < 0,001$ ), C22:6 n-3 ( $p < 0,05$ ), en vue d'échapper au processus d'hydrogénation du rumen (Wood *et al.*, 2003).

Les différences observées entre les proportions des AGPI approuvent les résultats de la littérature concernant l'effet de l'alimentation des ruminants en herbe ou en céréales sur la composition en acides gras de la viande (Sañudo *et al.* 2000 et Piasentier, 2003). C20:3n-6 et C20:4 n-6 ont présenté des teneurs plus élevées dans les muscles d'agneaux nourris de concentré par rapport à ceux alimentés d'herbe à Tiaret.

La somme des AGPI n-3 était significativement plus élevée à Djelfa que Tiaret et Ghardaïa (2,39 vs 1,39 et 1,83, respectivement) ( $p < 0,05$ ), en raison des teneurs en AGPI n-3 contenus dans le régime d'herbe (0,89 vs 0,85 et 0,83), tel que rapporté par *McAfee et al. (2010)*.

Les rapports AGPI/AGS dans les muscles des gigots sont de l'ordre de 0,32% pour Djelfa et de 0,29%, 0,31% respectivement pour Tiaret et Ghardaïa. Du même, pour les muscles des côtes (0,30% vs. 0,27% et 0,28%)( $p < 0,05$ ), respectivement (Fig 26).

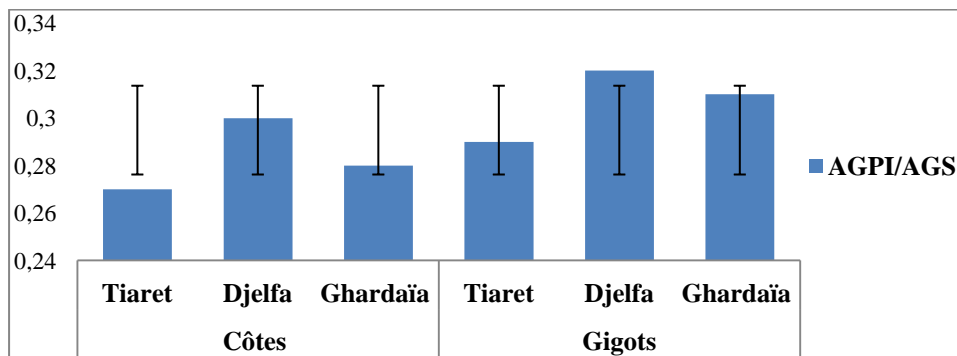


Figure 26: Teneur du ratio AGPI/AGS des côtes et des gigots crus (g/100g de viande).

Ces résultats demeurent inférieures à la valeur de 0,45 recommandée en nutrition humaine (*Wood et al, 2008*). L'amélioration de ce rapport dans le lot parcours a été discutée par *Scollan, 2006; Wood, (2008)*. Elle pourrait être associée à une réduction de la bio hydrogénation dans le rumen, suite à la présence de polyphénols. D'après les résultats obtenus, on constate que le rapport n-6/n-3 est significativement important dans les côtes d'agneaux élevés à Tiaret (3,45%) qu'à Djelfa (5,67%) et Ghardaïa (2,78%), alors que pour le muscle des gigots, des teneurs plus importantes ont été notées pour les muscles des agneaux de Ghardaïa et de Tiaret en comparaison avec celles trouvées à Djelfa (8,31% et 8,04% vs. 5,67%)(Fig 27).

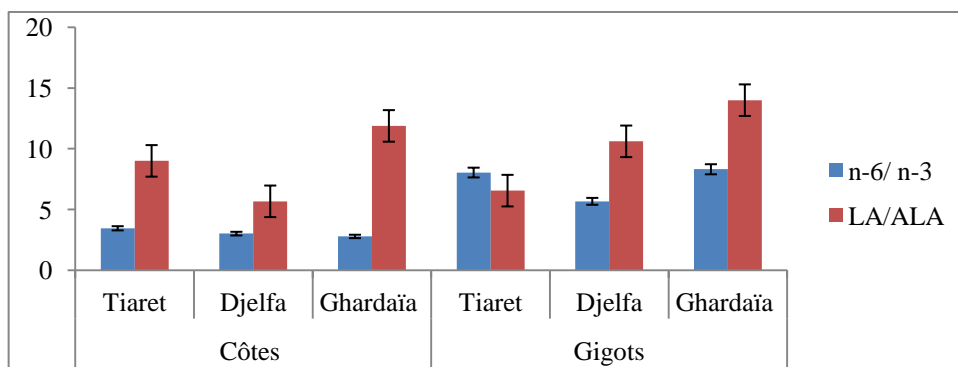


Figure 27: Teneurs des ratios n-6/n-3 et LA/ALA des côtes et des gigots crus (g/100g de viande).

La teneur en AGPI n-3 des lipides intramusculaires est fortement augmentée et le rapport C18:2 n-6 /C18:3 n-3 diminué (inférieur à 4), rendant la composition en acides gras de la viande plus conforme aux recommandations des nutritionnistes (*Gibny, 1993; USA département of agriculture 2000*).

Le rapport n-6/n-3 de la viande reste élevé à la valeur de 5 recommandée par *Martin, (2001)*, *Normand et al., (2005)* pour la viande de ruminants. Cependant, *Wood et al., (1999)* affirment que ce rapport doit être inférieur à 4 pour répondre aux ANR (apports nutritionnels recommandés) sans modifier les habitudes alimentaires, la solution consiste donc à enrichir naturellement les viandes en acides gras bénéfiques à la santé humaine via l'alimentation des animaux (*Mourot et Hemier., 2001 ; Scollan et al., 2005*) tel est le cas de l'herbe verte qui a permis une valeur santé encourageante. Il semble que malgré le phénomène de biohydrogénation spécifique aux ruminants, des petites quantités mais très significatives échappent à ce processus et s'accumulent dans le tissu adipeux intramusculaire (*Bauchart et al., 2005 ; Givens., 2005*). *Dufey et Colomb, (2008)* ont rapporté que les concentrations des acides gras sont différentes selon le régime alimentaire. Les systèmes d'alimentation basés sur des pâturages plutôt que sur du concentré augmentent le rapport AGPI/AGS des lipides musculaires de bovins (*Scollan et al., 2006*). Ils restent élevés et loin du seuil recommandée pour la nutrition humaine (oméga6/oméga3 <4, *Wood 2008*). Par ailleurs, l'alimentation des agneaux sur parcours a augmenté la part des acides gras longs polyinsaturés du type n-3, ce qui confirme les résultats d'*Aurousseau, (2004)*. *McAfee, (2010)* a discuté l'utilité de ce rapport oméga 6/oméga 3. Il semble plus intéressant de tenir compte de l'apport global en oméga 6 et en oméga 3, étant nécessaires pour la santé humaine, vue l'effet positive des AGPI de la famille n-3 sur la réduction des risques de maladies cardiovasculaires. Cet effet bénéfique de la consommation d'herbe au pâturage sur le dépôt préférentiel d'AGPI n-3 dans la viande est proportionnel à la durée de la consommation d'herbe (*Noci et al., 2005*) et à l'absence de suppléments en phase de finition (*Moreno et al., 2008*).

### 3.3- Teneur en pH

L'analyse de variance pour les résultats du pH a fait ressortir que le type de muscle a un effet significatif ( $P < 0.05$ ) sur l'évolution du pH dans le gigot et dans la côte pour l'ensemble des régions (Tiaret, Djelfa et Ghardaïa) (Tab 19).

**Tableau 19. pH des côtes et des gigots crus**

Ph	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa	SEM	Effet région	Effet muscle
Côtes	5,28	5,19	5,21	0,38	NS	P < 0,05
Gigots	5,20	5,12	5,15	0,31	NS	P < 0,05

(n=10, ± écart type,  $P < 0,05$  : effet significatif, NS : effet non significatif).

Nous avons constaté que le pH était plus important dans la viande issue de la région Tiaret, soit 5,28 dans la côte et 5,20 pour le muscle du gigot (Fig 28). Le pH des agneaux nourris par une alimentation à base d'herbe et d'autres à base des concentrés, varie en fonction de leur alimentation (*CIV, 2011*).

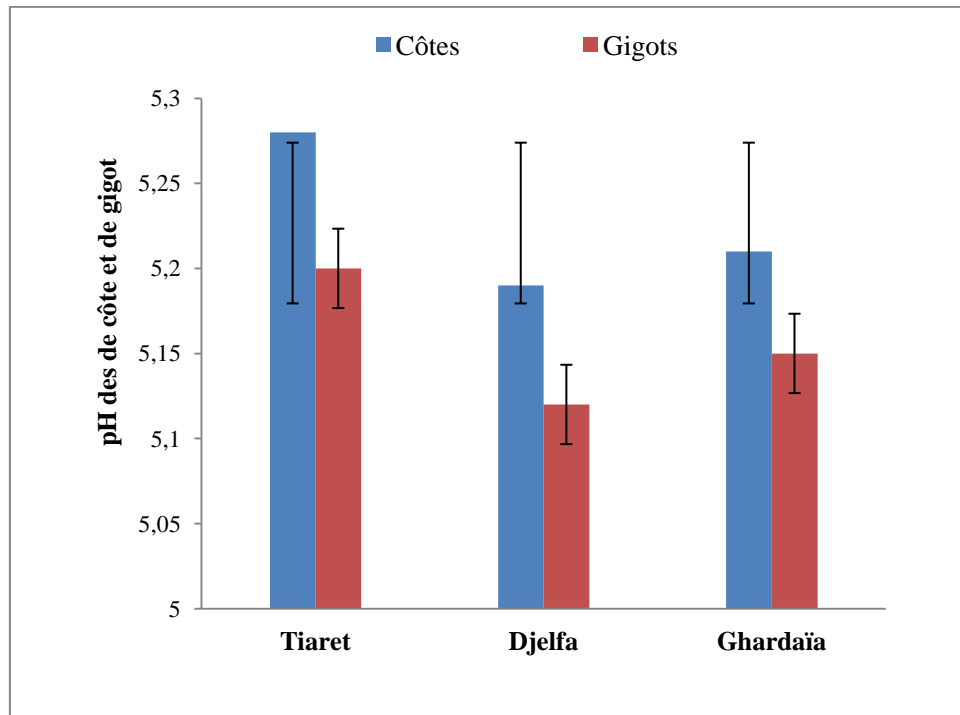


Figure 28: Teneurs du pH des muscles de côte et de gigots crus.

Plusieurs travaux confirment que le pH ultime dans la viande d'agneaux alimentés à l'herbe est significativement plus élevé comparativement aux agneaux alimentés au concentré (*Periolo et al., 2008; Resconi et al., 2009*). D'autres expériences réalisées sur le même objectif, signalent qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements alimentaires (*Joy et al., 2008a; Nuernberg et al., 2008*).

Malgré ces avis contradictoires, l'ensemble de ces résultats souligne l'importance du pH ultime comme déterminant des qualités organoleptiques et technologiques des viandes. La maîtrise du pH ultime présente donc un grand intérêt si l'on veut réduire l'hétérogénéité des qualités des viandes.

# Chapitre 4

*Effet de l'herbe sur la qualité  
sensorielle*

Les qualités sensorielles de la viande sont souvent variables, en particulier la couleur, la flaveur et la tendreté chez le ruminant. Par ailleurs, les phénomènes biochimiques et structuraux qui se produisent au cours des 24 premières heures post mortem ont une très grande influence sur la qualité organoleptique ultérieure de la viande, en particulier sur la couleur et la tendreté (Savell *et al.*, 2005).

L'alimentation à base d'herbe entraîne une augmentation des teneurs en (AGPI) notamment de type n-3 dans les tissus musculaires des viandes (Bauchart *et al.*, 2001), pour être favorables à la santé humaine (Wood *et al.*, 1997). Toutefois, ces AGPI sont sensibles à la peroxydation non enzymatique suite aux attaques radicalaires conduisant à la formation de lipides « modifiés » de type diènes conjugués (DC) se décomposant par la suite en aldéhydes (malondialdéhyde) (Sato *et al.*, 2010). Cela entraîne l'accumulation dans la viande des composés antinutritionnels délétères pour la santé des animaux voire celle du consommateur et modifie la flaveur de la viande.

### 1- Matériels :

Les échantillons conservés du long dorsal paré, ayant subi une maturation prolongée pas moins de 24h ont été utilisés pour faire les mesures suivantes.

### 2- Méthodes :

#### 2.1- La Couleur $L^*$ $a^*$ $b^*$ :

La couleur a été mesurée sur la face interne du muscle (photo 11). Les paramètres  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  sont évalués dans le système trichromatique CIE 1976 (Chromamètre Minota CR 300).  $L^*$  indique la luminosité ou luminance qui représente la réflectance de surface. Les composantes  $a^*$  et  $b^*$  sont les coordonnées de chromaticité ( $a^* < 0$ : couleur verte;  $a^* > 0$ : couleur rouge;  $b^* < 0$ : couleur bleue et  $b^* > 0$ : couleur jaune).

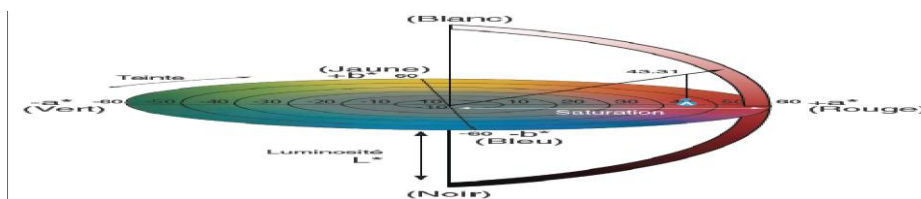


Figure 29: Composantes de la couleur mesurée au colorimètre représentés par la luminosité  $L^*$ , la composante de couleur rouge-vert  $a^*$  et la composante de couleur jaune-bleu  $b^*$  (innoboost.com).

#### 2.2- Estimation du degré d'oxydation des lipides de la viande d'agneau (principe de la méthode Genot, 1996):

Les produits secondaires de l'oxydation des lipides les plus couramment dosés sont les aldéhydes. L'acide Thio barbiturique (TBA) réagit avec le Malondi aldéhyde (MDA) pour former un complexe de couleur rose et/ou jaune possédant un maximum d'absorption à une longueur d'onde de 532 nm. Il réagit également avec d'autres aldéhydes résultant de l'oxydation des AGPI (acides gras polyinsaturés) à longue chaîne.

La concentration des substances réactives au TBA (sr-TBA), exprimée en équivalent MDA est évaluée par la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre visible des sr-TBA extraites des échantillons par l'acide trichloracétique (TCA). Pour mesurer l'indice « TBA » nous avons utilisé la méthode **adaptée par Genot, (1996)**. Un échantillon de viande de 2 gr est placé dans un tube de 25 ml contenant 16 ml d'acide trichloracétique à 5% et on rajoute éventuellement 100 µl de d'acide ascorbique (Vitamine C). Le mélange est homogénéisé 3 fois pendant 15 secondes à l'aide d'un homogénéisateur (*Ultra-Turax*) à une vitesse d'environ 20 000 t p m. Le broyat est passé à travers un papier filtre afin d'obtenir un filtrat. Puis de ce filtrat 2 ml sont additionnés à 2 ml d'acide Thio barbiturique. Les tubes fermés sont plongés dans au bain-marie à 70°C pendant 30 minutes et placés dans un bain d'eau froide. La dernière étape consiste à lire à l'aide d'un spectrophotomètre l'absorbance du mélange réactionnel à 532 nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent MDA (Malon dialdéhyde)/kg. La coloration reste stable pendant 1 heure.

Les résultats dégagés au cours de ces expériences sont obtenues par la formule suivante :

$$\text{mg équivalent MDA/ kg} = (0,72 / 1,56) \times (A_{532} \text{ cor} \times V \text{ solvant} \times V_f) / \text{PE}$$

### 2.3- Composés de Flaveur

#### 2.3.1- Head-space microextraction en phase solide

Les composés volatils d'oxydation de viande d'agneau ont été déterminées par headspace-phase solide microextraction (HS-SPME), en utilisant un dispositif de SPME (Supelco Co., Bellefonte, PA) contenant une fibre revêtue de Carboxen-poly (diméthylsiloxane)-divinylbenzen (CAR-PDMS-DVB) (50/30 1m thickness) (*Garcia-Esteban et al., 2004*). Les extractions ont été réalisées dans un extracteur automatique muni d'un bain d'eau thermostaté à 40°C pendant 45 min et sous agitation (250 rpm) (Gerstel MPS 2XL).

#### 2.3.2- Chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse d'échantillons HS-SPME

Les analyses ont été effectuées à l'aide d'un Agilent 7890A chromatographe en phase gazeuse en série (Agilent, Avondale, USA) couplé à un IonTrap SMGC Agilent (Agilent, Avondale, États-Unis). Les échantillons ont été séparés de la colonne en utilisant une VF- WAXms (30 m x 0,5 µm) (0,25 mm) fonctionnant à 40 °C/ min et une pression de 45 Pa. La récupération des composants volatils a été réalisée selon le mode split. Pour l'identification des composants volatils, les pics (Sigma R-8769) (C5-C20) ont été analysés dans les mêmes conditions pour calculer les indices de rétention (RI).

#### 2.3.3- Analyse qualitative et quantitative

Les pics individuels ont été identifiés en comparant les temps de rétention avec ceux des composés connus et en comparant les spectres de masse en utilisant un logiciel PBB ranges la bibliothèque NIST98 (nistes, Gaithersburg, MD) et les spectres obtenus à partir des normes. Pour quantifier les principaux composants des modèles de régression identifiés, linéaires ont été obtenues en utilisant des techniques de dilutions standards. Les quantités des composés volatils obtenus ont été exprimées en mg/kg de viande.

### 3- Résultats et Discussion :

#### 3.1- Stabilité de la couleur de la viande

La couleur de la viande est considérée comme un indicateur des propriétés sensorielles. Les résultats ont montré des niveaux considérables pour les composants L\*, a\*, b\* sur les hauts plateaux de Tiaret et la Steppe de Djelfa, ou des différences significatives sont observés en fonction de leur système d'alimentation. Les valeurs de l'indice du rouge sont plus élevées dans les muscles (côtes, gigots) des agneaux issus de Djelfa comparativement à ceux provenant de Tiaret (14,05 vs 8,01, P< 0,05) et (12,54 vs 10,9, P< 0,05), respectivement (Tab 20).

**Tableau 20.** Couleur des muscles des côtes et des gigots d'agneaux élevés selon les différents systèmes d'élevage.

	Côtes		Gigots		SEM	Effets facteurs	
	Tiaret	Djelfa	Tiaret	Djelfa		Région	Muscle
<b>L</b>	62,22	68,09	62,65	67,59	2,48	p<0,05	p<0,05
<b>a*</b>	08,01	14,05	10,9	12,54	1,29	p<0,05	p<0,05
<b>b*</b>	10,89	13,26	10,65	12,44	1,06	p<0,05	p<0,05

Chaque valeur est la moyenne  $\pm$  SE; n=10. **L\***: luminosité; **a\***: indice de rouge; **b\***: indice de jaune. SEM : Erreur standard de la moyenne.

La couleur de la viande est l'indicateur de qualité le plus souvent cité dans la littérature (*Wolfe et al., 2002*). D'après les résultats obtenus, les teneurs en indice du rouge quelque soit dans les muscles des côtes ou des gigots d'agneaux issus des pâturages de Djelfa s'avèrent plus importants (p<0,05), en comparaison avec ceux provenant de Tiaret (14,05 vs. 8,01) et (12,54 vs. 10,9), respectivement (Tab 20). *Coulon et Priolo, (2002)* expliquent les différences dans les valeurs a\* observées par l'augmentation de la concentration de myoglobine dans le muscle qui affecte la pigmentation de la viande. L'indice de jaune (b\*), troisième composante du système colorimétrique dans la viande, d'une manière générale, la valeur de b\* augmente fortement entre le jour de l'abattage et le 3<sup>ème</sup> jour de conservation de la viande. Cette augmentation semble être due principalement à des réactions d'oxydation des substances colorantes du muscle. La teneur en pigments responsables de la couleur de la viande semble être influencée par la nature de la ration, d'une part, et le niveau alimentaire d'autre part (*Vestergaard et al, 2000*). Un niveau alimentaire réduit est à l'origine d'une couleur sombre, conséquence d'une augmentation de fibres oxydatives, contrairement à un niveau alimentaire riche en finition qui donne une couleur rouge vive recherchée par le consommateur (*Mc Caughey et al. 1996*). Ce qui est dû vraisemblablement à une amélioration de la conduite aboutissant à un pH recommandé de 5,6 après 24 heures post-mortem (*Wong et al., 1999; Farouk et al., 2000*) dans les muscles de côte et de gigot à Tiaret (5,25 et 5,20), Djelfa (5,19 et 5,12), Ghardaïa (5,21 et 5,15)(p<0,05), respectivement.

L'effet alimentaire peut être liée soit à la diversité floristique du parcours ou à l'origine génétique des animaux (*Insani et al, 2008; Schor et al, 2008*). *Vestergaard et al., 2000* ont montré que la couleur de la viande peut être influencée par le poids de la carcasse à l'abattage, car la carcasse la plus lourde est associée à une viande rouge plus sombre. La teneur en glycogène et sa vitesse de dégradation conditionnent la couleur de la viande (*Immonen et al, 2000*). D'où la forte corrélation entre le pH musculaire ultime et la couleur de la viande (*Wong et al, 1999*). De nombreux facteurs, tels que la concentration en pigments de l'hème (myoglobine en particulier), un état d'oxydation et la formation d'un ligand de pigments hème, ainsi que les caractéristiques physiques (pH, température, temps de stockage) de viande peuvent contribuer à la variation de la couleur de la viande (*Qiao et al., 2001*). *Faustman et al., (1992)* ont rapporté que l'oxydation des lipides pourrait favoriser l'oxydation de la myoglobine. Par conséquent, les facteurs qui influent sur l'oxydation des lipides dans la viande peuvent également influencer sur la couleur de la viande. Parfois, la viande des agneaux d'herbe est plus foncée que celle des agneaux avec leurs concentrés (*Priolo et al., 2002*), et parfois aucune différence n'a été observée (*Luciano et al., 2009*).

### 3.2- Indice de peroxydation

D'après les analyses statistiques, le type du muscle révèle un effet significatif sur la teneur en Malon dialdéhyde (MDA) des muscles étudiés (Tab 21).

**Tableau 21.** Teneur en MDA des côtes et des gigots crus (g/100g de viande).

MDA	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa	SEM	Effet région	Effet muscle
<b>Côtes crues</b>	0,12	0,14	0,16	0,17	NS	P< 0,05
<b>Gigots crus</b>	0,09	0,11	0,13	0,08	NS	P< 0,05

(n=10, ± écart type, P<0,05 : effet significatif, NS : effet non significatif).

Durant cette analyse, nous avons constaté que la teneur en MDA a évolué positivement dans les muscles des côtes que dans les muscles des gigots (Tab21). Cette augmentation est liée à la richesse de la côte en MG sensibles aux phénomènes d'oxydation favorisant par la suite la libération du Malondialdéhyde (*Durand D et al, 2006*). D'autre part, le Malondialdéhyde, produit ultime de la peroxydation lipidique, est un dialdéhyde. Il peut, en se fixant à deux chaînes peptidiques différentes, entraîner des pontages qui peuvent participer, comme les liaisons amides et les ponts disulfures, à l'agrégation des protéines *Gatellier et al., (2008)*. D'après *Durand et al., (2006)*, la peroxydation des lipides est l'une des causes majeures de cette élévation. Les produits de l'oxydation des lipides sont associés à une diminution de la valeur santé de la viande en générant des produits toxiques dont le Malondialdéhyde (*Gandemer et al., 1999*). Selon *Combes et Dalle Zotte, (2005)*, les fortes proportions d'acides gras insaturés favorisent les processus d'oxydation (la plupart d'eux étant constitutifs des phospholipides) limite le temps de de conservation de la viande. Les processus d'oxydation peuvent aussi affecter le cholestérol entraînant la formation des produits d'oxydation du cholestérol.

### 3.3- Composés de Flaveur de la viande

L'effet significatif du régime sur la flaveur apparaît plus élevé ( $P < 0.05$ ) dans la viande Djelfa par rapport à celle produite à Tiaret. L'analyse détaillée de la flaveur a fait ressortir la prédominance de nombreux composés volatils notamment: hexanal, 2-méthyl-3-furanthiol, Nonanal et 2,4-Bis 1,1-diméthylethyl (Tab 22).

**Tableau 22.** Seuils d'odeurs des composés aromatiques dans la viande d'agneaux nourris au pâturage de Tiaret et Djelfa. (Exprimé en m/kg).

Arômes	Odeur	Tiaret	Djelfa	SEM	Effet régime
Hexanal	De vert	4,57	8,92	1,69	$P < 0,05$
2-méthyl-3-furanthiol	Viande bouillante	7,45	8,88	1,83	$P < 0,05$
2,4-Bis 1,1-diméthylethyl	De vert	3,58	2,65	1,25	$P < 0,05$
Nonanal	Orange	1,02	2,09	1,06	$P < 0,05$
3-méthyl-1-Butanol	Rôti, du pain frais	0,63	0,74	0,64	$P < 0,05$
Trichloropropane 1,2,3	Forte, âcre	0,43	1,58	0,96	$P < 0,05$
Benzaldehyde	Huile d'amande	1,59	1,97	0,81	$P < 0,05$
Heptanal	grasse, rance	1,41	1,30	0,93	$P < 0,05$
Methional	Sulfureuse	1,02	1,28	0,76	$P < 0,05$
1 penten-3-ol	Âcre	1,54	0,48	0,95	$P < 0,05$
1-Octen-3-ol	Gras, cireux	0,90	1,97	0,86	$P < 0,05$
Para-cresol	Fecal	0,49	0,68	0,74	$P < 0,05$
2,4- Decadienal	Agrumes	1,38	1,23	0,93	$P < 0,05$

Chaque valeur est la moyenne de 5 animaux. SEM : Erreur standard de la moyenne.

L'enrichissement en AGPI (n-3) est recherché par les nutritionnistes pour un bon équilibre du rapport n-6/n-3. Toutefois cette insaturation pourrait exposer la viande durant sa conservation au phénomène d'oxydation lipidique accompagné vraisemblablement par des altérations de la flaveur. Plusieurs travaux comme celui de *French et al., (2000)* et *Larick et al., (1990)* ont montré des différences de flaveur selon le statut antioxydant du produit. Les effets du régime alimentaire sur les composés volatils (hexanal, heptanal, nonanal, octanal, 1-pentène-3-ol, pentanol, 1 octène-3ol, heptanol) sont montrés comme plus élevés ( $p < 0.05$ ) dans la viande d'agneau issue de la Steppe en comparaison à celle générée des hauts plateaux, cela est justifié par de la présence des plantes aromatiques. La plupart de ces composés sont des produits d'oxydation des lipides, des produits de réaction de Maillard à partir d'acides aminés et de sucre réducteur. L'oxydation des lipides était plus élevé pour la viande de Djelfa par rapport à celle de Tiaret ( $p < 0,05$ ). Les valeurs musculaires des substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS) varient en moyenne de 0,09 et 0,16 mg malondialdéhyde/kg à Tiaret et Djelfa respectivement. Ces résultats rejoignent ceux de *Muela et al., (2010)*. La nature de l'herbage en région de Djelfa peut influencer la teneur en antioxydants par rapport à un pâturage en région Tiaret ce qui expliquerait ces différences.

D'un autre côté, une durée de conservation prolongée des viandes pourra être derrière la genèse des radicaux libres à activité pro oxydante. Dans ce cadre **Bonneau, (1988)** rapporte que les tissus adipeux participent de façon cruciale à la formation de la flaveur des produits carnés qui peut être altérée par une peroxydation des AGPI. La crainte liée à une oxydation des lipides conduisant à une altération de la flaveur, ne semble pas être justifiée par les niveaux d'enrichissement en oméga 3 obtenus par le régime chez l'agneau; ceci rejoint l'observation de **Normand et al, (2006)** qui montrent que l'enrichissement en AGPI n-3 obtenus par l'incorporation du lin dans la ration des gros bovins n'a aucune incidence sur les qualités gustatives perçues par le consommateur. Les AGPI, principalement l'acide alpha-linolénique (C18:3 n-3) et ses dérivés, notamment le EPA, DHA, limités dans la fraction phospholipides, agissent sur la flaveur pendant la cuisson (**Enser., 1998; Elmore et al., 1999**).

Des différences de flaveur ont été observées pour la viande d'agneau provenant d'animaux alimentés différemment. De même, des saveurs particulières ont été observées chez les agneaux nourris par un régime spécifique à base d'herbe.

Elles seraient majoritairement déterminées par l'association des acides gras à chaînes ramifiées, ainsi que des produits de dégradation du tryptophane (**Akraim, 1977**) et du scatole (3-méthyle indole) (**Akram, 2005**) et dans une moindre mesure par des produits d'oxydation de l'acide linoléique (**Priolo et al, 2001**). Le 1-octène-3-ol, le 1-heptanol, l'hexanal et le décanal étaient les produits d'oxydation des lipides ayant une valeur d'activité d'odeur (OAV) la plus élevée dans la viande d'agneau. Selon **Elmore, (2000)** la flaveur dépend aussi des différentes proportions d'acides gras qui conditionnent les composés volatiles.

Parmi les composés responsables de la flaveur typique de la viande ovine, les acides gras à courtes chaînes, ces derniers jouent un rôle important, en particulier les acides 4 méthyl-octanoïques et 4méthyl-monanoïque (**Mottram, 1988 ; Reineccius, 1994**). Chez l'agneau, la flaveur est en étroite corrélation avec les acides gras à courtes chaînes ramifiées (C:7; C:10) et les scatoles (3méthyles, indoles) (**SH Reurs et al, 2007**). Cependant, la présence de nombreux autres odorants de différentes familles chimiques révèle l'existence de nombreux processus de génération d'arôme. L'Heptanal est associé à une odeur âcre et pénétrante. La prédominance d'Hexanal dans la viande d'agneaux nourris en Djelfa peut être attribuée à la multiplicité de ses voies de synthèse, ce résultat est également observé dans les études de (**Ramarthnam, et Rubin, 1994**).

En outre, la cuisson joue un rôle vital dans le développement de la flaveur et elle affecte l'acceptabilité des composés volatils de la viande (**Sanudo et al., 2000**). De nombreux auteurs ont affirmé que cet aldéhyde peut être généré à la fois de l'acide oléique, l'acide linoléique et l'acide arachidonique et par la dégradation d'autres aldéhydes insaturés tels que le 2, 4- Décadiénal (**Kerler & Grosch, 1997**).

Selon *Kerler & Grosch, (1997)* tous les aldéhydes analysés (hexanal, heptanal, nonanal) sont les composants qui contribuent le plus à l'émergence de notes désagréables de flaveur (*Ulrich & Grosch, 1987*). De plus, ces composés contribuent également au développement de la flaveur à la cuisson (*Ahn et al., 2007*).

La présence de 1-octène-3-ol suggère que l'oxydation des acides gras est également une voie active à la formation de l'arôme, de plus 1-octène-3-ol est parmi les composés responsables de l'odeur rance dans la mayonnaise (*Fenaille et al., 2003*).

De même, la présence de méthional peut être liée à la dégradation des acides aminés et des sucres, comme suggéré par différents auteurs (*Ferraira, 2003; Camara., 2004*). Le 2,4-bis (1,1-diméthyléthyl)-(Phénol) et le heptanal, caractérisées comme ayant une odeur de vert (*Le Guen et al, 2001*) et d'acides gras ou rance (*Yang et al., 2008*), respectivement. Ils étaient parmi les plus d'arômes actif de ces composés (tableau 25). Hexanal et le 2,4-décadiénal sont les aldéhydes les plus abondants identifiés dans l'analyse de la flaveur de la viande d'agneau, qui sont connus par les produits d'oxydation primaire de l'acide linoléique (*Perez-Alvarez et al, 2010*).

Cependant le 2,4-décadiénal est considéré comme une substance odorante la plus importante détecté dans la viande par rapport à l'hexanal en raison de son seuil d'odeur beaucoup plus faible (*Shi et Ho, 1994*). D'autres composés volatils comme: méthionol, le nonanol, le p-crésol, le décanal, le octène-3-ol, le trichloro propane 1,2,3, Ethanediamide, le phénol, le 2,4-bis (1,1-diméthyléthyl) hexaméthyl octanel sont évidemment les principaux contributeurs de la flaveur de la viande de mouton (*Varavinit et al., 2000; Sasaki et al., 2007*). Le méthyl-1-butanol 3 a été caractérisée comme ayant une odeur balsamique ou alcoolique (*Lee & Noble, 2003*) ayant des concentrations à Tiaret et Djelfa autour de 0,63µg/kg vs. 0,74µg/kg, respectivement.

Le 2-méthyl-3-furanthiol est élevé à Djelfa par rapport à Tiaret (8,88 µg/kg vs 7,45 µg/kg), se présente à odeur de viande bouillie. Il devrait être d'une importance sensible et peut être facilement dégradé par oxydation. Ils ont en outre démontré que le 2-méthyl-3-furanthiol, produit à partir de l'oxydation des lipides et de réaction Maillard, en tant que composé chimique le plus vital, responsable de la flaveur de la viande d'agneau. Il est donc important de quantifier les effets des différences alimentaires sur la qualité sensorielle de la viande d'agneau Algérien

# Chapitre 5

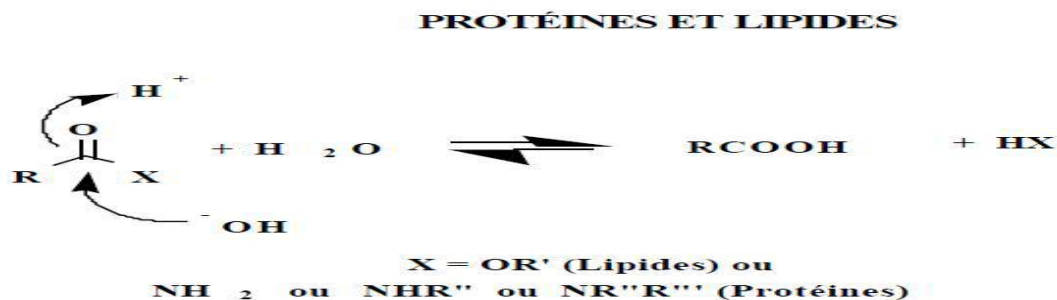
*Effet de la cuisson sur la  
qualité de la viande*

Le traitement de la viande par la cuisson permet d'améliorer sa qualité mais pourra aussi conduire à l'oxydation de ses lipides et de ses protéines avec un impact négatif sur la qualité nutritionnelle (*Gatellier et Santé-Lhoutellier, 2009*) et la qualité sensorielle (*Haak et al., 2006*).

Le mode de cuisson influence la quantité et la qualité de la matière organique. On assiste à une modification de la composition en acides gras du produit fini par rapport à la composition de la matière première ainsi que le rapport des acides gras entre eux (*Bourre, 2003*).

A la cuisson, on peut observer une perte en eau qui entraîne essentiellement des protéines, mais à l'inverse, la quantité des lipides va se trouver concentrée par la diminution de la matière sèche. On peut donc penser que les valeurs observées sur des produits frais sont souvent sous-estimées par rapport à des produits consommés après cuisson (*Mourot et al., 2006*).

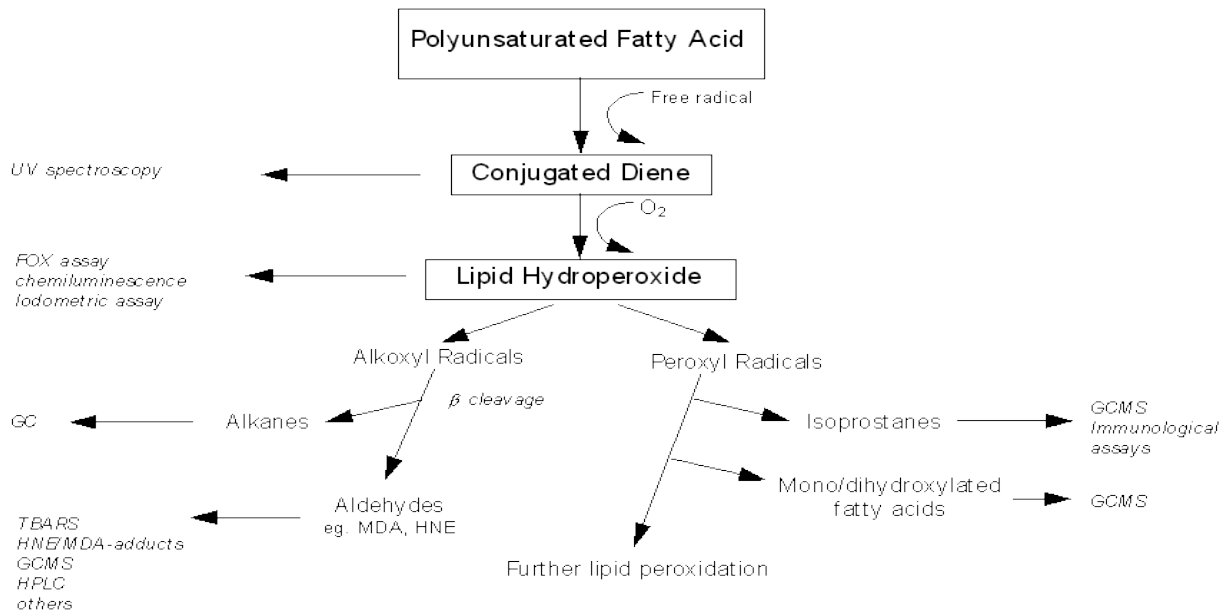
Dans les aliments, les réactions d'hydrolyse comme processus de dégradation thermique (Fig 30) dépendent fortement de la composition du produit et de l'activité de l'eau  $A_w$  = pression de vapeur de l'échantillon à la même température / pression de vapeur de l'eau. Les réactions d'hydrolyse se développent à forte activité de l'eau ( $A_w > 0,8$ ). Une courbe d'absorption représentant la teneur en eau (g d'eau par g de matière sèche) en fonction de l'activité de l'eau  $a_w$  (*Richard et al., 1997*).



**Figure 30 : Hydrolyse thermique.**

Par ailleurs, plus la température est élevée, plus la vitesse de réaction d'hydrolyse croît. A pression atmosphérique, cette température est toutefois limitée à 100°C, point d'ébullition de l'eau. A l'opposé, les réactions d'oxydations se développent en milieu anhydre ou à très faible activité de l'eau ( $a_w < 0,2$ ) dans le cas de l'auto-oxydation, et à l'interface eau-milieu apolaire dans le cas de l'oxydation catalysée par les enzymes.

Dans le premier cas, plus la température est élevée, plus le milieu s'oxyde, dans le second, la température est limitée par la stabilité des enzymes et dépasse rarement 80°C. Ce sont les lipides insaturés (triglycérides et phospholipides) qui sont le plus sensibles à ce type de réaction (*Mastrocola et al., 2000*) (Fig 31).



**Figure 31: Schéma de la formation des produits de la peroxydation lipidique.**

## 1- Matériels et Méthode :

### 1.1- Procédures de la cuisson

La cuisson est la dernière étape de préparation de la viande avant consommation. Cependant, le mode de cuisson, la durée et l'intensité sont adaptés à l'origine et à la qualité de la viande. La totalité des prélèvements des trois lots (Tiaret, Djelfa et Ghardaïa) dont le poids était équivalent à 100g des viandes conservés ont été utilisés à cette fin.

Les échantillons de viande ont été soumis à chacune des méthodes de cuisson (bouillon, grillade) sans ajout d'ingrédients ni de corps gras, tandis que la viande crue a été échantillonnée directement en tant que témoin non cuit. La température interne a été surveillée à l'aide d'un thermomètre (thermomètre ST-131 imperméable à l'eau numérique). La cuisson au bouillon a été effectuée à une température d'environ 100°C (température de l'eau) pendant 30 minutes dans un moule. La température interne pendant l'ébullition était de 97°C. Cependant, le couple température/temps préconisé pour la cuisson en grillade était de 250°C/30mn.

### 1.2- Analyses physicochimiques de la viande

L'ensemble des analyses effectuées sur la viande crue ont été faites aussi sur la viande cuite avec les mêmes techniques expérimentales qui ont été déjà cités dans notre contexte.

## 2- Résultats et Discussion

Les rendements de la cuisson sur le plan nutritionnel fournissent une indication sur les pertes et les modifications de la matière organique d'une part et les gains d'autre part. Il est primordial de signaler que les protéines et les lipides subissent des variations sous l'effet de la température et le mode de cuisson (Tab 23, 24).

**Tableau 23: Composition biochimique de la viande bouillante.**

Analyse de composition	Côtes			Gigots			SEM	Interaction facteur	
	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa		Cuisson	Muscles
Mt sèche	21,66	29,50	25,00	23,66	25,44	25,41	1,73	P<0,05	NS
Humidité (%)	78,33	72,25	73,19	76,34	74,54	74,58	1,94	P<0,05	NS
Mt minérale (%)	2,37	1,80	2,55	2,30	2,22	2,02	1,18	P<0,05	NS
Protéines (%)	08,25	09,28	07,25	05,97	4,72	4,68	1,25	P<0,05	P<0,05
LT (%)	13,42	18,98	19,31	5,79	7,48	7,59	1,55	P<0,05	P<0,05

(n= 10, ± écart type, P<0,05 : effet significatif). SEM : Erreur standard de la moyenne.

**Tableau 24: Composition biochimique de la viande grillée.**

Analyse de composition	Côtes			Gigots			SEM	Interaction facteur	
	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa	Tiaret	Djelfa	Ghardaïa		Cuisson	Muscles
Mt sèche (%)	35,85	39,75	36,83	37,76	35,67	35,73	2,28	P<0,05	NS
Humidité (%)	64,15	60,25	63,17	62,24	64,33	64,27	2,12	P<0,05	NS
Mt minérale (%)	3,37	2,74	2,85	3,49	2,97	3,02	1,05	P<0,05	NS
Protéines (%)	05,50	06,28	5,16	03,26	2,61	2,94	1,07	P<0,05	P<0,05
LT (%)	15,26	20,15	22,62	9,64	11,83	11,97	3,33	P<0,05	p<0,05

(n= 10, ± écart type, P<0,05 : effet significatif). SEM : Erreur standard de la moyenne.

### 2.1- Teneur en matière sèche et en humidité

Les résultats enregistrés (Tab 23, 24) ont dévoilé que la cuisson de la côte a entraîné un gain en matière sèche (P<0,05). Ceci est expliqué par la perte en eau dans le muscle de côte et de gigot. *Nikmaram et al., 2011* ont affirmé que la cuisson de type « rôti » de la viande de veau entraîne une augmentation significative de la teneur en matière sèche. La cuisson conduit à une perte significative (P< 0,05) en eau par évaporation dans les muscles étudiés (côtes, gigots) (Tab 23, 24). Les pertes en eau à la cuisson sont souvent liées à la dénaturation des protéines musculaires après l'abattage de l'animal qui est provoquée par l'association d'un pH de la viande déjà bas alors que la température du muscle est encore élevée (*Asturc, 2007*).

Il est bien connu que les pertes dépendent du processus de transfert de masse pendant le traitement thermique, qui est directement lié à la procédure de cuisson (température, temps) et à la composition biochimique de la viande crue (humidité, lipides totaux, protéines, MDA, pH, etc.) (Serrano et al., 2007; Gerber et al., 2009).

La perte d'eau au cours de la cuisson obéit à un mécanisme en deux phases: une phase de déliaison de l'eau fixée par les protéines myofibrillaires à l'état natif sous l'effet du traitement thermique, et une phase d'expulsion du jus par la contraction du muscle et par écoulement sans contrainte entre les fibres musculaires. La gélatinisation du collagène au cours de laquelle la protéine absorbe de l'eau s'oppose de manière modérée à la perte en jus de la viande (Picgirard L.2010).

García et al., (2007) ont observé que les changements dans les pertes de cuisson avaient tendance à être linéaires avec le temps, avec une augmentation de la température. En effet, nous avons observé que l'augmentation de la température interne finale (grillade par rapport au bouillon) a entraîné des pertes de cuisson plus importantes, vu les pertes en humidité par évaporation, il a été suggéré que les pertes d'eau ont tendance à être plus élevées après le chauffage au bouillon et plus bas après la cuisson en grillade (Tab 23, 24), en raison de l'absence de formation de croûte lors de la cuisson (Serrano et al., 2007).

## 2.2- Teneur en matière minérale

La cuisson a présenté un effet significatif ( $P < 0,05$ ) sur la teneur en matière minérale du muscle *Longissimus dorsi*. Celle-ci passe de (1,72% vs. 2,37% vs. 3,37%) à Tiaret, (1,30% vs. 1,80% vs. 2,74%) en Djelfa et (1,41% vs. 2,55% vs. 2,85%) après traitement au bouillon et en grillade, respectivement. L'accroissement de la teneur en cendres après cuisson s'explique par la grande perte en eau déjà présente dans la côte, cette dernière a été de l'ordre de 82,48% à Tiaret, 74,8% en Djelfa et 74,99% à Ghardaïa. Cette observation est déjà confirmée par Ali port et al., (2010), qui ont révélé que la cuisson de type « grillade » du poisson (esturgeon) entraîne une augmentation du taux de cendre. Une étude réalisée par Kadim I.T et al., (2011) sur la viande de chameau a révélé que les composants les plus touchés par la cuisson étaient les macros et les micro-minéraux.

Selon Nikmaram et al., (2011), la cuisson aux micro-ondes du muscle *Longissimus dorsi* de veau engendre une élévation de la teneur en matière minérale.

## 2.3- Teneur en protéines

L'analyse statistique a fait ressortir un effet significatif ( $p < 0,05$ ) de la cuisson sur la proportion des protéines dans les muscles étudiés. La teneur en protéines dans les muscles des gigots s'avère plus importante que dans les côtes, avec une prédominance à Tiaret par rapport à Djelfa et Ghardaïa, soient des gains de 2,87%, 6,2% et 8,47%, respectivement. Ces résultats sont similaires à ceux de Vautier et al., (2010) qui ont trouvé que la cuisson de type « rôti à 75°C » de la viande de porc augmente les teneurs en protéines (22,5g Vs 34g).

*Howe et al., (2006)* mettent en évidence le même type d'effet, toutefois moins important en accord avec une température à cœur plus faible (65°C).

Une étude menée par le *CIV, (2011)* sur la viande d'agneau a révélé que le taux de protéines varie selon le site anatomique de la viande, cette teneur était de 20g/100g de viande dans le gigot contre 16,9g/100g dans la côte. Ainsi, un morceau de viande, placé au four se couvre rapidement d'une croute de protéines coagulées et cela empêche la fuite des sucs contenus à l'intérieur.

#### 2.4- Teneur en lipides et acides gras:

Pour ce qui est des matières grasses, la cuisson affecte sensiblement la répartition et les proportions de différentes catégories de lipides et acides gras de la viande exprimés en pourcentages d'AG identifiés (Tab 25).

Pour ce qui est des matières grasses, la cuisson affecte sensiblement la répartition et les proportions de différentes catégories de lipides et acides gras de la viande exprimés en pourcentages d'AG identifiés

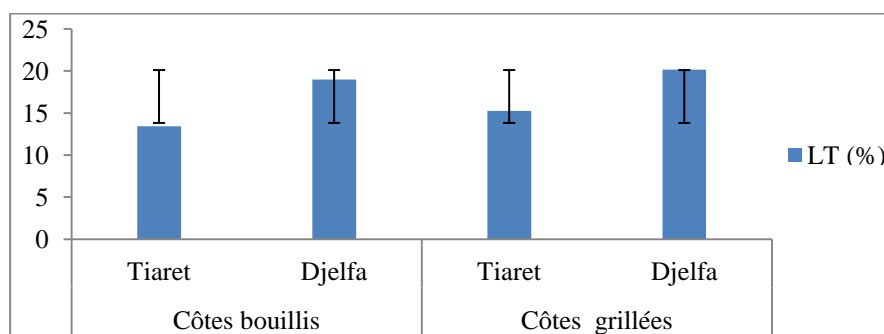
**Tableau 25.** Composition en acides gras (% AG identifiés) des muscles *Longissimus dorsi*

	Côtes bouillies		Côtes grillées		SEM	Effets facteurs	
	Tiaret	Djelfa	Tiaret	Djelfa		Régime	Cuisson
<b>LT (%)</b>	<b>13,42</b>	<b>18,98</b>	<b>15,26</b>	<b>20,15</b>	3,33	<b>P&lt;0,001</b>	<b>p&lt;0,05</b>
C14:0	2,95	4,43	2,97	4,47	0,78	NS	NS
C14:1	0,14	0,18	0,16	0,19	0,62	NS	NS
C16:0	22,59	24,45	23,44	25,78	2,29	p<0,05	NS
C16:1	2,35	2,85	2,43	2,94	0,33	p<0,05	NS
C18:0	18,12	19,15	18,33	19,28	0,88	NS	p<0,05
C18:1 n-9t	3,58	3,96	4,26	4,74	0,92	p<0,001	NS
C18:1 n-9c	38,53	40,94	39,41	41,66	0,99	p<0,001	NS
C18:2t n-6	0,31	0,38	0,27	0,28	0,09	NS	NS
C18:2c n-6	3,40	5,76	2,28	4,53	0,32	p<0,05	p<0,05
C18:3 n-6	0,21	0,30	0,27	0,30	0,04	p<0,001	p<0,05
C18:3 n-3	0,51	0,92	0,74	0,99	0,27	p<0,001	p<0,05
C20:0	0,24	0,29	0,21	0,25	0,07	p<0,001	NS
C20:1 n-9	0,18	0,36	0,21	0,39	0,09	p<0,001	NS
C20:3 n-6	0,29	0,37	0,34	0,41	0,04	p<0,05	p<0,05
C20:4 n-6	1,36	1,75	1,43	1,95	0,09	p<0,05	p<0,05
C20:4 n-3	0,38	0,34	0,46	0,42	0,85	p<0,05	p<0,05
C20:5 n-3	0,48	0,44	0,53	0,47	1,35	NS	p<0,05
C22:5 n-3	0,41	0,40	0,52	0,47	0,89	p<0,001	NS
C22:6 n-3	0,49	0,53	0,57	0,62	0,63	p<0,05	NS
AGS	48,28	49,47	50,15	51,72	1,12	p<0,05	NS
AGMI	48,48	48,78	49,78	48,97	1,47	NS	NS
AGPI	14,24	15,81	15,75	16,64	1,78	p<0,05	p<0,05
n-6	5,57	8,56	4,59	7,47	0,53	p<0,001	p<0,05
n-3	2,27	2,63	2,82	2,97	0,04	p<0,001	p<0,05
n-6/ n-3	2,45	3,25	1,63	2,51	0,17	p<0,001	p<0,05
LA/ALA	6,66	6,26	8,44	15,1	0,14	p<0,001	p<0,05
AGPI/AGS	0,29	0,32	0,31	0,32	0,17	p<0,001	p<0,05

n= 10. SEM : Erreur standard de la moyenne.

Au cours du traitement thermique, l'aliment subit des déformations thermomécaniques. Il est le siège de transferts couplés de chaleur et d'eau. Ces phénomènes, génèrent une pression qui fait migrer le jus du centre du muscle de la viande vers sa surface d'où la formation d'une croûte qui freine la migration de l'eau, modifie profondément l'évolution de la température de surface et détermine la qualité finale du produit (*Kondjoyan et Peynon, 2006*).

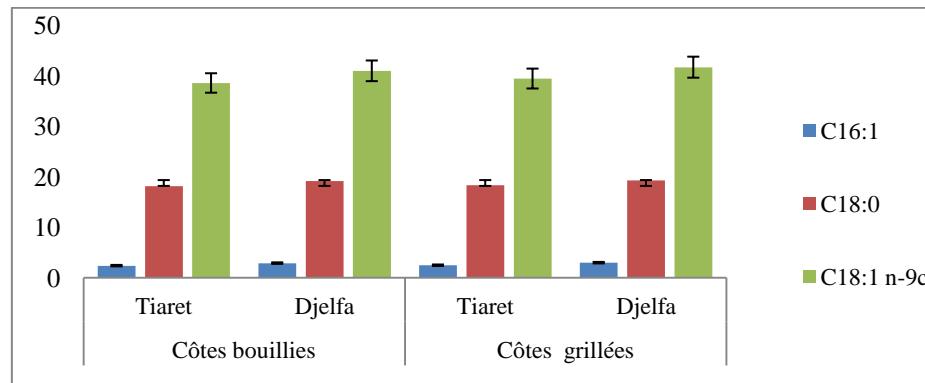
Les résultats obtenus, montrent que le muscle de la côte gagne des lipides après le traitement thermique au bouillon et en grillade ( $P < 0,001$ ), soient (7,70% vs. 13,42%) à Tiaret et (11,78% vs. 18,98%) en Djelfa (fig 32).



**Figure 32: Teneur des lipides intramusculaires des côtes et gigots cuits (g/100g de viande).**

Ces teneurs progressent significativement par l'augmentation de température de cuisson (bouillon par rapport au grillade), une progression de l'ordre de 18,98% à Tiaret et 20,15% en Djelfa, respectivement. Nos résultats corroborent ceux de *Nikmaram et al., (2011)* qui ont trouvé que la cuisson de type rôti de la viande de dromadaire entraîne une augmentation du taux de lipides due à la déshydratation de la viande. Comparativement à d'autres études de recherche sur la teneur en lipides des produits carnés après cuisson, un gain de 30% était observé pour la côte du porc, 22% pour la saucisse et 100% (teneur la plus importante) pour la viande de lapin (*Mourot et al., 2006*).

Ainsi la variation des teneurs en acides gras après cuisson s'avère significativement importante dans la viande d'agneau pour les deux systèmes de production. Ces différences s'expliquent selon *Normand et al., (2006)* par un simple phénomène de concentration lié aux pertes d'eau à la cuisson. Les contenus en C16:0, C18:0 et C18:1 n-9c sont prédominants dans les 2 groupes, avec une prédominance enregistrée dans la viande d'agneaux de Djelfa (Fig 33). Aucune différence significative n'a été révélée pour le C18:1n-9c entre les 2 groupes d'animaux. Cette observation corrobore les résultats obtenus par *Gatellier, (2005)*. Les viandes des côtes d'agneaux de la zone Djelfa ont une teneur plus élevée en C18:2 n-6c comparativement à celle de Tiaret ( $P < 0,05$ ), des teneurs plus élevées dans les muscles ovins de Djelfa ont été enregistré après la cuisson au bouillon en comparaison avec celles générés en grillade (5,67% vs. 4,53%), respectivement (Fig 33).



**Figure 33: Teneurs des C16:0, C18:0, C18:1 n-9 des côtes et gigots crus (g/100g de viande).**

Après la cuisson, la viande pour l'ensemble des régions a permis de montrer une amélioration sensible de la qualité nutritionnelle des lipides. Ainsi, pour 100g de viande, la cuisson a permis d'atteindre, une élévation des taux AGS, AGMI et AGPI. Aucune différence significative n'a été révélée pour le C18:1n-9c entre les 2 groupes d'animaux. Cette observation corrobore les résultats obtenus par *Gatellier, (2005)*. Les côtes d'animaux de la zone Djelfa ont une teneur plus élevée en C18:2 n-6c comparativement aux celles du groupe Tiaret ( $P < 0,05$ ). L'acide gamma linoléique (C18:3 n-6) est beaucoup plus présent dans la viande des deux groupes pour les deux muscles, relativement supérieur dans les côtes d'animaux de Djelfa ( $p < 0,001$ ). Cet AG, indicateur de la consommation d'herbe comme l'a rapporté *Dufey, (2008)*, nous laisse penser que les animaux pour l'ensemble des régions ont effectivement consommé de l'herbe. L'influence de l'alimentation à base d'herbe de la steppe de Djelfa se manifeste également sur l'augmentation intramusculaire de l'acide linoléique (C18:3 n-3) comparativement à Tiaret (0,92% vs. 0,51%), respectivement. Les AGPI longues chaînes sont représentés dans la viande des 2 groupes quoique des différences significatives sont observées entre les différentes viandes pour le EPA (C22:5 n-3) qui apparaît relativement plus prédominant dans le groupe de Tiaret ( $P < 0,05$ ) comparativement aux zones Djelfa. Ces résultats sont similaires à ceux de *Nürnberg, (2001)*; *Yang, (2002)* où le EPA et le DHA ont connu une stabilité aux environs de (0,48% vs 0,44%) et (0,58% vs 0,53%) pour la viande à l'état de bouillon. Plus globalement les quantités totales des AGS et AGMI sont peu variables. Ces observations sont en accord avec celles rapportées par *Popova, (2006)* sur *M. Longissimus lumborum* et *M. semimembranosus* et sur des agneaux d'herbe et de bergerie en système d'élevage conventionnel et en agriculture biologique. Toutefois, la différence est beaucoup plus perceptible pour les AGPI, où la viande de la région Djelfa apparaît en contenir des teneurs plus importantes en AGPI que celles de la région Tiaret après des traitements au bouillon (15,81% vs. 14,24%,  $p < 0,05$ ) et en grillade (16,64% vs. 15,75%,  $p < 0,05$ ) (Tab 25). Cette variabilité est expliquée par la présence de niveaux imprévisibles de graisses sous-cutanées et intermusculaires, qui se liquéfient pendant la cuisson et l'absorption par le tissu maigre entraîne des valeurs supérieures à 100% (*Bragagnolo & Rodriguez, 2003*).

Des résultats similaires ont été obtenus par *Alfaia et al., (2009)*; *Blanco et al., (2010)* sur des taurillons, alors que les observations de *Bilik et al., (2009)* sont contradictoires. *Bauchart et al., (2005)* ont signalé que les variations des teneurs en AGPI n-3 sont relatives au type métabolique du muscle puisque, un muscle possède une activité oxydative, par sa richesse en TG à l'opposé d'un muscle à tendance glycolytique, par sa richesse en PL. A travers les résultats de l'effet de la cuisson, il est permis de constater que l'évolution de l'acide linoléique, de l'acide alpha linoléique et des AGPI ont varié différemment, des élévations significatives ont été constatées (Tab 25). Ces résultats s'expliqueraient par la richesse du régime alimentaire en antioxydants naturels (polyphénols et flavonoïdes) qui ont protégé les acides gras contre l'oxydation. Les AGPI n-3 totaux sont significativement supérieurs dans la viande des agneaux aux pâturages ( $P < 0,05$ ), dominés par le C18:3 n-3, montrant des quantités significatives dans la viande d'agneau du groupe Tiaret de 0,49%, et qui augmente après cuisson à 0,92% ( $P < 0,001$ ) (Tab 25). Les AGPI n-6 sont en quantité moyenne ( $P < 0,05$ ), représentées essentiellement par l'acide linoléique surtout dans la viande d'agneaux ( $p < 0,05$ ) ayant reçu un complément en concentré (tab 25). La relative stabilité lors de la cuisson n'altérerait pas la valeur santé de la viande surtout que cette viande provenant du Djelfa renferme plus d'AGPI n-3, que celle provenant de Tiaret (15,81% vs. 14,24%) en cuisson au bouillon et (16,64% vs. 15,75%) en grillade. Il est donc clair que l'enrichissement de la viande par l'alimentation au concentré est directement proportionnelle à la qualité de lipides gagnées au cours de la cuisson. Malgré les améliorations observées, le rapport AGPI/AGS reste loin de la norme admise de 0,45. L'importance relative de ces deux voies de synthèse dans l'organisme est donc largement contrôlée par la quantité d'AGPI présents dans l'alimentation mais aussi par le rapport n-6/n-3 et le rapport AL/ALA des AG ingérés (*Nakamura & Nara, 2004*; *Harnack et al., 2009*). Cependant, le rapport n-6/n-3 et AGPI/AGS s'avère plus important dans le groupe Tiaret par rapport à celui Djelfa (9% vs. 3,01%) ( $p < 0,001$ ) et (0,31% contre 0,27%) ( $p < 0,01$ ), respectivement. La cuisson semble modifier d'une manière importante les rapports C18:2 n-6 /C18:3 n-3 (3,45 vs. 6,66%) à Tiaret et (5,67% vs. 6,26%) ( $p < 0,05$ ) en Djelfa, respectivement. Ces résultats dépassent la valeur de 5 préconisée par les nutritionnistes. Toutefois, elles peuvent être prises en considération au regard du rapport enregistré en Europe, voisin de 11 (*Normand et al., 2006*). Ces différents ratios sont plus souhaitables pour la santé humaine, vu les intérêts nutritionnels et l'effet positif des acides gras polyinsaturés de la famille (n-3) sur la prévention des maladies cardio-vasculaires.

### 2.5- Potentiel d'hydrogène:

L'analyse de variance pour les résultats du pH a fait ressortir que la cuisson a un effet significatif ( $P < 0,05$ ) sur l'évolution du pH dans le gigot et dans la côte pour l'ensemble des régions (Tiaret, Djelfa et Ghardaïa), (Tab 26).

Tableau 26 : Effet de la cuisson et de la nature du muscle sur la teneur du pH.

Muscles Ph	Cuisson au bouillon		Cuisson au grillade		Effet facteur		
	Côtes	Gigots	Côtes	Gigots	Muscle	Cuisson	
<i>Tiaret</i>	6,26±0,27	6,18±0,29	6,55±0,34	6,38±0,68	P<0,05	NS	
<i>Djelfa</i>	6,51±0,21	6,17±0,07	6,62±0,15	6,47±0,18	P<0,05	NS	
<i>Ghardaïa</i>	6,28±0,06	6,22±0,10	6,74±0,13	6,65±0,62	P<0,05	NS	

(n=20, ± écart type, P<0,05 : effet significatif, NS : effet non significatif).

Nous avons constaté que le pH était plus important dans la viande provenant de la région Tiaret, qui est de 5,28 dans la côte crue pour progresser à 6,26 et 6,55 après cuisson au bouillon et en grillade, soit des gains de 0,98%, 1,27% environ. Pour le gigot, le pH évolue de 5,20 à l'état cru à 6,38 après cuisson grillade : soit un gain de 1,18% environ. Le pH des agneaux nourris par une alimentation à base d'herbe et d'autres à base des concentrés, varie en fonction de leur alimentation (CIV, 2011).

### 3- Effet de la cuisson sur les propriétés sensorielles

Plusieurs travaux se sont penchés sur l'impact de la cuisson sur les aspects sensoriels de la viande (Mourot et al., 2006; Kouba et al., 2008). Les fractions de lipides et d'acides gras recensés après analyse influencent la couleur et la flaveur de la viande (Kadim et al., 2008).

#### 3.1- Effet de la cuisson sur l'oxydation des lipides de la viande d'agneau

D'après les analyses statistiques, le traitement thermique révèle un effet non significatif sur la teneur en (MDA) des muscles étudiés. Toutefois, une augmentation de la teneur en MDA est enregistrée dans le lot Ghardaïa suite à la cuisson qui passera de 0,16 vers (0,58mg/kg de lipide), et de 0,11 vers (0,45mg/kg de lipide), soit un gain de 42% au niveau des côtes et 34% de en gigot (Tab 27).

Tableau 27. Teneur en MDA dans la viande des côtes et des gigots cuits ( $\mu\text{g}/100\text{g}$  de viande).

Muscles MDA	Cuisson au bouillon		Cuisson au grillade		Effet facteur		
	Côtes	Gigots	Côtes	Gigots	Muscle	Cuisson	
<i>Tiaret</i>	0,54±0,31	0,42±0,27	0,61±0,34	0,39±0,68	P<0,05	NS	
<i>Djelfa</i>	0,57±0,25	0,49±0,31	0,77±0,15	0,42±0,18	P<0,05	NS	
<i>Ghardaïa</i>	0,58±0,31	0,45±0,33	0,84±0,13	0,51±0,62	P<0,05	NS	

(n=10, ± écart type, P<0,05 : effet significatif, NS : effet non significatif)

Durant cette analyse, nous avons constaté que la teneur en MDA a évolué d'une façon non significative (P<0,05), après cuisson dans les muscles (côtes vs. gigots) étudiés. D'après les résultats obtenus, on constate que la viande d'agneau alimenté à base d'herbe à Tiaret présente une meilleure stabilité à l'oxydation par rapport à celle générée de l'aliment au concentré en Djelfa et Ghardaïa (0,12 vs. 0,14 vs. 0,16) pour les côtes et (0,09 vs. 0,11 vs. 0,13) pour les gigots.

Selon Benguendouze , (2012) le taux de MDA est d'autant plus élevé dans le muscle de côte que dans le muscle du gigot soit avant ou après cuisson. Cela est expliqué par la richesse de la côte en matière grasse sensible aux phénomènes d'oxydation favorisant par la suite l'accroissement des composés toxiques notamment le Malon dialdéhyde.

D'autre part, le Malon aldéhyde, produit ultime de la peroxydation lipidique, est un dialdéhyde. Il peut, en se fixant à deux chaînes peptidiques différentes, entraîner des pontages qui peuvent participer, comme les liaisons amides et les ponts disulfures, à l'agrégation des protéines *Gatellier et al., (2008)*.

En outre, le traitement thermique comme la cuisson de la viande stimule la peroxydation lipidique donnant naissance de ce fait à des aldéhydes réagissant avec les groupements amines des protéines pour donner des bases de « Schiff ». Ces oxydations vont entraîner des dénaturations importantes des protéines qui peuvent modifier leurs propriétés fonctionnelles et leur digestibilité *(Santé-Lhoutellier et al, 2008)*.

Cependant, l'augmentation de ces teneurs après cuisson (Tab 27) est liée d'une part aux pertes en vitamine E, principal antioxydant lipophile ainsi que la dénaturation des protéines intervenant vraisemblablement sur cette augmentation, et d'autre part à la richesse de la côte en matière grasse sensibles aux phénomènes d'oxydation favorisant le dégagement du Malondialdéhyde *(Durand D et al, 2006)*.

Il est intéressant de signaler que les résultats obtenus à travers notre expérimentation corroborent ceux de *Durand et al., (2006)* qui ont trouvé que la cuisson de type « rôti » du rumsteck et surtout celle en braisé du paleron génèrent des quantités très importantes de MDA (près de 4 µg/g de tissu), pouvant ainsi atteindre les valeurs limites d'acceptabilité déterminées par des tests organoleptiques comme rapportées par *Campo et al., (2006)*.

La cuisson n'altère pas les AGPI n-3, en effet leur concentration dans la viande d'herbe qui a subi une cuisson est significative. Les effets du système d'élevage sont conservés. Ce type d'élevage à l'herbe augmente les qualités nutritionnelles de cette viande d'agneau pour le consommateur.

Aucun goût désagréable (rancissement) lié à l'oxydation de la viande n'est détecté, cela explique que le niveau de peroxydation est réduit en cas de viande produite exclusivement à base d'herbe, en raison de l'activité antioxydante notamment de la vitamine E et les différents polyphénols contenus dans l'herbe.

### 3.2. Couleur de la viande

Les résultats statistiques indiquent que les paramètres de couleur des muscles (côtes et gigots) étudiés ont été affectés d'une façon significative par les différentes méthodes de cuisson. Les différents paramètres de couleur sont résumé dans les tableaux 28, 29.

**Tableau 28.** Couleur des muscles des côtes et des gigots d'agneaux élevés aux pâturages des hauts plateaux de Tiaret.

	Cuisson au bouillon		Cuisson au grillade		SEM	Effets facteurs	
	Côtes	Gigots	Côtes	Gigots		Muscle	Cuisson
<b>L</b>	65,21	66,46	62,49	65,53	2,47	P<0,05	P<0,05
<b>a*</b>	03,26	05,0	05,73	05,37	0,72	P<0,05	P<0,05
<b>b*</b>	10,24	10,23	10,22	10,02	1,16	P<0,05	P<0,05

Chaque valeur est la moyenne  $\pm$  SE; n=10. **L\***: luminosité; **a\***: indice de rouge; **b\***: indice de jaune. SEM : Erreur standard de la moyenne.

**Tableau 29.** Couleur des muscles des côtes et des gigots d'agneaux élevés aux pâturages steppiques de Djelfa.

	Cuisson au bouillon		Cuisson au grillade		SEM	Effets facteurs	
	Côtes	Gigots	Côtes	Gigots		Muscle	Cuisson
<b>L</b>	62,8	65,90	61,72	61,84	2,12	P<0,05	P<0,05
<b>a*</b>	05,46	04,29	06,38	09,98	0,95	P<0,05	P<0,05
<b>b*</b>	11,5	10,68	11,07	09,30	1,09	P<0,05	P<0,05

Chaque valeur est la moyenne  $\pm$  SE; n=10. **L\***: luminosité; **a\***: indice de rouge; **b\***: indice de jaune. SEM: Erreur standard de la moyenne.

Les paramètres de la couleur après cuisson sont dans des niveaux élevés pour les deux types de muscle (Tab 28, 29). La valeur de luminosité la plus élevée a été observée dans les gigots d'agneaux issus des pâturages de Tiaret, ayant subi une cuisson au bouillon, alors que la luminosité la plus faible a été détectée dans les côtes d'agneaux issues des parcours steppiques après une cuisson en grillade (Tab 28, 29). Selon *Jeon et al., 2013*, la couleur des viandes produites après la cuisson varie selon la méthode de cuisson.

D'après les résultats obtenus, la viande d'agneaux alimentés aux pâturages steppiques et au concentré est plus foncée que celle d'agneaux nourris uniquement d'herbe (14,05 vs. 8,01). Cependant, ces valeurs de l'indice de rouge ont été significativement affectées après cuisson au bouillon et en grillade (14,05 vs. 5,46 et 6,38), respectivement. *Gutzke et Trout, (2002)* ont constaté que le niveau d'autoxydation de la myoglobine augmentait 5 fois pour chaque augmentation de température de 10°C.

Divers auteurs ont démontré que la température et l'intensité lumineuse ont des effets significatifs sur le taux de changement de couleur (*Rosenvold et Wiklund, 2011*).

# **Discussion générale**

En termes de performances zootechniques les poids vifs initiaux étaient comparables pour les agneaux des trois groupes. Cependant, les poids vif à l'abattage ont montré des différences significatives relatives à la vitesse de croissance des agneaux en fonction de leur régime. La différence des gains moyens mensuels s'est manifestée nettement à la fin de l'expérimentation ( $P < 0,05$ ). En effet, les agneaux recevant du concentré dans le système alimentaire de Ghardaïa et Djelfa ont gagné des gains de poids supérieurs par rapport à ceux des agneaux recevant un aliment à base d'herbe dans la région de Tiaret. Ces résultats sont similaires aux résultats des travaux de **Turner et al. (2012)**. Selon ces auteurs, l'herbe consommée par les agneaux, bien qu'elle ait été d'une bonne valeur nutritive, n'a probablement pas permis l'ingestion d'autant d'énergie que ceux ayant reçu du concentré. Les agneaux alimentés à l'herbe (Tiaret, Djelfa, Ghardaïa) semblent être affectés par la durée (3 mois saison printemps) réduite de pâturage, un âge (7mois) précoce à l'abattage et en fin des pertes de poids sous forme de chaleur durant les déplacements. Certains auteurs préconisent des durées de pâturages prolongées pour exprimer un bon potentiel de croissance proportionnel à la richesse de l'herbe en matière sèche. **Appel et al., (2005)** confirment que l'état de chair et le gras dorsal à la palpation des agneaux nourris avec des concentrés à volonté étaient supérieurs comparativement aux agneaux nourri à l'herbe. Même, pour des poids similaires à l'abattage (ce n'est pas le cas dans notre étude) les carcasses du groupe d'agneaux élevées au pâturages étaient légères par rapport au carcasses des groupes d'agneaux alimentées au concentré. Cette différence est probablement due au fait que les agneaux au pâturage ont une plus grande liberté de sélection lorsqu'ils s'alimentent, ainsi, ils consomment les parties plus digestibles de la plante (feuilles) et délaissent les tiges (**Ådnøy et al., 2005**). Sur le plan qualité nutritionnelle de la viande obtenue dans cette expérimentation, principalement sur l'évaluation de la quantité des lipides totaux extraite à froid, des trois viandes examinées et l'analyse du profil des acides gras, nous avons constaté que les morceaux de viandes crus ou cuits analysés provenant des carcasses d'agneaux élevés aux pâturages sont plus maigres surtout au niveau du groupe Tiaret comparativement aux échantillons des carcasses d'agneaux alimentés par un aliment concentré dans le système Djelfa et Ghardaïa ( $p < 0.001$ ). Concernant la composition en acides gras, les animaux alimentés au pâturage produisent une viande caractérisée par un profil en acides gras potentiellement bénéfique. Ceci est en étroite corrélation avec la composition et la nature des lipides alimentaires ingérés. Les travaux de **Vasta et al., (2009b)**; **Nuernberg et al., (2008)** ont montré l'effet régime sur le profil des acides gras de la viande. La quasi-totalité des acides gras exprimés en (% AG identifiés) dans les muscles *Longissimus dorsi* et *Biceps femoris* des agneaux élevés dans différents systèmes d'élevages qui ont affiché des différences hautement significatives au niveau des viandes de groupe Tiaret par rapport au viande des groupes Djelfa et Ghardaïa. Les acides gras polyinsaturés n-3 avec en tête de file l'acide alpha linoléique suivi des acides gras polyinsaturés Longue Chaines représenté essentiellement par Le DPA et DHA sont

très bien représentés dans les viandes des pâturages. Ces résultats concordent avec des recherches antérieures selon les quelles la composition en acides gras intramusculaire est influencée par la composition en acides gras des aliments. Les AGPI n-6 et les AGMI sont prédominants dans les viandes d'agneaux élevés en intensif par un aliment concentré. Les proportions des principaux acides gras saturés notamment le C16 :0 et le C18 :0 ont connu des variations avec et sans signification statistique en fonction de la nature des viandes analysées et le traitement qu'a subit ses viandes. Globalement, les deux acides gras sont pratiquement présents dans les deux types de muscles. Les rapports n-6/n-3 et AL/ALA sont nettement influencés par ces concentrations en faveur des viandes issues d'agneaux de pâturages contrairement à celles issues du concentré (3.45 vs. 3.01) et AL/ALA (9 vs. 5.67), respectivement . En fin, l'amélioration de la qualité du gras intramusculaire est tributaire du type du régime riche en AGPI n-3 dominant dans les herbes des pâturages. La viande d'agneaux élevés au pâturage pourrait permettre de développer un produit à valeur santé. La couleur des viandes issues d'agneaux du système Djelfa est plus foncée que celle des agneaux élevés sur des pâturage de Tiaret avec un indice a\* plus ou moins prononcé surtout dans les muscles des côtes que des gigots. Ceci est relatif à la teneur en myoglobine qui augmente en fonction de l'âge (*Luciano et al., 2009*). L'indice b\* a été en faveur des agneaux consommant du concentré (côtes et gigots), ce qui indique que le gras de ces agneaux est plus jaune que celui des agneaux consommant de l'herbe des pâturages. Ces résultats sont accord avec ceux de *Joy et al., (2008)*. En matière de flaveur, les viandes rouges enrichies en acides gras polyinsaturés, au pâturage semble être améliorée par les antioxydants naturellement présents dans l'herbe du système Tiaret et Djelfa. La lipoperoxydation observée durant la conservation de ces viandes est souvent accompagnée par l'altération de la flaveur avec des taux de Malondialdéhyde élevés surtout dans les muscles des côtes que dans les muscles des gigots. Cette augmentation est liée à la richesse de la côte en lipides sensibles aux phénomènes d'oxydation favorisant par la suite la libération du Malondialdéhyde (*Durand D et al, 2006*). La flaveur des viandes des côtes d'agneaux du lot Tiaret est caractérisée par une moindre intensité que celle des viandes du lot Djelfa, ceci apparait être un avantage, car les consommateurs sont sensibles à la présence du goût "mouton" qui peut devenir un facteur de rejet s'il est trop prononcé (*Auroussou, 2004*). Parmi les composés responsables de la flaveur typique de la viande ovine, les acide gras à courtes chaines jouent un rôle important, en particulier les acides 4méthyl-octanoïques et 4méthyl-monanoïque (*SH Reurs et al, 2007*). L'enrichissement des viandes en AGPI obtenu par l'incorporation de l'herbe dans la ration de l'agneau a une incidence sur les qualités gustatives perçues par le consommateur. Le goût étant moins prononcé que les viandes des pâturages. Aucun gout désagréable (Rancissement) lié à l'oxydation de la viande n'est détecté, cela explique l'absence d'une peroxydation des AGPI (la peroxydation est à des taux importants en comparaison entre région pour les deux muscles mais les résultats ne sont pas significatifs).

Dans ce cadre **Bonneau, (1988)** rapporte que les tissus adipeux participent de façon cruciale à la formation de la flaveur des produits carnés qui peut être altérée par une peroxydation des AGPI. La crainte liée à une oxydation des lipides conduisant à une altération de la flaveur, ne semble pas être justifiée par les niveaux d'enrichissement en oméga3 obtenus par le régime contenant du concentré chez l'agneau; ceci rejoint l'observation de **Normand et al, (2006)** qui montrent que l'enrichissement en AGPI n-3 obtenus par l'incorporation du lin dans la ration des gros bovins n'a aucune incidence sur les qualités gustatives perçues par le consommateur. Dans les deux viandes, la cuisson s'est traduite par une élévation de la teneur en lipides, ces teneurs progressent significativement par l'augmentation de la température de cuisson (bouillon par rapport au grillade), une progression de l'ordre de 19% à Tiaret et 20% dans le groupe Djelfa, respectivement. Nos résultats corroborent ceux de **Nikmaram et al., (2011)** qui ont trouvé que la cuisson de type rôti de la viande de dromadaire entraîne une augmentation du taux de lipides due à la déshydratation de la viande. A travers les résultats de l'effet de la cuisson, il est permis de constater que l'évolution de l'acide linoléique et de l'acide alpha linoléique ont varié différemment. Les côtes d'animaux de la zone Djelfa ont une teneur plus élevée en C18:2 n-6c comparativement à celles du groupe Tiaret ( $P < 0,05$ ). L'influence de l'alimentation à base d'herbe de la steppe de Djelfa se manifeste également par l'augmentation de l'acide linoléique (C18:3 n-3) intramusculaire comparativement à Tiaret (0,92% vs 0,51%), respectivement. Globalement, des taux relativement importants des AGPI totaux après cuisson sont observés dans la viande cuite au bouillon (12.24% et 15.81%) avec une progression remarquable après une cuisson à la grillade dans la viande issue de Tiaret et Djelfa (15.75% à 16.64%), respectivement. Cette variabilité est expliquée par la présence de niveaux non visibles de graisses sous-cutanées et intermusculaires, qui se liquéfient pendant la cuisson et l'absorption par le tissu maigre entraîne des valeurs supérieures à 100% (**Bragagnolo & Rodriguez, 2003**). Des résultats similaires ont été obtenus par **Alfaia et al., (2009)**; **Blanco et al., (2010)** sur des taurillons. Les différences de variations des teneurs en acides gras après cuisson, s'expliquent selon **Normand et al, (2006)** par un simple phénomène de concentration lié aux pertes d'eau à la cuisson. La cuisson ne semble pas avoir modifié d'une manière importante les rapports LA/ALA (6.66% vs. 6.26%) en Tiaret et Djelfa, respectivement. La relative stabilité lors de la cuisson n'altérerait pas la valeur santé de la viande surtout que cette viande provenant du concentré renferme plus d'AGPI n-3, que celle du lot herbe, de l'ordre de 2.63% vs. 2.27%. Il est donc clair que l'enrichissement de la viande en concentré est directement proportionnel à la qualité de lipides gagnée au cours de la cuisson. Malgré les améliorations observées, le rapport AGPI/AGS reste proche de la norme admise de 0,45. Le profil des acides gras de la viande reflète l'équilibre entre les acides gras du régime et la synthèse hépatique. Ce profil est donc fortement influencé par la composition en acide gras du régime qui corrobore les résultats obtenus par **Mossab (2001)**.

**Conclusion**  
**et**  
**Perspectives**

La viande des ruminants, reste un produit alimentaire très attractif de part ses apports nutritionnels et ses qualités sensorielles. Ces facteurs sont influencés par le niveau et la nature des apports alimentaires notamment en lipides.

Les résultats de cette étude suggèrent que les régimes alimentaires issus des hauts plateaux de Tiaret et des régions steppiques de Djelfa et Ghardaïa jouent un rôle important dans la composition des arômes et des acides gras de la viande d'agneau. La proportion d'acides gras polyinsaturés n-3 était plus élevée dans la viande d'agneau alimenté aux pâturages steppiques, ainsi que le rapport C18:2 n-6/C18:3 n-3 (11,88% en Ghardaia et 5,67% en Djelfa contre 5% à Tiaret pour le muscle de côte), était plus conforme aux recommandations des nutritionnistes. Dans l'ensemble, le régime alimentaire joue un rôle important sur la couleur, cette dernière a été décrite comme plus foncée pour la viande provenant d'agneaux nourris avec du concentré que celle des agneaux nourris d'herbe. Les changements dans les valeurs de l'indice du rouge (a\*) semblent être entraînés par l'oxydation des lipides et sont fortement corrélés avec les valeurs de malondialdéhyde.

En ce qui concerne les composés aromatiques, un grand nombre des substances volatiles ont été identifiées, caractérisées par: des alcanes, des aldéhydes, des alcools, des esters et des acides carboxyliques. Des teneurs appréciables ont été retenues pour: hexanal, 2 méthyl-3- furanithiol, 2,4 bis 1,6 diméthyléthyl et le nonanal, notamment pour la viande d'agneaux alimentés au concentré dans le groupe Djelfa . Ces composés chimiques sont principalement responsables des caractéristiques de la flaveur pastorale de la viande cuite d'agneaux nourris d'herbe que ce soit dans les hauts plateaux ou dans les régions steppiques, avec une flaveur intense décrite pour la viande d'agneaux alimentés au concentré, ce dernier lui confère une saveur typique. Il est également important de souligner que l'Algérie a d'importants écosystèmes naturels. L'écosystème de la steppe Algérienne est très intéressant pour l'élevage de moutons en plein air et permet d'obtenir une viande à valeur diététique recommandée par les nutritionnistes et une qualité sensorielle attrayante.

Élever des agneaux à base d'herbe des pâturages, semble une alternative intéressante et avantageuse. Toutefois, la qualité des viandes peut être influencé par de nombreux facteurs comme l'adaptation des systèmes d'élevages aux conditions climatiques, le choix des rations de base et la situation géographique relative au terroir qui pourra lui conférer le caractère label.

Les résultats de notre expérimentation se sont montrés prometteuses dans la mesure où les concentrations des AGPI n-3 exprimés en % d'AG identités de viande sont encourageantes.

La sensibilité des acides gras des viandes d'herbe au phénomène de lipopéroxydation nous laisse penser à la richesse de la ration en antioxydants naturels (polyphénols, flavonoïdes et de la vitamine E), qui lui permettent la protection vis à vis des phénomènes d'oxydation et par conséquent une meilleure préservation de ses caractéristiques organoleptiques notamment la flaveur et la couleur qui représentent des éléments de base de la construction de la qualité sensorielle.

La cuisson comme traitement technologique induit une perte en eau qui entraîne essentiellement des protéines, mais à l'inverse, la quantité de lipides va se trouver concentrée par la diminution de la matière sèche.

L'analyse approfondie de la composition biochimique et de l'oxydation lipidique de la viande crue et cuite, nous a permis d'établir des différences très nettes pour les côtes et les gigots. Cependant, les muscle étudiés, se caractérisent par leurs teneurs différentes en lipides. En effet, les lipides totaux apparaissent dans des proportions relativement élevés dans le muscle *Longissimus dorsi* par rapport au *Biceps femoris*. Présentement, le muscle *longissimus dorsi* est très sensible à l'oxydation lipidique due à sa richesse en lipides, ce qui explique la teneur élevé en **MDA** généré dans ce muscle.

Ce traitement n'altère pas les AGPI n-3, de plus les effets du système d'élevage sont conservés. Ce type d'élevage à l'herbe augmente les qualités nutritionnelles de cette viande d'agneau pour le consommateur.

Dans l'éventualité d'une poursuite de ce travail d'autres investigations sont nécessaires notamment celles portant sur des recherches sur la détermination du profil en acides gras (CLA), les phospholipides et de la vitamine E, ainsi que la qualité organoleptique à travers l'identification des composés volatiles contenus dans le régime, et enfin la qualité sensorielle par l'entremise d'un test de dégustation est très nécessaire.

Il conviendrait aussi de tenter d'établir d'autres paramètres comme l'effet de la congélation à long terme, le conditionnement et de l'emballage en relation avec la qualité du pâturage et l'âge des animaux.

## Research Article Fatty Acids Composition and Sensory Properties of Lamb Meat Fed on Steppe and Highland Pastures

<sup>1,\*</sup>N. Berrighi, <sup>1</sup>L. Belkacemi, <sup>1</sup>K. Boudroua, <sup>2</sup>M. Santaella, <sup>2</sup>G. Ros and <sup>2</sup>G. Nieto

1Laboratory of Food Technology and Nutrition, Mostaganem University, Algeria

2Department of Food Technology, Nutrition and Food Science, Veterinary Faculty University of Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Espinardo, Murcia, Spain

### Abstract

**Background and Objective:** Interest in meat fatty acid composition stems mainly from the need to find ways to produce healthier meat, with a higher ratio of polyunsaturated to saturated fatty acids and a more favorable balance between n-6 and n-3. The purpose through this study is to assess the effect of diet on fatty acids and colour characteristics of lamb meat.

**Materials and Methods:** In this study two

separate groups of Rembi breed was used either reared in a highland area and feeding on pasture supplemented with hay or reared in a steppe area and feeding on pasture supplemented with concentrate. The study was carried out from March to June, 2015. After slaughter, samples of the Biceps femoris were removed from each carcass and placed in ice in isothermal boxes to be transported to the laboratory. The dissected muscles were trimmed, minced in a meat grinder and stored at -20°C for further analysis. **Results:** The results showed more fat in the meat from the steppe group lambs than the highland one (3.80 vs 1.94%, respectively,  $p < 0.05$ ). The polyunsaturated fatty acid (PUFA) levels were higher in meat issued from lambs reared in the steppe than those from the highland region. The n-3 polyunsaturated fatty acid and C18:3 n-3 levels were significantly higher in the tissue from the highland group, but there was no significant difference between the highland and the steppe lamb meat with regards to C18:2 n-6 levels. The C18:2 n-6/C18:3 n-3 and n-6/n-3 ratios could be considered ideal for human health in both groups: 6.55 and 8.04% for highland animals, respectively ( $p < 0.001$ ) and 10.50 and 12.68% for the steppe-bred animals ( $p < 0.001$ ), respectively. Overall, the feeding system played an important role in the colour of the resulting meat and the results point to significant differences in the amounts of colour parameters i.e., redness, luminosity and yellowness. **Conclusion:** Lamb meat produced on Algerian steppe and highland areas seems to have better sensoriel and nutritional quality, especially in term of fatty acids quality, which linked to the graze diversity and quality present in these lands. Based on these results and from a fattening perspective, grazing is declared to be an economically sustainable husbandry system.

**Key words:** Fatty acids, colour meat lamb, steppe, grazing, highland

**Received:** December 20, 2016 **Accepted:** January 23, 2017 **Published:** February 15, 2017

**Citation:** Nabila Berrighi, Louiza Belkacemi, Kaddour Boudroua, Marina Santaella, Gaspar Ros and Gema Nieto, 2017. Fatty acids composition and sensory properties of lamb meat fed on steppe and highland pastures. Asian J. Anim. Sci., 11: 88-95.

**Corresponding Author:** Nabila Berrighi, Laboratory of Food Technology and Nutrition, Mostaganem University, Algeria Tel: +213799645627

**Copyright:** © 2017 Nabila Berrighi et al. This is an open access article distributed under the terms of the creative commons attribution License, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Competing Interest:** The authors have declared that no competing interest exists.

**Data Availability:** All relevant data are within the paper and its supporting information files.

**Implications.** Sheep farming is one of the most traditional agricultural activities and has a big impact in the rural economy and for the livestock industry. Ruminant meats from animals allowed to feed on steppe and highland pastures are natural and organic products with sensory qualities much appreciated in terms of colour and fatty acid profile. Concentrate elevated PUFA contents and increased susceptibility of muscle fat to lipid oxidation; however, the lamb meat produced exclusively on highland pastures presented higher concentration of components that are considered beneficial to human health, such as n-3 fatty acids, and a lower n-6/n-3 ratio. Grass is richer in polyunsaturated fatty acids than concentrates. This modification of fatty acid profile is very important because in the last decades consumers' perception of red meat has been influenced by alarming rumours, mainly related to nutritional implication on human health, leading to an indiscriminate and unjustified avoidance of these products. Therefore, this study revalorizes lamb meat and livestock industry.

**INTRODUCTION.** In Steppe, sheep farming is one of the most traditional agricultural activities and occupies a very important place in domain of animal production and is the first red meat provider. According to the Algerian Ministry of Agriculture, the total sheep population was estimated to 22 million head in 2015, and grazing in arid regions, mainly steppe, covered 12 million hectares. Thus, because of its importance, it plays an essential function in the rural economy and is actively involved in the production of red meats. Lamb production in steppe and some other regions is primarily based on year-round extensive finishing systems. Under these finishing systems, animals are often feeding on widely differing diets. It is known that diet has a major effect on polyunsaturated fats in meat<sup>1</sup>. Pannier et al<sup>2</sup> reported that extensive lamb production sometimes produces meat with high levels of long chain omega-3 fatty acids, but not always. This is not surprising because

of the wide range of finishing diets used in extensive grazing systems. Production factors, such as breed, age, feeding system or food composition, have been shown as important constituents in the fatty acid composition of lamb<sup>3</sup>.

Changing the fatty acid profile of lamb meat to obtain a lower proportion of saturated fatty acids (SFA) is an important way to produce a healthier meat for the consumer. According to the literature, this can be achieved through the use of lipid sources in the diet<sup>1,4</sup>. The colour of lamb meat is crucial to ensure customer appeal and strongly contributes to the product value. Meat that remains red during display is stable in colour, and lamb meat is regarded as less stable than beef meat<sup>5</sup>. The aim of this study is to investigate the main effects of the rearing system i.e. feeding diets in the steppe and the highlands on meat quality.

## MATERIALS AND METHODS

**Study location:** The study was carried out on Twenty seven month-old lambs, with an average body weight (W) of 32.2±2.38 kg. Lambs were divided into two equal groups (n=10). The first group was put out to pasture from the 21<sup>th</sup> March to the 21<sup>th</sup> June 2014 on a highland farm (latitude 35°37'85"N and longitude 1°32'57"E), and the second group was reared on a steppe farm (latitude 34°66'67"N and longitude 0°3'25"E).

**Description of studied farms:** The lambs were randomly selected from a large flock of sheep. The steppe and highland pastures were divided into five paddocks about 1 ha each one, and the animals were allowed to graze freely on young spring grass until the end of the spring season, with a free access to water. On the both farms and during the experiment, the lambs were put out to pasture twice a day from 7 to 11 a.m and from 4. to 6 p.m.

**Data collection and recording:** The sampling plan for the diets consisted of a randomly hand-picking about 3 to 4 kg of crude grass throughout all of the territories grazed for further analysis. The pastures consisted of small and medium sized herbaceous forage resistant to arid conditions. The dominant species of plants in the steppe pasture were wormwood (*Artemisia herba-alba*), Halfa grass (*Stipa tenacissima*), Sparta grass (*Lygeum spartum*) and *Atriplex halimus*, with various other important species in the highland, such as *Zizyphus lotus*, *Pistacia atlantica*, ray-grass (*Lolium perenne* L), laser white (*Laserpitium latifolium*), kava fruit (*Pometia pinnata*), salad rocket (*Eruca sativa*), knotweed bistort (*Bistorta officinalis*) and sweet broom (*Arthrophytum scoparium*). The highland lambs were also given hay and the steppe animals a standard concentrate feed in order to attain a desirable commercial body weight. The composition of the diets is shown in Table 1.

**Collecting samples.** After three months of grazing, all the lambs from both highland and steppe groups were slaughtered, and eviscerated in a local commercial slaughterhouse. Samples of the *Biceps femoris* were removed from each carcass and placed in ice in isothermal boxes to be transported to the laboratory. The dissected muscles were trimmed, minced in a meat grinder and stored at -20°C for further analysis.

**Diet and meat analyses.** The chemical composition was determined in both diet and meat. Both samples were placed in a drying oven at 103 °C for 24 h and 550 °C for 4 h, to determine respectively the dry matter and crude ash contents<sup>6</sup>. The total lipid content of each sample was extracted using chloroform-methanol (2:1) according to the method described by Folch et al<sup>7</sup>. The neutral detergent fiber, acid detergent fiber and acid detergent lignin were measured using the Van Soest method<sup>8</sup>. The crude proteins were determined according to the Kjeldahl method<sup>6</sup>. The total phenol in the diets was measured according to Borowska et al<sup>9</sup>. Ground forage (10 g) was twice extracted with 80 ml of methanol containing 0.1% HCL.

After mechanical stirring, the homogenate was centrifuged at 4,000 rpm for 15 min, and the supernatant was collected. Finally, the methanolic extract was concentrated under reduced pressure at 60 °C using a rotary evaporator BUCHIR R-210. Fatty acids profile. Extracted lipids were dissolved in hexane and the fatty esters were methylated by addition of 2N potassium hydroxide in methanol. Separation and quantification of the different fatty acids were made by gas liquid chromatography, using an Agilent Technologies 7890A chromatograph, (Agilent Technologies Palo Alto, CA, USA) equipped with a flame ionisation detector (FID) operated with a split ratio of 20:1. The column was a DB-23 (60 m, 0.25 mm i.d., 0.25 mm coating thickness (Agilent Technologies). The injector and detector temperatures were held constant at 250 °C and 280 °C, respectively. The oven temperature was programmed at 50 °C for 1 min and ramped at 25 °C/min to 175 °C followed by further ramping at 4 °C/min to 220 °C which was held constant for 18min. The carrier gas, helium, was held at a constant pressure of 230 kPa. Chromatographic air and hydrogen (400ml/min and 35 ml/min, respectively) were supplied to the FID. Methyl esters were identified by comparing the retention times with those of known fatty acid methyl ester (FAME) standards (Supelco 37 component FAME Mix, both from Supelco, St. Louis, MO, USA). The relative proportion of each fatty acid in the meat was reported as a percentage of the total fatty acid in the meat (FAME) present in the injected sample. The sum of the saturated, monounsaturated, polyunsaturated and highly unsaturated fatty acids and the ratio between n-3 and n-6 fatty acids were also calculated.

**TBARS measurement.** The measurement of "TBA" index was performed according to the method adapted by Genot<sup>10</sup>. A sample of 2 gm meat was placed in a 25 ml tube containing 16 ml of 5% (w/v) trichloroacetic acid and optionally 100 µl of ascorbic acid (Vitamin C). The mixture was homogenized 3 times for 15 seconds using a homogenizer (Ultra-Turax) at 20,000 tpm. The ground material was passed through a filter paper to obtain a filtrate. From this filtrate 2 ml were added to 2 ml of Thio barbituric acid. The closed tubes were immersed in a water bath at 70 °C during 30 minutes then in a cold water bath. Thereafter, the absorbance of the reaction mixture was measured at 532 nm using UV-visible spectrophotometer (JENWAY) and the results were expressed in mg equivalent MDA (malondialdehyde)/kg.

**Colour of meat.** The color was determined through a slice of meat about 1 cm thick which was cut to expose a portion of the muscle in the air. After 30 minutes of oxygenation, parameters Luminosity (L\*), the redness index (a\*) and the yellowness index (b\*) were determined with a colorimeter (Chroma meter CR Data processor 300 and, Minolta Co., Ltd., Japan).

**Statistical analysis:** The data analyses included a single-factor analysis of variance with a block organization, and an average pair wise comparison. The data were first analysed using descriptive methods (mean, standard deviation, box-plot and based on the criterion of dietary effect), and then by multivariate analysis (principal component analysis applied to game data online, including the fatty acids, lipid stability and colour in the muscles from steppe and highland-raised animals. The statistical calculations were carried out using a monofactorial variance analysis (ANOVA), followed by a comparison of the means according to the Newman-Keuls test. The results are presented in terms of p values, with a level of significance p<0.05.

## RESULTS

**Chemical composition of the diets:** The results for the diets are summarized in Table 2. In general, there was a slight difference ( $p < 0.05$ ) in the crude protein content between the steppe diet and the highland one the neutral and acid detergent fibers and acid detergent lignin were much higher for the highland forage than the corresponding steppe forage. However, the percentages of crude fiber were higher in the pasture and concentrate given to the steppe group lambs than in the pasture and hay given to the highland animals (Table 2). Moreover, the fat content was higher in steppe pasture (3.34%) and concentrate (4.73%) than in the highland pasture (3.29%) and hay (1.34%), ( $p < 0.05$ ). The steppe regimen saturated and monounsaturated fatty acids content was much higher than the highland one (Table 2). The FA profile shows that the oleic content of the steppe diet was higher. At the same time, the  $\alpha$ -linolenic acid was clearly higher in the steppe pasture and concentrate than in the highland diet (Table 2).

**Meat composition:** The meat composition (dry matter, moisture, ash, fat) showed significant differences ( $p < 0.05$ ) between the highland and steppe groups. Concerning the protein content, it was more important in the highland than in the steppe group (15.50% vs. 15.41%, respectively,  $P < 0.05$ ) (Table 3).

**The meat fatty acids:** The meat total lipids contents from Steppe diet were lower than those from pastures highland (Table 4). In comparison with steppe group, meat from highland lambs displayed more SFA ( $p < 0.05$ ). However, the PUFA displayed much more substantial quantities in meat from the steppe group ( $P < 0.05$ ). The total LA/ALA, n-6/n-3 and PUFA/SFA were significantly higher ( $P < 0.001$ ) in the lamb meat issued from steppe area (Table 4).

**Sensory properties:** Table 5 underline the low degradation that occurs in meat as a result of oxidation. An important level of MDA was observed in the lamb meat from steppe than those from highland one (respectively 0.13 mg vs 0.09 mg malondialdehyde per kg of meat), even though no statistically no significant difference was reported. The results showed significant effects of the feeding system on meat colour (Table 5) between the steppe and highland groups. The L\*, a\* and b\* values increased ( $p < 0.05$ ) in the steppe lamb meat, and decreased in the highland one ( $p < 0.05$ ).

## DISCUSSION

**Diet chemical composition:** The composition of the improved pasture used had a lower dry matter whose the level was comparable to those of Blankson et al<sup>11</sup> study. On the contrary, the concentration of protein in the steppe diet was higher. As to fatty acid composition, the pasture from the steppe contained higher C16:0 (palmitic acid) and C18:0 (stearic acid) concentrations than those of the highland. These dietary proportions agreed with the findings of a previous study<sup>12</sup>. C18:3 n-3 was as well as much higher in the steppe pasture compared to the highland one (28.70% vs. 20.64%, respectively) than in the steppe concentrate compared to hay in the highland (4.09% vs. 3.93%, respectively). These results are comparable to those obtained by Arousseau et al<sup>13</sup>. The concentrations of MUFA, represented by oleic acid (C18:1 n-9), and the PUFA percentages (C18:2 n-6 linoleic and C18:3 n-3  $\alpha$ -linolenic acid) were higher in the steppe pasture and concentrate compared to the highland pasture and hay. McAfee et al<sup>14</sup> have shown that long chain omega-3 PUFA, such as eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), have beneficial effects over other fatty acids present in diets for the maintenance of long term health. The DHA level was observed to be considerably higher in steppe than in the highland pasture, most likely due to much more green pasture associated with more rainfall<sup>15</sup>. More recently, nutritionists have focused on the type of PUFA and the balance in the diet between n-3 PUFA formed from  $\alpha$ -linolenic acid (18:3) and n-6 PUFA formed from linoleic acid (18:2)<sup>16</sup>.

**Meat composition:** There were significant differences ( $p < 0.05$ ) in the chemical meat composition between the two groups. This is due to the variety of the botanical species and the differences in soil between the two regions. In addition, under grazing conditions, animal might select differently a specific roughage species. The our finding suggest that the diets had no significant effect on the protein content of meat except for the higher intramuscular fat content observed in the meat from the lambs grazing on the steppe. Despite exhibiting differences, the protein contents in the meat were within the expected range<sup>17</sup>. The results suggests that the total protein content is less variable in lamb meat observed in the biceps femoris muscles, and this is independent of diet, breed, the genetic group, and the physiological conditions<sup>18</sup>.

The low average fat content of 2.8% in the lamb meat steppe group is consistent with the results of Nold et al<sup>19</sup> who have reported that intramuscular lipids of semimembranosus, biceps femoris and gluteus medius had 2.15%, 2.12%, and 1.75%, respectively.

**Meat Fatty acids:** The meat from the steppe lambs fed on the pasture and concentrate diet showed a lower intramuscular lipid content (1.94%), than those from group fed with highland pasture and hay (3.80%). The muscle fatty acids can be affected by factors such as diet, species, over/underweight, age, gender, breed and season<sup>4, 20</sup>. In the present study, the fatty acid composition differed between the meats and was affected by the diets. The mean average of stearic acid (C18:0) content was significantly higher in the highland meat, while oleic acid was the predominant fatty acid in the muscles of the steppe lamb meat (41.47% vs 34.80% respectively,  $p < 0.001$ ). These findings are consistent with those of a previous study of Popova<sup>21</sup>. Trans-oleic acid (C18:1n-9t) levels showed no significant differences between the two groups in this study, while another author has found a high accumulation in the rumen of conjugated linoleic acid via  $\Delta 9$  desaturase<sup>22</sup>. In the present study, meat contained, in average, 15.81% PUFA, 45.76% MUFA, and 49.47% SFA in the steppe lamb meat and 14.46% PUFA, 44.79% MUFA, and 49.65% SFA in the highland one. The MUFA and PUFA concentrations obtained in our study were higher than those obtained by Padre et al<sup>23</sup>. The effect of rearing on fatty acid composition seems to be limited to differences in SFA and MUFA concentration. Alfaia et al<sup>24</sup> attributed the higher protection from bio-hydrogenation in the rumen to the fatty acids contained in fresh pastures relative to grains and silage. The levels of the PUFA were particularly higher in the meat from the lambs grazing in the steppe (15.81%) than in highland (14.46%) ( $p < 0.05$ ). This finding is similar to the results of the study Ådnøy et al study<sup>25</sup>, who collected samples from different pastures including mountains. This could first be explained by the higher botanical diversity found in the steppe and/or by the higher proportion of legumes, such as *Lotus pedunculatus* and *Trifolium repens* (white clover), growing in the steppe. Lourenco et al<sup>26</sup> reported that lambs fed a grass and legume mixture had higher proportions of polyunsaturated fatty acids in their muscle tissues than lambs fed grass only. There is consensus among researchers cited that the higher PUFA n-3 content in pastures accounts for the deposition of C18:3 n-3 in the meat, and, in the present study, the meat from pasture highland had 2 fold more  $\alpha$ -linolenic

acid than those from the steppe lambs. Although a large part of that fatty acid is hydrogenated in the rumen to stearic acid, a proportion escapes ruminal fermentation and is absorbed at the small intestine<sup>3</sup>. There was significantly higher proportion of C20:4 n-6 in the muscles from the steppe group than in those from the highland one (0.20% vs. 0.12%, respectively,  $p < 0.001$ ). These findings were probably related to the fatty acids metabolism, season or rearing system<sup>27</sup>. The fatty acid concentrations were linear in terms of the amount of total fat, but their slope depended on the diet concentrate-based diets have higher PUFA n-6 content<sup>24</sup>; however, in the present study, no differences in C18:2 n-6 concentration in the meat of lambs fed on highland and steppe pastures were observed (respectively 3.21%, and 2.94% in average;) (Table 4). There was a significant effect of feeding on the concentrations of n-3 PUFA, the C18:3 n-3 ( $p < 0.001$ ), resulting in a greater total ratio of n-3 fatty acids ( $p < 0.001$ ), with higher values for fed-pasture lambs as well in highland than in the steppe. Sanudo et al<sup>3</sup> reported that the grass fed animals had higher muscle concentrations of n-3 PUFA and the concentrate fed animals had higher concentrations of the n-6 PUFA. Pasture-based systems rather than concentrate-based feeding systems increase the n-6/n-3 and PUFA/SFA ratios in cattle muscle lipids<sup>28</sup>. However, the LA/ALA and n-6/n-3 ratios which are much more desirable for human health have higher proportions in the steppe lamb meats (10.50% and 12.68, respectively,  $p < 0.001$ ). A significant decrease in the LA/ALA and n-6/n-3 ratios in the grass fed highland lambs was observed (6.55% and 8.04, respectively,  $p < 0.001$ ). According to Raes et al<sup>22</sup>, the ratio of n-6:n-3 PUFA is particularly low in ruminant meats, especially from animals that have consumed grass which contains high levels of 18:3. This equally applies to the omega 3 content of lamb meat derived from lambs that have previously been grown in green pasture, meeting the nutritional recommendations of the World Health Organization, with regard to the nutritionally positive effects of polyunsaturated n-3 fatty acids on the prevention of cardiovascular disease, obesity and cancer. Fatty acid compositions in meat have received an increased interest considering these implications for human health and product quality<sup>29</sup>. The ratios of polyunsaturated fatty acids to saturated fatty acids are widely used to evaluate the nutritional value of fat.

#### **Sensory properties:**

**Lipid stability:** In the present study there was no effect on the lipid stability values between the both groups. However, lipid oxidation increased in the meats of animals receiving concentrate as a lipid source, exceeding the cut off value of 0.13 mg malonaldehyde per kg of meat. This important oxidation possibly occurred due to the greater PUFA concentrations found in the biceps femoris muscles from these animals. According to McKenna et al<sup>30</sup>, the muscular rate of lipid oxidation may also act as an indicator of the degree of meat pigment susceptibility to oxidation, bearing in mind the close relationship between these two oxidation processes.

**Colour:** The meat color data are summarized in Table 5 and are discussed with regard to the dietary effects between highland and steppe ( $P < 0.05$ ). For the L\*, a\* and b\* values, the changes in meat color are probably best represented by variations in lightness (L\*). The color indices (L\*, a\* and b\*) of legs muscles from the animals that consumed pastures and concentrate exhibited a consistent increase ( $P < 0.05$ ) and lamb meat from the steppe is more red. This fact is consistent with the statement that the effect of nutrition on meat color, especially the redness index (a\*), is associated with the instability of heme pigments<sup>31</sup>. This could possibly be explained by difference in oxygen uptakes of post mortem muscles, so the more lamb meat absorbs oxygen, the more it is exposed to oxidation. Faustman et al<sup>32</sup> reported that lipid oxidation could promote myoglobin oxidation. Consequently, the factors affecting lipid oxidation in meat can also influence meat color). The selection for muscles reduced oxidative capacity of muscle in sheep, which would lead to the observed improvement in colour. Recent research has shown that the color of the meat can be influenced by the weight of the carcass at slaughter, because heavier carcass is associated with more red and darker meat<sup>33</sup>.

#### **CONCLUSION**

The results of this study suggest that steppe and highland diets play important roles in the fatty acid composition of lamb meat. The proportion of n-3 PUFA was higher in the highland lamb meat; however, the C18:2 n-6/C18:3 n-3 ratio in steppe lamb meat was more consistent with the recommendations of nutritionists with regard to the highland one. Overall, the impact of the feeding regimen on the colour of meat from lambs fed concentrates is darker than that of lambs fed with grass. Changes in the a\* values appear to be driven by lipid oxidation and are strongly correlated with the TBARS values. Finally, the results from this study show that lambs allowed to graze in natural pastures, especially in the steppe and highland, presented a modified meat composition which provides a significant increase in a functional lipids which have positive influences on health.

**Conflict of Interest** The authors declare that there are no conflicts of interest.

The manuscript does not contain clinical studies or patient data.

#### **ACKNOWLEDGMENTS**

The authors thank Antonia Tovar from the Veterinary Faculty of the University of Murcia for their technical assistance.

#### **REFERENCES**

1. Daley, C.A. Abbott, A. Doyle, S.P. Nader, A.G. and S. Larson, 2010. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *J. Nutr.* 9, 1–12. DOI: 10.1186/1475-2891-9-10. PMID: 20219103.
2. Pannier, L. Ponnampalam, E.N. Gardner, G.E. Butler, K.L. Hopkins, D.L. Ball, A.J. Jacob, R.H. Pearce, K.L. and D.W. Pethick, 2010. Prime Australian lamb supplies key nutrients for human health. *Anim. Prod. Sci.* 50(12) 1115-1122. <http://dx.doi.org/10.1071/AN10132>.
3. Sañudo, C. Enser, M.E. Campo, M.M. Nute, G.R. Maria, G. Sierra, I and J.D. Wood, 2000. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Sci.* 54, 339–346.
4. Wood, J.D. Enser, M. Fisher, A.V. Nute, G.R. Sheard, P.R. Richardson, Hughes, S.I. and F.M. Whittington, 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality. *Meat Sci.* 78(4):343-58. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.07.019.
5. Gutzke, D.A. and G.R. Trout, 2002. Temperature and pH dependence of the autooxidation rate of bovine, ovine, porcine and cervine oxymyoglobin isolated from three different muscles — Longissimus dorsi, Gluteus medius, and Biceps femoris. *J. Agric. Food Chem* 50 (9), pp 2673–2678. DOI: 10.1021/jf0112769.
6. AOAC., 1990. Official methods of analysis association of official analytical chemists (15th ed). Virginia, Arlington. ISBN: 0-935584-42-0
7. Folch, J. Lees, M. and G.H.S. Stanley, 1957. A simple method for the isolation and purification of lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem* 226(1):497-509. PMID: 13428781

8. Van Soest, P.J. Robertson, J. and B. Lewis, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *JDS* 74(10):3583-97. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2. PMID: 1660498.
9. Borowska, E.J. Mazur, B. Kopciuch, R.G. and B. Buszewski, 2009. Polyphenol, anthocyanin and resveratrol mass fractions and antioxidant properties of cranberry cultivars. *Food Technol. Biotechnol.*, Vol. 47 Issue 1, p56-61. 6p. 2 Charts, 1 Graph.
10. Genot, C., 1996. Some factors influencing TBA test, Annual report of the Vth PCRDU EU project: Dietary treatment and oxidative stability of muscle and meat products: nutritive value, sensory quality and safety (Diet-ox), AIR III-CT-92-1577.
11. Blankson, H. Stakkestad, J.A. Fagertun, H. Thom, E. Wadstein, J. and O. Gudmundsen, 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J.Nutr.*, 130(12): 2943-8. PMID: 11110851.
12. Luciano, G. Monahan, F.J. Vasta, V. Pennisi, P. Bella, M. and A. Priolo, 2009. Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Sci.*, 82, 193-199. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.01.010.
13. Aourousseau, B. Bauchart, D. Calichon, E. Micol, D. and A. Priolo, 2004. Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the *M. longissimus thoracis* of lambs. *Meat Sci.*, 66 (3): 531-541. DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00156-6. PMID: 22060862.
14. McAfee, A.J. McSorley, E.M. Cuskelly, G.J. Moss, B.W. Wallace, J.M.W. and M.P. Bonham, 2010. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Sci.*, 84, 1-13. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.08.029. PMID: 20374748.
15. Ponnampalam, E.N. Butler, K.L. McDonagh, M.B. Jacobs, J.L. and D.L. Hopkins, 2012. Relationship between muscle antioxidant status, forms of iron, polyunsaturated fatty acids and functionality (retail colour) of meat in lambs. *Meat Sci* 90(2):297-303. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.07.014. PMID: 21849235.
16. Williams, C.M., 2000. Dietary fatty acids and human health. *Ann. Zootech.* 49 (2000) 165-180. DOI: 10.1051/animres:2000116.
17. Rotta, P.P. Prado, R.M. Prado, I.N. Valero, M.V. Visentainer, J.V. and R.R. Silva, 2009. The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: A review. *Asian-Australas J Anim Sci*, 22, 1718-1734. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.90071>
18. Menezes, L.F.G. Kozloski, G.V. Restle, J. Deschamps, F.C. Brondani, I.L. Santos, A.P. and J. Fiamoncini, 2006. Perfil de ácidos graxos de cadeia longa e qualidade da carne de novilhos terminados em confinamento com diferentes níveis de monensina sódica na dieta. *Revista Ciência Rural*, 36, 186-190.
19. Nold, R.A. Romans, J.R. Costello, W.J. and G.W. Libal, 1999. Characterization of muscles from boars, barrows, and gilts slaughtered at 100 or 110 kilograms: differences in fat, moisture, color, water-holding capacity, and collagen. *J Anim Sci* 77(7):1746-54. PMID: 10438021.
20. Kerry, J., 2009. Optimising the nutritional profile of beef. In: Kerry JP, Ledward D (eds). *Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat*, 321-333. ISBN :9781845695439.
21. Popova, T., 2006. Effect of rearing system on the fatty acid composition and oxidative stability of *M.longissimus lumborum* and *M. semimembranosus* in lambs. *Small Rumin Res*, 71, 150-157. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumers.2006.06.001>
22. Raes, K. Haak, L. Balcaen, A. Claeys, E. Demeyer, D. and S. De Smet, 2004. Effect of linseed feeding at similar linoleic acid levels on the fatty acid composition of double-muscle Belgian blue young bulls. *Meat Sci.* 66(2):307-315. DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00105-0. PMID: 22064133
23. Padre, R.D.G. Aricetti, J.A. Moreira, F.B. Mizubuti, I.Y. do Prado, I.N. Visentainer, J.V. de Souza, N.E. and M. Matsushita, 2006. Fatty acid profile, and chemical composition of Longissimus muscle of bovine steers and bulls finished in pasture system. *Meat Sci* 74(2):242-8. DOI:10.1016/j.meatsci.2006.02.012. PMID: 22062831.
24. Alfaia, C.P.M. Alves, S.P. Martins, S.I.V. Costa, A.S.H. Fontes, C.M.G.A. Lemos, J.P.C. Bessa, R.J.B. and J.A.M. Prates, 2009. Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chem*, 114(3): 939-946. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.10.041
25. Ådnøy, T. Haug, A. Sørheim, O. Thomassen, M.S. Varszegi, Z. and L.O. Eik, 2005. Grazing on mountain pastures- Does it affect meat quality in lambs?. *Livest Prod Sci* 94(1-2):25-31. DOI: 10.1016/j.livprodsci.2004.11.026
26. Lourenco, M. Van Ranst, G. Vlaeminck, B. De Smet, S. and V. Fievez, 2008. Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 145(1):418-437. DOI: 10.1016/j.anifeeds.2007.05.043
27. Priolo, A. Micol, D. Agabriel, J. Prache, S. and E. Dransfield, 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Sci* 62(2):179-85. PMID: 22061409.
28. Scollan, N.D. Hocquette, J.F. Nuernberg, K. Dannenberger, D. Richardson, I. and A. Moloney, 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci* 74(1):17-33. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.05.002. PMID: 22062713.
29. Wood, J.D. Richardson, R.I. Nute, G.R. Fisher, A.V. Campo, M.M. and E. Kasapidou, 2004. Effects of fatty acids on meat quality. *Meat Sci* 66(1):21-32. DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00022-6. PMID:22063928
30. McKenna D, Mies P, Baird B, Peiffer K, Ellebracht J, & Savell J 2005. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. *Meat Sci*, 70(4):665-82. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.02.016. PMID: 22063894
31. Mancini, R.A. and M.C. Hunt, 2005. Current research in meat color. *Meat Sci* 71(1):100-21. DOI: 10.1016/j.meat sci.2005.03.003. PMID: 22064056
32. Faustman, C. and R.G. Cassens, 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat. *J Muscle Foods* 1(3):217 - 243. DOI: 10.1111/j.1745-4573.1990.tb00366.x
33. Vestergaard, M. Therkildsen, M. Henckel, P. Jensen, L.R. Andersen, H.R. Sejrsen, K., 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Sci* 54(2):187-95. DOI: 10.1016/S0309-1740(99)00098-4. PMID 22060615

**Table 1: The diets Composition in %.**

	Highland	Steppe
<b>Ingredients %</b>		
Forage- Pasture	85%	-
Hay	15%	-
Steppe pasture	-	70%
Concentrate ©	-	30%

© The concentrate was composed of 15% corn, 10% soybean meal, 4% brain and 1% minerals.

**Table 2: The diet chemical composition in %.**

Composition analyses	Plants from highland pasture	Hay	Plants from steppe pasture	Concentrate
Dry mater	82.81 17.19	82.53 17.47	83.07 16.93	86.40 13.60
Moisture				
Crude ash	03.50	01.40	03.40	2.03
Crude protein	12.62	08.40	12.74	11.05
Crude fat	03.29	01.34	03.34	4.73
Crude fiber	0.86	0.46	0.93	0.62
Neutral Detergent Fiber	41.16	8.11	38.11	16.10
Acid Detergent Fiber	25.51	02.77	23.77	4.75
Acid Detergent Lignin	07.84	0.84	05.27	1.05
Flavonoids	0.20	-	0.22	-
FA analysis (% of the identified FA)				
C14:0	02.29	0.90	03.28	-
C16:0	24.08	22.64	28.48	7.97
C16:1	1.20	0.74	-	-
C18:0	6.02	5.52	10.60	-
C18:1 n-9c	16.14	5.67	27.45	15.93
C18:2c n-6 (LA)	18.54	17.35	26.95	43.26
C18:3 n-3 (ALA)	20.64	03.93	28.70	4.09
C18:3 n-6	-	-	0.29	-
C20:0	01.78	-	0.61	-
C20:1 n-9	03.47	-	0.53	-
C22:1 n-9	-	-	03.86	-
C22:6 n-3	01.26	-	01.41	-
SFA	38.75	36.17	46.89	36.68
MUFA	20.81	05.67	32.58	15.93
PUFA	40.44	31.17	47.46	47.35

n=4

**Table 3: Chemical characteristics of lamb raw meat**

Composition Analyses	Highland	Steppe	SEM	Dietary effect
Dry matter (%)	18.67	18.46	3.48	P<0.05
Moisture (%)	81.33	81.53	2.77	P<0.05
Crude ash (%)	01.22	01.38	1.41	P<0.05
Proteins	15.50	15.41	2.25	P<0.05
Fat (%)	01.94	03.80	2.05	P<0.05

n = 10. SEM: standard error of the mean.

**Table 4: The meat fatty acid composition (in % of identified FA).**

	Highland	Steppe	SEM	Dietary effect
C14:0	3.90	2.53	0.38	NS
C14:1	0.13	2.11	0.02	NS
C16:0	23.80	23.13	0.88	NS
C16:1	1.96	02.39	0.53	p<0.05
C18:0	19.30	16.49	2.15	p<0.05
C18:1 n-9t	03.07	01.81	0.17	NS
C18:1 n-9c	34.80	41.47	0.95	p<0.001
C18:2 n-6t	0.42	0.18	0.04	p<0.001
C18:2 n-6c (LA)	03.21	02.94	0.34	NS
C18:3 n-6	0.19	0.23	0.04	p<0.05
C18:3 n-3 (ALA)	0.49	0.28	0.09	p<0.001
C:20 :0	0.16	0.08	0.07	p<0.001
C20:1 n-9	0.10	0.09	0.02	p<0.001
C20:4 n-6	0.12	0.2	0.07	p<0.001
SFA	49.65	49.47	0.36	p<0.05
MUFA	44.79	45.76	1.91	NS
PUFA	14.46	15.81	2.17	p<0.05
n-6	3.94	3.55	0.71	p<0.001
n-3	0.49	0.28	0.03	p<0.001
LA/ALA	06.55	10.50	0.12	p<0.001
n-6/ n-3	08.04	12.68	0.33	p<0.001
PUFA / SFA	0.29	0.32	0.26	p<0.001

n=10. SEM: standard error of the means.

**Table 5: Sensory properties (MDA content and colour) of lamb raw meat**

	Highland	Steppe	SEM	Dietary effect
L*	62.65	67.59	2.12	P<0.05
a*	10.90	12.54	1.15	P<0.05
b*	10.65	12.44	1.04	P<0.05
MDA (mg eq/kg of meat)	0.09	0.13	0.07	NS

n=10. SEM: standard error of the mean. L\*: luminosity; a\*: redness; b\*: yellowness.

**Références**

**Bibliographiques**

- Abdelgarfi, 2003.** Les espèces fourragères et pastorales : leurs utilisations au Maghreb : Algérie, Maroc, Tunisie : 87-89.
- Achir, M., Hellal, B., 2016.** Réflexions Sur Les Variations Pluviométriques De La Région De Tiaret (Algérie Occidentale) Durant La Période 1984 – 2015. *European Scientific Journal* April 2016 edition vol.12, No.11 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- Ådnøy, T., Haug, A., Sørheim, O., Thomassen, M.S., Varszegi, Z., and Eik, L.O., 2005.** Grazing on mountain pastures- Does it affect meat quality in lambs?. *Livestock Production Science* 94, 25–31.
- Ahn, D.U., Jo, C., and Olson, D.G., 1999.** Headspace oxygen in sample vials affects volatiles production of meat during the automated purge-and-trap/GC analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47, 2776–2781.
- Ahn, J.I.U., Grun, and, Mustapha A. 2007.** Effects of plant extracts on microbial growth, color change and lipid oxidation in cooked beef. *Food Microbiol.* 24:7–14
- Akram, F.,1977.** Myoglobin oxidation in ground *beef*: mechanistic studies. *Journal of Food Science.* 42:571.
- Akram, M.S., Ali, Q., Athar, H.R., and Bhatti, A.S., 2005.** Ion uptake and distribution in *Panicum antidotale* retz. under salt stress. *Pakistan Journal of Botany.*, 38(5): 1661-1669.
- Alfaia, C.P.M., Alves, S.P., Martins, S.I.V., Costa, A.S.H., Fontes, C.M.G. A., Lemos, J.P.C., Bessa, R.J.B., and Prates, J.A.M., 2009.** Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chemistry*, 114, 939-946.
- Alipour, H.J., Shabanpoor, B., Shabani, A., and Mahoonak, A.S., 2010.** Effects of cooking methods on physicochemical and nutritional properties of Persian sturgeon *Acipenser persicus* fillet. *International Aquatic Research*, 2: 15-23.
- Allison, M.J., 1978.** Production of branched-chain volatile fatty acids by certain anaerobic bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 35, 872–877.
- Ames, J.M., Guy, R.C.E., & Kipping, G.J., 2001.** Effect of pH and temperature on the formation of volatile compounds in cysteine/reducing sugar/starch mixtures during extrusion cooking. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, 1885-1894.
- Amlan, K., Patra, 2010.** Meta-analyses of effects of phytochemicals on digestibility and rumen fermentation characteristics associated with methanogenesis. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 37/125 ISSN: 1097-0010.
- Andersen, J.M.L 2005.** Scheep meat: Can we adapt to forth-coming demands meat and livestock commission. P.O box winterkill house snow don drive, Milton kaynes MK 61AX,UK.
- Annisson, G., and Choct, M., 1993.** Enzymes in poultry diets in : Enzymes in Animal Nutrition. *Proceedings Ist Symposium, Switzerland.* Oct 13-16. pp: 61-63.
- AOAC. 1990.** Official methods of analysis of the AOAC, 15th ed. Methods 932.06, 925.09, 985.29, 923.03. *Association of official analytical chemists.* Arlington, VA, USA.

**Appel, L.J., Sacks, F.M., Carey, V.J., Obarzanek, E., Swain, J.F., Miller, E.R., Conlin, P.R., Erlinger, T.P., Rosner, B.A., Laranjo, N.M., Charleston, J., McCarron, P., Bishop, L.M., 2005.** Effects of protein, monounsaturated fat, and carbohydrate intake on blood pressure and serum lipids: results of the OmniHeart randomized trial. *Journal of the American Medical Association*; 294(19): 2455-64.

**Arhab, R., 2007.** Etude de la fermentescibilité in vitro et de la digestibilité in vivo de végétaux des zones arides et de sous produits de l'agronomie saharienne par l'estimation de l'activité métabolique du microbiote ruminal d'ovins. Thèse de Doctorat. Université Mentouri Constantine. Algérie. 204 p.

**Aruoma, O.I., Spencer, J.P., Warren, D., Jenner, P., Butler, J., Halliwell, B., 1997.** Characterization of food antioxidants, illustrated using commercial garlic and ginger preparations. *Food Chemistry*, 60: 49–156.

**Astruc, T., 2007.** Unité: Qualités des Produits Animaux (QuaPA) - INRA de Clermont-Ferrand-Theix.

**Association Française de Normalisation (AFNOR), 1985.** Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires. 2<sup>ème</sup> édition. 200.

**Association Française de Normalisation (AFNOR), 1999.** Norme V09-500. Directives générales pour la réalisation d'épreuves hédoniques en laboratoire d'évaluation sensorielle ou en salle en conditions contrôlées impliquant des consommateurs. Pages 227–256 in AFNOR, Recueil de normes. Analyse sensorielle. Association Française de Normalisation, Paris, France.

**Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990.** Official methods of analysis, volume 2, 15th edition. AOAC, Arlington, VA, USA.

**Attwood, G., Li, D., Pacheco, D., Tavendale, M., 2006.** Production of indolic compounds by rumen bacteria isolated from grazing ruminants. *J. Appl. Microbiol.* 100, 1261–1271.

**Aurousseau, B., Bauchart, D., Calichon, E., Micol, D., and Priolo, A., 2004.** Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the *M. longissimus thoracis* of lambs. *Meat Science* 66, 531–541.

**Ba, H.V., Ryu, K.S., Lan, N.T.K., & Hwang, I., 2013.** Influence of particular breed on meat quality parameters, sensory characteristics, and volatile components. *Food Science and Biotechnology*, 22, 651–658.

**Ba, H.V., Park, K., Dashmaa, D., & Hwang, I., 2014.** Effect of muscle type and vacuum chiller ageing period on the chemical compositions, meat quality, sensory attributes and volatile compounds of Korean native cattle beef. *Animal Science Journal*, 85, 164–173.

**Bas, P., Morand-Fehr, P., 2000.** Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. *Livestock Productin Science*, 64, 61–79.

**Bas, P., 2001.** Effect of nutritioonnal factors on fatty acid composition of lamb fat dispositive. *Livestock Productin Science*, 64, 61-69.

**Bas, P., Morand Fehr, P., El Aiche, A., Dahbi, E., Araba, A., 2005.** Systèmes d'alimentation, performances de croissance et qualités nutritionnelles des viandes de chevreaux élevés dans l'arganerie au sud-Ouest du Maroc. *Cahiers d'Agriculture.*, 14 : 5.

**Bailey, M.E., Suzuki, J., Fernando, L.N., Swartz, H.A., Purchas, R.W., 1994.** Influence of finishing diets on lamb flavour. In: Ho, C.-T., Hartman, T.G. (Eds.), *Lipids in Food Flavors. American Chemical Society Publication, Washington, DC, USA*, pp. 170–185.

**Banskalieva, V., Sahlu, T., Goetsch, A.L., 2000.** Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Rumin Res*; 37:255–268.

**Banskalieva, V., Marinova, P., Monen, G., Popova, T., and Ignatova, M., 2005.** Manipulating of the carcass and meat quality in lamb meat producing for the European market II. Fatty Acid Composition of Fat Depots of Lambs grown under two different production systems. Bulgarian. *Journal of Agricultural Science*, 11, 603–610.

**Barbieri, G., Bolzoni, L., Parolari, G., Virgili, R., Buttini, R., Careri, M., ... Mangia, A., 1992.** Flavor compounds of dry-cured ham. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 2389–2394.

**Barton, P., Andronis, L., 2011.** Prevention of cardiovascular disease at population level: modelling strategies for primary prevention of cardiovascular disease. *Journal Hum Hypertens*, 23:363-84.

**Bauchart, D., Durand, D., Mouty, D., Dozias, D., Ortigues-Marty, I., Micol, D., 2001.** Concentration and fatty acid composition of lipids in muscles and liver of fattening steers fed a fresh grass based diet. *Rencontres Recherches Ruminants*. 8:108.

**Bauchart, D., Gladine, C., Gruffat, D., 2005.** Effects of diets supplemented with oils and vitamin E on specific fatty acids of rectus abdominis muscle in charolais fattening bulls. In: Indicators of milk and beef quality, EAAP Publ, no 112, Hocquette JF, Gigli S (eds) *Wageningen Acad, Publishers*, pp 431-6.

**Bauchart, C., Chambon, C., Mirand, P.P., Savary-Auzeloux, I., Rémond, D., Morzel M., 2007.** Peptides in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle subjected to ice storage and cooking. *Food Chemistry*, 100:1566–1572.

**Bauchart D., Thomas A., Durand D. Parafita E., 2011.** Qualité nutritionnelle des lipides et acides gras des viandes bovines : II. Influence des conditions de cuisson des viandes. *Viandes et Produits Carnés*, 28 (4), 117-1 24.

**Bauman, D.E., Corl, B.A., Baumgard, L.H., Griinari, J.M., 2001.** Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow”, Garnsworthy P.C. et Wiseman J. ed., recent advances in animal nutrition, *Nottingham University Press, Nottingham, UK*, 221-250.

**Bauman, D.E., and Griinari, J.M., 2003.** Nutritional Regulation of Milk Fat Synthesis. *Annual Review of Nutrition*, 23, 203-227.

**Beauchamp, G.K., Stein, L.J., Bertino, M., Engelman, K., 2007.** Salt taste, The senses: A comprehensive reference. Basbaum AI, editor. Vol. 4. *New York: Elsevier*. pp. 401–408. 6 vols.

**Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P., 2009.** *Food Chemistry*. 4.ed. Berlin: Springer.

**Bendall, J.G., 2001.** Aroma compounds of fresh milk from New Zealand cows fed different diets. *J. Agric. Food Chemistry*. 49, 4825–4832.

**Bender, J.M., See, M.T., Hanson, D.J., Lawrence, T.E., Cassady, J.P., 2006.** Correlated responses in growth, carcass and meat quality traits to divergent selection for testosterone production in pigs. *Journal Animal Science*, 84:1331-1337.

**Benguendouze, A., 2012** . Composition lipidique de la viande d'agneau locale et effets des feuilles de Romarin (*Rosmarinus officinalis* ) sur la stabilité oxydative des lipides pendant la conservation . Thèse de magistère en sciences agronomiques, Université de Mostaganem.

**Berdagué, J.L., Tournayre, P., & Cambou, S., 2007**. Novel multi-gas chromatographyolfactometry device and software for the identification of odour-active compounds. *Journal of Chromatography A*, 1146, 85–92.

**Beriain, M.J., Horcada, A., Purroy, A., Lizaso, G., Chasco, J., and Mendizabal, J.A., 2002**. Characteristics of Lacha and Rasa Aragonesa lambs slaughtered at three live weights. *Journal of Animal Science*, vol. 78, pp. 3070-3077.

**Berger, P., Culioli, J., Renerre, M., Touraille, C., Micol D., Geay, Y., 1993**. Effect of feed protein on carcass composition and meat quality in steers. *Meat Science*. 35, 79–92.

**Berthelot, V., Pierzynowski, S.G., Sauvant, D., Kristensen, N.B., 2002**. Hepatic metabolism of propionate and methylmalonate in growing lambs. *Livestock Production Science*, 74, 33–43.

**Bertin, C., 1995**. Prévenir l'acidose. *Production Laitière Moderne*. 247(5):56-57.

**Bilik, K., Weglarzy, K., Borowice, F., LopuszanskaRusek, M., 2009**. Effect of feeding intensity and type of roughage fed to Limousin bulls in the finishing period on slaughter traits and fatty acid profile of meat. *Annals Animal Science*, 9: 143–155.

**Blanco, M., Casasús, I., Ripoll, G., Panea, B., Albertí, P., & Joy, M., 2010**. Lucerne grazing compared with concentrate-feeding slightly modifies carcass and meat quality of young bulls. *Meat Science*, 84, 545–552.

**Blankson, H., Stakkestad, J.A., Fagertun, H., Thom, E., Wadstein, J., and Gudmundsen O., 2000**. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *Journal Nutrition*, 130(12): 2943–8. PMID: 11110851.

**Bneder, 2006**. Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural, Inventaire des terres et forêts de l'Algérie du Nord, Rapport final, BNEDER, Alger, 263 p.

**Bodas, R., Manso, T., Mantecón, A.R., Juárez, M., De La Fuente, M.A., and Gómez-Cortés, P., 2011**. Comparison of the fatty acid profiles in cheeses from ewes fed diets supplemented with different plant oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58:10493-10502.

**Bonneau M., 1988**. Intérêt et limites de la production de viandes de porc mâle entier. *INRA Production Animal*, 1, 133-140.

**Borowska, E.J., Mazur, B., Kopciuch, R.G., and Buszewski, B., 2009**. Polyphenol, anthocyanin and resveratrol mass fractions and antioxidant properties of cranberry cultivars. *Food Technology and Biotechnology*, 47, 56–61.

**Boufaied, H., Chouinard, P.Y., Tremblay, G.F., Petit, H.V., Michaud, R., and B'elanger, G., 2003**. Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Canadian Journal of Animal Science*, 83, 501–511.

**Bourre, J.M., Dumont, O., 2003**. Dietary oleic acid not used during brain development and in adult in rat, in contrast with sciatic nerve. *Neurosci Lett*; 336 : 180-4.

**Bourre, J.-M. 2005.** Where to find omega<sub>3</sub> fatty acids and how feeding animals with diet enriched in omega<sub>3</sub> fatty acids to increase nutritional value of derived products for human: What is actually useful? *Journal of Nutrition, Health and Aging*, 9, 232–242.

**Boutonnet, J.P., 1999.** The perspectives for the world sheep meat market and its influence on future production systems and trends—review. *Asian-Australian Journal Animal Science*. 12, 1123–1128.

**Bragagnolo, N., Rodriguez-Amaya, D.B., 2003b.** New data on the total lipid, cholesterol and fatty acid composition of raw and grilled beef longissimus dorsi. *Arch Latinoamer Nutrition* 53:312–9.

**Brennan, C. P., and Lindsay, R. C., 1992.** Distribution of volatile branched chain fatty acids in various lamb tissues. *Meat Science*, 31, 411–421.

**Brunton, N.P., Cronin, D.A., Monahan, F.J., 2002.** Volatile components associated with freshly cooked and oxidized off-flavours in turkey breast meat. *Flavour Fragr Journal*; 17:327–334.

**Buccioni, A., Decandia, M., Minieri, S., Molle, G. & Cabiddu, A. 2012.** Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Animal Feed Science and Technology*, 174(1-2), 1-25.

**Byelashov, A., 2013.** DPA: an up-and-coming fatty acid. Available from: <http://omega3.supplysideinsights.com/articles/2013/05/dpa-an-up-and-coming-fatty-acid.aspx>. Accessed 2014 June 12.

**Cabiddu, A., L. Salis, J.K., Tweed, G., Molle, M., Decandia, and Lee M.R., 2010.** The influence of plant polyphenols on lipolysis and biohydrogenation in dried forages at different phenological stages: In vitro study. *Journal Science Food Agriculture*, 90: 829-835.

**Calkins, C.R., & Hodgen, J.M., 2007.** A fresh look at meat flavour. *Meat Science*, 77, 63–80.

**Camara, J.S., Paulo, H., Marques, J.C., Alves, M.A., 2004.** Varietal flavour compounds of four grape varieties producing Madeira wines. *Analytica Chimica Acta*. 513, 203–207.

**Cámara, F., Amaro, M.A., Barberá, R., Clemente, G., 2005.** Bioaccessibility of minerals in school meals: Comparison between dialysis and solubility methods. *Food Chemistry* 92, 481-489.

**Campo, M.M., Nute, G.R., Wood, J.D., Elmore, S.J., Mottram, D.S., & Enser, M., 2003.** Modelling the effect of fatty acids in odour development of cooked meat in vitro: Part I—sensory perception. *Meat Science*, 63, 367–375.

**Campo, M.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Enser, M., Wood, J.D., & Richardson, R.I., 2006.** Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303–311.

**Campo, M., & Darragh, A.R., 2012.** Work-related musculoskeletal disorders are associated with impaired presenteeism in allied health care professionals. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 54, 64–70.

**Carrapiso, A.I., Jurado, A., Timón, A.L., García, C., 2002.** OdorActive Compounds of Iberian Hams with Different Aroma Characteristics. *J. Sci. Food Agric.* 50, 6453- 6458.

**Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M., and Chern, J.C., 2002.** Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis* 10: 178-182.

**Chardigny, J.M., Destailats, F., Malpuech-Brugère, C., Moulin, J., Bauman, D.E., 2008.** The trans fatty acids from industrially produced sources and from natural sources have the same effect on cardiovascular disease risk factors in healthy subjects? Results of the trans fatty acids collaboration (TRANSFACT) study. *The American Journal of Clinical Nutrition* 87, 558–566.

**Chehat, F., Bir, A., 2008.** Le développement durable de systèmes d'élevage durables en Algérie: contraintes et perspectives”, *Colloque int. Développement durable des productions animales:enjeux,évaluation-et-perspectives*, iNA,Algérie,12 p.

**Chen, J., & Ho, C.T., 1998.** The flavour of pork. In F. Shahidi (Ed.), *Flavor of meat, meat products and seafoods* (pp. 62–83). London: Blackie Academic & Professional.

**Cherfaoui, M., Durand, D., Bonnet, M., Cassar-Malek, I., Bauchart, D., Thomas, A., and Gruffat, D., 2012.** Expression of enzymes and transcription factors involved in n-3 long chain PUFA biosynthesis in limousin bull tissues. *Lipids* 47, 391–401.

**Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R.M., Doreau, M., 2000.** Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids, *ann. Zoot.*, 49, 181-205.

**Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J., Doreau, M., 2007.** Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. Journal Lipid Science and Technology*, 109, 828–855.

**Choi, N.-J., Enser, M., Wood, J.D., & Scollan, N.D., 2000.** Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. *Animal Science*, 71, 509–519.

**Choi, Y.M., Kim, B.C., 2009.** Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livest. Sci.* 122, 105–118.

**Choroszy, Z., Bilik, K., Choroszy, B., 2006.** Effect of breed of fattened bulls on the composition and functional properties of beef. *Animal Science Paper and Report*, 24: 61-69.

**CIV (Centre d'Information des Viandes), 2011.** Meat conversion ratios. Paris.

**Cinq-Mars, C.D., Hu, C., Kitts, D.D. and Li-Chan, E.C.Y., 2001.** "Investigations into inhibitor type and mode, simulated gastrointestinal digestion, and cell transport of the angiotensin i-converting enzyme-inhibitory peptides in pacific hake (merluccius products) fillet hydrolysate." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(2): 410- 419.

**Coïc, Y., & Coppenet, M., 1989.** Les oligo-éléments en agriculture et élevage. *INRA- ISBN, 2-7380-0138-6*, 114 p.

**Collomb, M., Bu, tikofer, U., Sieber, R., Bosset, J. O., & Jeangros, B., 2001.** Conjugated linoleic acid and trans fatty acid composition of cows' milk fat produced in lowlands and highlands. *Journal of Dairy Research*,68, 519–523.

**Combes, S., Dalle Zotte, A., 2005.** La viande de lapin : valeur nutritionnelle et particularités technologiques. 11<sup>èmes</sup> Journées Rech. Cunicole Paris (France) 29-30 nov 2005. *ITAVI ed pp : 167-180*.

**Cooper, S.L., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., Hallett, K.G., Enser, M., & Wood, J.D., 2004.** Manipulation of the n 3 polyunsaturated acid content of muscle and adipose tissue in lambs. *Journal of Animal Science*, 82, 1461–1470.

- Coulon, J.B. et Priolo, A., 2002.** La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. *INRA Production Animale.*,15: 333-342.
- Couvreur, S., Hurtaud, C., Lopez, C., Delaby, L., Peyraud, J.L., 2006.** The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition and butter properties, *Journal dairy science*, 89, 1956-1969.
- Cramer, D. A., Barton, R. A., Shorland, F. B., and Czochanska, Z., 1967.** A comparison of the effects of white clover (*Trifolium repens*) and of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) on fat composition and flavor of lamb. *Journal of Agricultural Science Camb.*, 69-367-373.
- Cuvelier, C., Clinquart, A., Hocquette, J.F., Cabaraux, J.F., Dufrasne, I., Istasse, L., & Hornick, J.L., 2006.** Comparison of composition and quality traits of meat from young finishing bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds. *Meat Science*, 74, 522-531.
- Czochanska, Z., Shorland, F.B., Barton, R.A. and Rae, A.L., 1970.** A note on the effect of the length of the resting period before slaughter on the intensity of flavour and odour of lamb. *N.Z. Journal of Agricultural Research.*, 13, 662–663.
- D’Andrea, A., Caso, P., Severino, S., 2002.** Effects of different training protocols on left ventricular myocardial function in competitive athletes: a Doppler tissue imaging study. *Ital Heart Journal*. 3: 34-40.
- Dawson Rex, M.C., and Hemington, N., 1974.** An Inhibitor of Phospholipase D in *Saliva Biochem Journal*, 143, 427-430.
- De Franco, G., Kothari S.P., and Verdi R.S., 2011.** The Benefits of Financial Statement Comparability. *Journal of Accounting Research* 49: 895-931.
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N., 2006.** Antioxydant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, Vol. 97, N°4, pp. 654-660.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., Murray, P.J., Pegg, R.B., & Shand, P.J., 2003.** Goat meat production: Presents status and future possibilities. *Asian Australian Journal of Animal Science*, 16 (12): 1842-1852.
- Deighton, M.H., Pacheco, D., Tavendale, M.H., Schreurs, N.M., Peters, J.S., McNabb, W.C., Roy, N.C., 2006.** Increased hepatic skatole exposure via rumen infusion increases skatole concentration in peripheral circulation and inter-muscular fat in sheep. *New Zealand Society of Animal Production*, 66, 295–299.
- Demirel, M., Kurbal O.F., Aygun T., Erdogan S., Bakici Y., Yilmaz A., and Ulker H., 2004.** Effects of different feeding levels during mating period on the reproductive performance of norduz ewes and growth and survival rate of their lambs. *Journal Biological Science*, 4: 283-287.
- Demirel, M., Bolat, D., Celik, S., Bakici Y., Celik, S., 2006.** Quality of silages from sunflower harvested at different vegetational stages. *Journal of Applied Animal Research*, 30, 161-165.
- Demeyer, D., Doreau, M., 1999.** Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids, *Proceeding of the Nutrition Society*, 58, 1–15.
- De Roos, A.P.W., Hayes, B.J., Goddard, M.E., 2009.** Reliability of genomic predictions across multiple populations. *Genetics*. 183, 1545–1553.

**Deslandes, B., Gariépy, C., Houde, A., 2001.** Pastoral flavour in meat products from ruminants fed fresh forages and its amelioration by forage condensed tannins. Review of microbiological and biochemical effects of skatole on animal production. *Livestock Production Science*, 71, 193–200.

**De Smet, S., Raes, K., & Demeyer, D., 2004.** Meat fatty composition as affected by fatness and genetic factors: A review. *Animal Research*, 53, 81-98.

**Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S., & Lorenzo, J.M., 2014a.** Influence of thermal treatment on formation of volatile compounds, cooking loss and lipid oxidation in foal meat. *LWT - Food Science and Technology*, 58, 439–445.

**Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S., & Lorenzo, J.M., 2014b.** Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 97, 223–230.

**Donag, H., Gao, S., Han, S.P., Cao, S.G., 1999.** Purification and characterization of a *Pseudomonas* sp. lipase and its properties in non-aqueous media. *Biotechnol Appl Biochem*, 30:251 – 6.

**Doreau, 1998.** Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Meat Science*; 49:329–41.

**Doreau, M., Lee, M.R.F., Ueda, K., Scollan, N.D., 2005.** Métabolisme ruminal et digestibilité des acides gras des fourrages. *Renc. Rech. Rum.*, 12, 101-104.

**Doreau, M., Bauchart, D., Chilliard, Y., 2010.** Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding. *Animal Production Science*, 51, 19-29.

**Dransfield, E., 1994.** Tenderness of meat, poultry and fish, in: Pearson and A.M., Dutson T.R. (Eds.), Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products, Blackie Academic and Professional, London, pp. 289–315.

**Dubreuil, P., Arsenault, J., Belanger, D., 2005.** biochemical reference ranges for groups of ewes of different ages. *VET REC*; 156 (20); 636-8.

**Duckett, S. K., and Kuber P.S., 2001.** Genetic and nutritional effects on lamb flavor . *J. Anim. Sci.* 79 (E. Suppl.): E249–E259.

**Dufey, P.A., Colomb, M., 2008.** Production de viande en montagne et composition en acides gras du muscle longissimus dorsi chez le bovin de la race d'Hérens. Perspectives de traçabilité. *12eme Journée Science du Muscle et Technologie des Viandes.*, 169-170.

**Dumas, M.E., Debrauwer, L., Beyet, L., Lesage, D., Andre, F., Paris, A., & Tabet, J.C, 2002.** Analyzing the physiological signature of anabolic steroids in cattle urine using pyrolysis/metastable atom bombardment mass spectrometry and pattern recognition. *Analytical Chemistry*, Vol. 74, no. 20, pp. 5393-5404.

**Duncan, W., & Garton, G., 1978.** Differences in the proportion of branched-chain fatty acids in subcutaneous triacylglycerols of barley-fed ruminants. *The British Journal of Nutrition*, 40, 29–33.

**Durand, D., Gruffat, D., Ortigues-Marty, I., Savary-Auzelou, X.I., Thomas E., Peyron A., Bauchart D., 2006.** Impact de différents modes de cuisson de la viande bovine sur les processus de peroxydations lipidiques. *11èmes JSMTV - Clermont Fd - 2006 - Page 104.*

**Eksi, J., Plant, A., Physiol, L., 2012.** Proteins involved in amino acid and starch metabolism. Trap XL ETD with an Eksigent nano-LC system. 169(14):1417–1424.

**Elaffifi, M., Boudroua, K., Mourot, M., 2015.** Effects of grass and concentrate feed on growth performances of rumi lamb and meat fat composition. *Scientific Journal of Animal Science*, 3(9) 225-232.

**Elgersma, A., Maudet, P., Witkowska, I., Wever, C., 2005.** Effects of N fertilization and regrowth period on the fatty acid composition of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), *Annals of Applied Biology* (in press).

**Elgersma, A., Wever, A. C. & Nalecz-Tarwacka, T. 2006.** Grazing versus indoor feeding: effect on milk quality. *Grassland Science in Europe* 11, 419–427.

**Elmore, J.S, Mottram, D.S.,1997.** Investigation of the reaction between ammonium sulfide, aldehyde and-hydroxyketones or -dicarbonyls to form some lipid-Maillard interaction products found in cooked beef. *Journal Science Food and Agriculture*. 45: 3595-3692.

**Elmore, J.S., Mottram, D.S., Enser, M., Wood, J.D., 1999.** Effect of the polyunsaturated fatty acids composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles. *J. Agric. Food Chemistry*, 47 (4), 1619-1625.

**Elmore, J.S., Mottram, D.S., Enser, M., Wood, J.D., 2000.** The effects of diet and breed on the volatile compounds of cooked lamb. *Meat Science*. 55 (2), 149-159.

**Elmore, J.S, Cooper, S.L, Enser, M, Mottram, D.S, Sinclair, L.A., 2005.** Wilkinson, R. G.; Wood, J. D. Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb. *Meat Science*, 69 (2), 233- 242.

**Enser, M., Hallett, K.G., Hewett, B., Fursey, G.A.J., Wood, J.D., Harrington, G., 1998.** Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*. 49, 329–341.

**Falcone, D.L., Ogas, J.P., Somerville, C.R.,. 2004.** Regulation of membrane fatty acid composition by temperature in mutants of *Arabidopsis* with alternations in membrane lipid composition. *BMC Plant Biology*, 4, 17.

**Farmer, L.J., 1994.** The role of nutrients in meat flavour formation. *The Proceedings of the Nutrition Society*. 53, 327–333.

**Farmer, L.J., & Mottram, D.S., 1990.** Recent studies on the formation of meat-like aroma compounds. In *Flavour Science and Technology*, pp. 113-116 [Y. Bessiere and A. F. Thomas, editors]. Chichester: John Wiley and Sons.

**Farouk, M.M., Farouk, S.J., Lovatt, M., 2000.** Initial chilling rate of pre-rigor beef muscles as an indicator of color of thawed meat. *Meat Science*, 56, pp. 139–144

**Farruggia, A., Martin, B., Baumont, R., Prache, S., Doreau, M., Hoste, H., Durand, D., 2008.** Intérêts de la diversité floristique des prairies permanentes pour les ruminants et les produits animaux, *INRA production animal*, 21, 191-200.

**Faruque, A.J.M.O., Jarvis, B.D.W., Hawke, J.C., 1974.** Studies on rumen metabolism. IX. Contribution of plant lipases to the release of free fatty acids in the rumen. *Journal Science Food agriculture Science*. 25, 1313-1328.

**Faustman, C.S. Specht, M., Malkus L.A., and Kinsman D.M., 1992.** Pigment oxidation in ground veal: Influence of lipid oxidation, iron and zinc. *Meat Science*. 31:351–362.

**Fenaille, F., Visani, P., Fumeaux, R., Milo, C., & Guy, P.A., 2003.** Comparison of mass spectrometry-based electronic nose and solid phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry technique to assess infant formula oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2790–2796.

**Ferlaya Agabriel, C., Sibrac, C., Martin, B., Chilliard, Y., 2008.** Tanker milk variability of fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in a French semi-mountain area. *Dairy Science Technology*, 88, 193-215.

**Ferreira, V., Ortin, N., Escudero, A., Lo´pez, R., & Cacho, J., 2002.** Chemical characterization of the aroma of Grenache rose´ wines: aroma extract dilution analysis, quantitative determination, and sensory reconstruction studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4048–4054.

**Ferreira, V., Jarauta, I., Lopez, R., Cacho, J., 2003.** Quantitative determination of sotolon, maltol and free furaneol in wine by solid-phase extraction and gas chromatography-ion-trap mass spectrometry. *International Symposium on Advances in Extraction Technologies*. 1010 (1), 95-103.

**Flachowsky, G., Richter, G.H., Wendemuth, M., Möckel, P., Graf, H., Jahreis, G., Lübbe, F., 1994.** Influence of rapeseed in beef cattle feeding on fatty acid composition, vitamine E concentration and oxidative stability of body fat. *Zeitschrift ErnÄhrungswissenschaft*. 33, 277–285.

**Flores, M., Grimm, C. C., ToldraÂ, F. A., & Spanier, A.M., 1997.** Correlations of sensory and volatile compounds of Spanish `Serrano' dry-cured ham as a function of two processing times. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2178±2186.

**Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S., 1957.** A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*. 226: 497–509.

**Font i Furnols, M., San Juli´an, R., Guerrero, L., Sañudo, C., Campo, M.M., Olleta, J.L., Oliver, M.A., Cañeque, V., A´lvarez, I., D´iaz, M.T., Branscheid, W., Wicke, M., Nute, G.R., Montossi, F., 2006.** Acceptability of lamb meat from different producing systems and ageing time to German, Spanish and British consumers. *Meat Science*. 72, 545–554.

**Font i Furnols, M., Realini, C.E., Guerrero, L., Oliver, M.A., Sañudo, C., Campo, M.M., Nute, G.R., Cañeque, V., Álvarez, I., San Julián, R., Luzardo, S., Brito, G., and Montossi, F., 2009.** Acceptability of lamb fed on pasture, concentrate or combinations of both systems by European consumers. *Meat Science*, 81, 196-202.

**Font i Furnols, M., Realini, C., Montossi, F., Sañudo, C., Campo, M.M., Oliver, M.A., Nute, G.R., & Guerrero, L., 2011.** Consumer's purchasing intention for lamb meat affected by country of origin, feeding system and meat price: A conjoint study in Spain, France and United Kingdom. *Food Quality and Preference*, 22(5), 443–451.

**Fonty, G.J., Jouany, P., Forano, E., Gouet, P.h., 1995.** L´ecosystème microbien du réticulorumen. In: Nutrition des Ruminants Domestiques. Editeurs : Jarrige, R., Y. Ruckebusch, C. Demarquilly, M. H. Farce, M. Journet. *INRA, Paris*. p 299-347.

**Franco, D.E., Rodríguez, L., Purriños, S., Crecente, R., Bermúdez, J., and Lorenzo, M., 2011.** Meat quality of “Galician Mountain” foals breed. Effect of sex, slaughter age and livestock production system. *Meat Science*. 88:292–298.

**Fraser, K., Lane, G.A., Schreurs, N.M., Tavendale, M.H., McNabb, W.C., Marotti, D.M., 2003.** Effects of different forages on methylphenol formation in the rumen of sheep. *Proc. NZ Soc. Animal Production*. 63, 40–44.

**Fraser, K., Lane, G.A., Schreurs, N.M., Tavendale, M.H., Keogh, R.G., Kirk, M.R., McNabb, W.C., 2004.** Formation and excretion of phenol flavour compounds in sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 64: 203-207.

**French, P., Stanton, C., Lawless, F., O’Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Moloney, A.P., 2000.** Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal Animal Science*, 78:2849–2855

**French, P., Stanton, C., Lawless, F., O’Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Moloney, A.P., 2002.** Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate based diets. *Journal of Animal Science*. 78: 2849–2855.

**Fink-Gremmels, J., 1993.** Nutrition, residues and health. *Fleischwirtsch International*, 2: 3-13.

**Fisher, A.V., Enser, M., Richardson, R.I., Wood, J.D., Nute, G.R., Kurt, E., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., 2000.** Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed × production systems, *Meat Science*. 55, 141–147.

**Gatellier, P., Mercier, Y., Juin, H., Renerre, M., 2005.** Effect of finishing mode (pasture- or mixed-diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. *Meat Science*, 79, 175–186.

**Gatellier, P., Mercier, Y., and Renerre, M., 2008.** Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. *Journal of Meat Science*. 74:242-248.

Gatellier, P., Santé-Lhoutellier, V., Portanguen, S., Kondjoyan, A., 2009. [Forage Species Alters Animal Performance, Carcass Quality, and Fatty acids](#) of meat lamb. *Meat Science*. 83: 651–656.

**Gandemer, G., and Meynier, A., 1995.** The importance of phospholipids in the development of flavour and offflavour in meat products. In: *Composition of meat in relation to processing, nutritional and sensory quality: from farm to fork*. Lundstrom, K., Hansson, I., Wiklund, E., Eds., pp 119-128. ECCEAMST: Utrecht, The Netherlands.

**Gandemer, G., 1998.** Lipides du muscle et qualite de la viande. Phospholipides et flavours (Muscle lipid and meat quality. Phospholipids and flavours). *Oleagineux-Corps gras-Lipides*; 4:19–25

**Gandemer, G., 1999.** Lipids and meat quality: lipolysis, oxidation, Maillard reaction and flavour, *Science Aliments* 19, 439–458.

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

**Garcia-Esteban, A., Ansorena, D., Astiasaran, I., and Ruiz, J., 2004.** Study of the effect of different fiber coatings and extraction conditions on dry cured ham volatile compounds extracted by solid-phase microextraction (SPME). *Talanta*. 64, 458–466.

**Garcia, P.T., Pensel, N.A., Sancho, A.M., Latimori, N.J., Kloster, A.M., Amigone, M.A., Casal, J.J., 2007.** Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. *Meat Science*. 79, 500-508.

**Gatellier, P., Mercier, Y., Juin, H., & Renerre, M., 2005.** Effect of finishing mode (pasture- or mixed-diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. *Meat Science*, 69, 175–186.

**Gatellier, P., Howe, J.C., Hentges, E., Boyce, J., Brooks, J.C., Shriver, B., Hoover, L., Miller, M.F., 2008.** Effects of conventional and grass-feeding systems on the nutrient composition of beef. *Journal Animal Science*. 86(12):3575-85.

**Gatellier, P., Kondjoyan, A., Portanguen, S., Grève, E., Yoon, K., and Santé-Lhoutellier, V., 2009.** Determination of aromatic amino acid content in cooked meat by derivative spectrophotometry: implication in nutritional quality of meat. *Food Chemistry*. 114, 1074-1078.

**Geay, Y., 2001.** Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. *Animal Research Sciences*, 50 (3), pp.185-200.

**Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J.F., and Culioli, J., 2002.** Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. Dans : *INRA Productions Animales* 15, 37-52.

**Genot, C., 1996.** Some factors influencing TBA test, Annual report of the Vth PCRd EU project: Dietary treatment and oxidative stability of muscle and meat products: nutritive value, sensory quality and safety (Diet-ox), AIR III-CT-92-1577.

**Gerber, N., Scheeder, M.R.L., Wenk, C., 2009.** The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat. *Meat Science*, 81, pp. 48–154.

**Gibney, M.J., 1993.** Fat in animal products: facts and perceptions. In J. D. Wood & T. L. J. Lawrence (Eds.), *Safety and quality of food from animals (Occasional Publication n. 17, pp. 57-61)*. Edinburgh: British Society of Animal Production.

**Givens, D.I., Cottrill, B.R., Davies, M., Lee, P.A., Mansbridge, R.J, Moss, A.R., 2001.** Sources of n-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish oil for livestock diets. *A review. Nutrition Abstr. Rev.* B 71, 53R-83R.

**Givens, M.D., Galik, P.K., Riddell, K.P., Dykstra, C.C., Brock, K.V., Stringfellow, D.A., 2005.** Effects of aromatic cationic molecules on bovine viral diarrhoea virus and embryonic development. *Theriogenology*; 63(7):1984-1994.

**Gobert, M., Gruffat, D., Habeanu, M., Parafita, E., Bauchart, D., Durand, D., 2010.** Plant extracts combined with vitamin E in PUFA-rich diets of cull cows protect beef against lipid oxidation. *Meat Science*, 85, 676-683.

**Goll, D.E., Geesink, G.H., Taylor, R.G., and Thompson, V.F., 1995.** Does proteolysis cause all postmortem tenderization or are changes in the actin/myosin interaction involved. Proc. 41th Int. Congr. *Meat Science Technology*, 41, 537.

**Gondret, F., Mourot, J., Bonneau, M., 1997.** Comparison of intramuscular adipose tissue cellularity in muscles differing in their lipid content and fiber type composition during rabbit growth. *Livestock Production Science*. (sous presse).

**Gonthier, C., Mustafa, A., Berthiaume, R., Petit, H., Martineau, R., Ouellet, D., 2004.** Effects of feeding micronized and extruded flaxseed on ruminal fermentation and nutrient utilization by dairy cows. *Journal Dairy Science*; 87:1854–1863.

**González-Domínguez, R., García-Barrera, T., Gómez-Ariza, J.L., 2014.** Using direct infusion mass spectrometry for serum metabolomics in Alzheimer's disease. *Anal Bioanal. Chemistry*. 406, 7137–7148.

**Gorraiz, C., Beriain, M.J., Chasco, J., & Insausti, K., 2006.** Effect of aging time on volatile compounds, odor, and flavor of cooked beef from Pirenaica and Friesian bulls and heifers. *Journal of Food Science*, 67, 916–922.

**Granados, Ma., 2001.** Influencia del genotipo y la dieta sobre la calidad de la canal y de la carne porcina. Efecto del alfa-tocoferol acetate sobre la estabilidad a la oxidacion de la carne. *Doctoral Thesis*, p 248.

**Gray, J.I., and Monahan, F.J., 1992.** Measurement of lipid oxidation in meat and meat products. *Trend in Food Sciences and Technology*. 3 315-318.

**Gray, J.I., Gomoa, E.A., & Buckley, D.J., 1996.** Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, 43, S111–S123.

**Grosch, W., 2001.** Evaluation of the key odorants of foods by dilution experiments, aroma models and omission. *Chemical Senses*, 26(5), 533–545.

**Guth, H., Grosch, W., 1994.** In : H Maarse, DG van eds. Trends in Flavor Research. Amsterdam, pp 395-399.

**Gutzke, G., and Trout, G.R., 2002.** Temperature and pH dependence of the autoxidation rate of bovine, ovine, porcine and cervine oxymyoglobin isolated from three different muscles — *Longissimus dorsi*, *Gluteus medius*, and *Biceps femoris*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, pp. 2673–2678.

**Ha, J.K., & Lindsay, R.C., 1991.** Volatile alkylphenols and thiophenol in species-related characterizing flavors of red meats. *Journal of Food Science*, 56, 1197–1202.

**Haak, L., Raes, K., Smet, K., Claeys, E., Paelinck, H., De Smet, S., 2006.** Effect of dietary antioxidant and fatty acid supply on the oxidative stability of fresh and cooked pork. *Meat Science*. 74, 476–486.

**Hammami, R., Zouhir, A., Hamida, J.B., & Fliss, I., 2011.** BACTIBASE: A new webaccessible database for bacteriocins characterization. *BMC Microbiology*, 7, 89-95.

**Hanks, K., 2009.** Exploring our biomes. The fynbosbiome. (ii) 40. (pp. 2-7). Jacana Media (Pty) Ltd, 2-7.

**Harfoot, C.G., & Hazlewood, G.P., 1997.** Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson, P.N., *et al.* (Eds.) *The rumen microbial ecosystem*. London, UK: Chapman and Hall. pp. 382-425.

**Harnack, L.J., French, S.A., Oakes, J.M., Story, M.T., Jeffery, R.W., & Rydell, S.A., 2008.** Effects of calorie labeling and value sizing pricing on fast food meal choices: Results from an experimental trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 5 (63).

**Harnack, K., Andersen, G., and Somoza1, V., 2009.** Quantitation of alpha-linolenic acid elongation to eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid as affected by the ratio of n6/n3 fatty acids. *Nutrition & Metabolism* (Lond) 6, 8.

- Higgs, J.D., 2000.** The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends in Food Science & Technology*, 11(3):85-95.
- Hocquette, J.F., Ortigues-Marty, I., Pethick, D., Herpin, P., Fernandez, X., 1998.** Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals, *Livest. Prod. Sci.* 56, 115–143.
- Hocquette, J.F., Cassar-Malek, I., Listrat, A., Jurie, C., Jailler, R., Picard, B., 2005.** Evolution des recherches sur le muscle des bovins et la qualité sensorielle de leur viande. II : Influence des facteurs d'élevage sur les caractéristiques musculaires. *Cah. Agric.*, 14, 365-372.
- Hoffman, L.C., Kritzinger, B., & Ferreira, A.V., 2005a.** The effects of region and gender on the fatty acid, amino acid, mineral, myoglobin and collagen contents of impala (*Aepyceros melampus*) meat. *Meat Science*, 69, 551–558.
- Hoffman, L.C., Jones, M., Muller, N., Joubert, E., & Sadie, A., 2014.** Lipid and protein stability and sensory evaluation of ostrich (*Struthio camelus*) droëwors with the addition of rooibos tea extract (*Aspalathus linearis*) as a natural antioxidant. *Meat Science*, 96, 1289–1296.
- Howe, P., Meyer, B., Record, S., et al., 2006.** Dietary intakes of long chain  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meat sources. *Nutrition*, 22: 47–53.
- Hymøller, L., Jensen, S.K., Lindqvist, H., Johansson, B., Nielsen, M.O., Nadeau, E 2010.** Supplementing dairy steers and organically managed dairy cows with synthetic vitamin D<sub>3</sub> is unnecessary at pasture during exposure to summer sunlight. *Journal of Dairy Research*; 76:372–378.
- [Hymøller, L., and Jensen, S.K., 2011.](#)** [Vitamin D<sub>2</sub> impairs utilization of vitamin D<sub>3</sub> in high-yielding dairy cows in a cross-over supplementation regimen. Volume 94, Issue 7, Pages 3462-3466.](#)
- Immonen, K., Ruusunen, M., Hissa, K., Puolanne, E., 2000.** Bovine muscle concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Science*. 55, 25–31.
- Insani, E.M., Eyherabide, A., Grigioni, G., Sancho, A.M., Pensel, N.A., and Descalzo, A.M., 2008.** Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Science*. 79:444–452.
- INRA., 1988.** Alimentation des bovins ovins et caprins. Institut national d'études stratégiques globales. Paris, 471p.
- Jackson, P.G.G., Cockcroft, P.D., 2002.** Clinical Examination of Farm Animals. Blackwell, Oxford.
- Jakobsen, K., 1999.** Dietary modifications of animal fats: status and future perspectives. *Fett/Lipid*. 101, S475–S483.
- James, J.M., & Calkins, C.R., 2008.** The influence of cooking rate and holding time on beef chuck and round flavour. *Meat Science*, 78, 429–437.
- Jarrige, R.E., Grenet, C., Démarquilly, J.M., Besle, 1995.** Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères in R.Jarrige, Y.Ruckebush, C.Démarquilly, M.H.Farce, *M.Journet, Nutrition des ruminants domestiques ingestion et digestion*, 25- 81pp. INRA, Paris.

- Jarrige, R.E., [Archimède H.](#), [Pellonde, P.](#), [Despois, P.](#), [Etienne, T.](#), [Alexandre, G.](#), 2002. Growth performances and carcass traits of Ovin Martinik lambs fed various ratios of tropical forage to concentrate under intensive conditions. *Small Research Ruminant*. 43:283–288
- Jenkins, T.C., 1993. Lipid Metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 76, 3851-3863.
- [Jenkins, T.C.](#), and [Wallace, P.J.](#), [Moate, E.E.](#), [Mosley, 2008](#). Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, 86, pp. 397–412.
- [Jeon, S.M.](#), [Xiao, C.](#), [Finley, L.W.](#), [Lahusen, T.](#), [Souza, A.L.](#), [Pierce, K.](#), [Li, Y.H.](#), [Wang, X.](#), [Laurent, G.](#), [German, N.J.](#), 2013. SIRT4 has tumor-suppressive activity and regulates the cellular metabolic response to DNA damage by inhibiting mitochondrial glutamine metabolism. *Cancer Cell*. 23, 450–463.
- [Joy, M.](#), [Ripoll, G.](#), [Molino, F.](#), [Dervishi, E.](#), & [Alvarez, Rodriguez, J.](#), 2008. Influence of the type of forage supplied to ewes in pre- and post-partum periods on the meat fatty acid of suckling lambs. *Meat Science*, 90, 775-782.
- [Kaboul, N.](#), et [Ouachem, D.](#), 2012. Utilisation de l'argile chez les ruminants: Conséquences sur le métabolisme du rumen. *Livestock Research for Rural Development*, 24 (12) .
- [Kadim, I.T.](#), [Mahgoub, O.](#), [Purchas, R.W.](#), 2008. A review of the growth, and of the carcass and meat quality characteristics of the one-humped camel (*Camelus dromedaries*). *Meat Science*, 80, pp. 555–569.
- [Kadim, I.T.](#), [Kadim, M.R.](#), [Al-Ani, R.S.](#), [Al-Maqbaly, M.H.](#), [Mansour, O.](#), [Mahgoub, E.H.](#), [Johnson, 2011](#). Proximate, amino acid, fatty acid and mineral composition of raw and cooked camel (*Camelus dromedarius*). *British Food Journal*, 4, pp. 482–494.
- [Kaneda, T.](#), 1991. Iso- and anteiso-fatty acids in bacteria: biosynthesis, function and taxonomic significance. *Microbiological Review*. 55, 288–302.
- [Karapehliyan, M.](#), [Atakissi, E.](#), [Atakissi, O.](#), [Yucauyurt, R.](#), et [Pancarcib, S.M.](#), 2007. Blood biochemical parameters during the lactation and dry period in Tuj ewes. *Small Ruminants Research.*, 73, 267-271.
- [Kaur, S.](#), [Sarkar M.](#), [Srivastava, R.B.](#), [Gogoi, H.K.](#), [Kalita, M.C.](#), 2011. Fatty acid profiling and molecular characterization of some freshwater microalgae from India with potential for biodiesel production. *N Biotechnol*. 15;29(3):332-44.
- [Keen, A.R.](#), 1998. Flavour compounds and their origin in dairy products. *Journal New Ziland Institue Chemistry*. 62, 5–13.
- [Kemp, J.D.](#), [Mahyuddin, L.](#), [Ely, D.J.](#), [Fox, J.D.](#), & [Moody, W.G.](#), 1981. Effect of feeding systems, slaughter weight and sex on organoleptic properties and fatty acid composition of lamb. *Journal of Animal Science*, 51, 321–330.
- [Kemp, P.](#), & [Lander, D.J.](#), 1984. Hydrogenation of  $\alpha$ -linolenic acid to stearic acid by mixed cultures of pure strains of rumen bacteria. *The Journal of General Microbiology* 130, 527-533.
- [Kennedy, C.R.](#), [Guén, J-F.](#), 1994. Regional versus local helminth parasite richness in British fresh water fish saturated or unsaturated parasite communities? *Parasitologie*, 109: 175-185.
- [Kerler, J.](#), & [Grosch, W.](#), 1997. Character impact odorants of boiled chicken: changes during refrigerated storage and reheating. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, 205(3), 232-238.

**Kerscher, R., & Grosch, W., 1998.** Quantification of 2-methyl-3-furanthiol, 2- furfurylthiol, 3-mercapto-2-pentanone, and 2-mercapto-3-pentanone in heated meat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46, 1954–1958.

**Khenaka, A., 2011.** Effet des huiles essentielles de la plante *Laurus nobilis* sur l'aspect Toxicologique et morphométrique des larves des moustiques (*Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*). Thèse de master en sciences Biologie Cellulaire et Moléculaire, Université d' EL-OUED.

**Kingston-Smith, A.H., Theodorou, M.K., 2000.** Post-ingestion metabolism of fresh forage. *New Phytol.* 148, 37–55.

**Kinsella, J.E., 1990.** Flavor perception and binding. *International News on Fats, Oils & Related Materials*, 1, 215–226.

**Kolditz, C., Borthaire, M., Richard, N., Corraze, G., Panserat, S., Vachot, C., Lefèvre, F., Médale, F., 2008.** Liver and muscle metabolic changes induced by dietary energy content and genetic selection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Am Journal Physiol Regul Integr Comp Physiol*; 294: R1154–R1164.

**Komprda, T., Zelenka, J., Tieffova, P., Stohandlova, M., Foltyn, J., 1999.** Effect of the growth intensity on cholesterol and fatty acids content in broiler chicken tissues. *Arch. Geflügelk.* 63, 36-43.

**Kondjoyan, A., Peyron, A., 2006.** How can we model the cooking of meat. 11<sup>th</sup> Clermont Ferrand JSMTV. France, 247.

**Konkel, A., and W.H., Schunck, 2011.** Role of cytochrome P450 enzymes in the bioactivation of polyunsaturated fatty acids. *Biochim Biophys Acta*, 1814: 210-222.

**Koubba, M., Enser, M., Whittington, F.M., Nute, G.R., & Wood, J.D., 2008.** Effect of a high linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science* (in press).

**Koutsidis, G., Elmore, J.S., Oruna-Concha, M.J., Campo, M.M., Wood, J.D., & Mottram, D.S., 2008.** Water-soluble precursors of beef flavour. Part II: Effect of post-mortem conditioning. *Meat Science*, 79, 270–277.

**Kraft, M.D., Michalski, J.R., and Sharp, T.G., 2003.** Effects of pure silica coatings on thermal emission spectra of basaltic rocks: Considerations for Martian surface mineralogy: *Geophysical Research Letters*, v. 30, no. 24, 2288, doi: 10.1029/ 2003GL018848.

**Kraft, N.J.B., Valencia, R., and Ackerly, D.D., 2008.** Functional traits and niche-based tree community assembly in an *Amazonian forest Science*, 322:580– 582.

**Kurt, E., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., 2000.** Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed × production systems, *Meat Science*. 55, 141–147.

**Lane, G.A., Fraser, K., 1999.** A comparison of phenol and indole flavour compounds in fat, and of phenols in urine of cattle fed pasture or grain, *N. Z. J. Agric. Res.* 42, 289–296.

**Landy, P., Courthaudon, J.L., Dubois, C., & Voilley, A., 1996.** Effect of interface in model food emulsions on the volatility of aroma compounds. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44-526.

**Larick, D.K., Turner, B.E., 1990.** Influence of finishing diet on the phospholipid composition and fatty acid profile of individual phospholipids in lean muscles of beef cattle, *Journal Animal Science*. 67, 2282–2293.

**Lawless, F., Murphy, J.J., Kjellmer, G., Conolly, J.F., Devery, R., Aherne, S., O'Shea, M., Stanton, C., 1996.** Effect of diet on bovine milkfat conjugated, linoleic acid content. *Irish Journal Agriculture Food Research*. 35, 208.

**Lawless, F., Murphy, J.J., Fidgeal, S., O'Donovan, M., Gowen, N., Devery, R., Stanton, C., 1999.** Milk fat CLA content as enhanced by dietary supplementation with pulp "n" brew and as affected by intake of different rye grass cultivars, *Chem. Phys. Lipids*. 101,153.

**Lawrence, J., Appel Frank, M., Sacks Vincent, J., Carey Eva Obarzanek Janis, F., Swain Edgar, R., Miller Paul, R., 2005.** Effects of Protein, Monounsaturated Fat, and Carbohydrate Intake on Blood Pressure and Serum Lipids. *Journal of American Medical Association*. 294: 2455-2464.

**Lebret, B., Lefaucheur, L., Mourot, J., 1998.** La qualité de la viande de porc Influence des facteurs d'élevage non génétiques sur les caractéristiques du tissu musculaire. *INRA Production Animal.*, 1999, 12 (1), 11-28.

**Lee, M.R.F., and Noble, N.D., 2003.** The effect of clover silages on long chain fatty acid rumen transformations and digestion in beef steers. *Animal Science*, 76, 491-501.

**Lee, S., Faustman, C., Djordjevic, D., Faraji, H., Decker, E.A., 2006.** Effect of antioxidants on stabilization of meat products fortified with n-3 fatty acids. *Meat Science*; 72:18-24.

**Le Houerou, H.N., 1992.** Bioclimatologie et biogéographie de steppes arides du Nord de l'Afrique : diversité biologique, développement durable et désertification, Série B n°10, CIHEAM, Montpellier, France, 215 p.

**Legako, J.F., Brooks, J.C., O'Quinn, T.G., Hagan, T.D.J., Polkinghorne, R., Farmer, L.J., & Miller, M.F., 2015.** Consumer palatability scores and volatile beef flavor compounds of five USDA quality grades and four muscles. *Meat Science*, 100, 291-300.

**Le guen, S., Prost, C., & Demaimay, M., 2001.** Evaluation of the representativeness of the odor of cooked mussel extracts and the relationship between sensory descriptors and potent odorants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (3), 1321-1327.

**Lessire, 2001.** Matières grasses alimentaires et composition lipidique des volailles. *INRA Production Animal.*, 14, 365-370.

**Leygonie, C., Britz, T.J., & Hoffman, L.C., 2012.** Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science*, 91, 93-98.

**Lewis, R., Emmans, G., & Simm, G., 2002.** Effects of index selection on the carcass composition of sheep given either ad libitum or controlled amounts of food. *Animal Science*, 75, 185-195.

**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 yellowcattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5, 21.

**Listrat, A., Rakadjiyski, N., Jurie, C., Picard, B., Touraille, C., Geay, Y., 1999.** Effect of the type of diet on muscle characteristics and meat palatability of growing Salers bulls. *Meat Science*. 53,115-124.

**Lind, V., Berg, J., Eilertsen, S.M., Hersleth, M., & Eik, L.O., 2011.** Effect of gender on meat quality in lamb from extensive and intensive grazing systems when slaughtered at the end of the growing season. *Meat Science*, 88(2), 305-310.

- Loor, J.J., Ueda, K., Ferlay, A., Chilliard, Y., Doreau, M., 2004.** Biohydrogenation, duodenal flow, and intestinal digestion of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage: concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.87, p.2472-2485.
- Lorenz, S., Bqttner, A., Ender, K., Nuernberg, G., Papstein, H.J., Schieberle, P., Nuernberg, K., 2002.** Influence of keeping system on fatty acid composition in the longissimus muscle of bulls and odorants formed after pressure-cooking. *Europeen Food Research. Technol.* 214, 112 – 118.
- Lorenzo, J.M., Sarriés, M.V., & Franco, D., 2013.** Sex effect on meat quality and carcass traits of foal slaughtered at 15 months of age. *Animal journal*, 7, 1199–1207.
- Lorenzo, J.M., and Dominquez, R., 2014.** Cooking losses, lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat as affecte by cooking procedure. *Flavour Fragr journal.* 29, 240-248.
- Lourenço, M., Ramos-Morales, E., & Wallace, R.J 2010b.** The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. *Animal journal*, 4 (Special issue 07), 1008–1023.
- Lynch, M.P., and Faustman, C., 2004.** Effect of aldehyde lipid oxidation products on myoglobin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, pp. 600–604.
- Lu, P., Li, D., Yin, J., Zhang, L., & Wang, Z., 2008.** Flavour differences of cooked longissimus muscle from Chinese indigenous pig breeds and hybrid pig breed (Duroc x Landrace x Large white). *Food Chemistry*, 107, 1529–1537.
- Luciano, G., Monahan, F.J., Vasta, V., Pennisi, P., Bella, M., Priolo, A., 2009.** Lipid and color stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Science.* 82,193–199
- Machiels, D., van Ruth, S.M., Posthumus, M.A., Istasse, L., 2003.** Gas chromatography-olfactometry analysis of the volatile compounds of two commercial Irish beef meats. *Talanta.* 60 (4): 755-64.
- Machiels, D., Istasse, L., & van Ruth, S.M., 2004.** Gas chromatography-olfactometry analysis of beef meat originating from differently fed Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus bulls. *Food Chemistry*, 86-377.
- Mac Leod, G., 1994.** The flavor of beef. In Shahidi F (ed) Flavor of meat and meat products. *Glasgow Chapman and Hall* , 4-37.
- Madruga, M.S., Elmore, J.S., Dodson, A.T., & Mottram, D.S., 2009.** Volatile flavor profile of goat meat extracted by three widely used techniques. *Food Chemistry*, 115, 1081-1087.
- Maene, D., Dehareng, F., Huneau, C., Davin., Deswysen, G., 2002.** Influence du régime alimentaire sur le profil en acide lonoléique conjugué de la viande d’agneau. *Rencontres Recherches Ruminants.* 9, 322.
- Majdoub, L., Vermorel, M., Ortigues-Marty, I., 2001.** Net nutrient metabolism in hindlimb of growing lambs supplemented with propionate. In: Proceeding of the French–Polish symposium held in Paris France on the 25 and 26th of September. *Animal and Human Growth and development: Regulatory mechanisms; session 3, Regulation of muscle growth and lipid metabolism.* C24, p 51.
- Mandell, I.B., Buchanan-Smith, J.G., Campbell, C.P., 1998.** Effects of forage vs. grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled. *Journal Animal Science.* 76, 2619–2630.

- Martín, D., 2001.** Instrumentos de análisis económico en sistemas agroforestales: Aplicación a un grupo de dehesas de la comarca de Monfragüe. PhD thesis. Universidad Complutense de Madrid, Spain, Forthcoming.
- Margaret, A., Cliff and Eunice, C.Y., Li-Chan., 2006.** Odour-active components of simulated beef Xavour analysed by solid phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry and – olfactometry. *Food Research International*. 39, 294–308.
- Masters, L., Emiral, P.O., Minim, V.P.R., 2006.** Análise sensorial: estudos com consumidores. Viçosa. National Research Council. 1985. Nutrient requirements of sheep. 6th Ed. Washington, DC.
- Mastrocola, D., Nicoli, M.C., and Marangoni, D., 2000.** Fatty acids, essential amino acids, and chlorogenic acids profiles, in vitro protein digestibility and antioxidant activity of food products. *Meat Science*. 80 (4): 1046-1054.
- Matsuishi, M., Lgeta, M., Takeda, S., and Okitani, A., 2004.** Sensory factors contributing to the identification of the animal species of meat. *Journal of Food Science*. 69, 218-220.
- McAfee, A.J., McSorley, E.M., Cuskelly, G.J., Moss, B.W., Wallace, J.M.W., Bonham, M.P., 2010.** Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science*. 84,1–13.
- McCaughey, W.P., and Simons, R.G., 1996.** Harvest management and N-fertilization effects on yield and regrowth of smooth brome grass, crested wheatgrass and meadow brome grass in the eastern prairies. *The Canadian Journal of Plant Science*. 76: 773–782.
- McDowell, L.R., Williams, S.N., Hidiroglou, Njeru, C.A., Hill, G.M., Hochoa, L., Wilkinson, N.S., 1996.** Vitamin E supplementation for the ruminant. *Animal Fed Science and Technology*; 60-273.
- McKain, N., Shingfield, K.J., Wallace, R.J., 2010.** Metabolism of conjugated linoleic acids and 18:1 fatty acids by ruminal bacteria: Products and mechanisms. *Microbiology*.156:579–588.
- McLean et al., 1993.** The flavour of beef. In F. Shahidi (Ed.), *Flavour of meat and meat products*. Glasgow: *Blackie Academic and Professional*. (pp. 4–37).
- Médale, F., 2009.** Teneur en lipides et composition en acides gras de la chair de poissons issus de la pêche et de l'élevage. *Cah. Nutr. Diet.*, 44, 173-181.
- Medicago, S., Melton, S.L., 1990.** Effects of feeds on *flavor* of red meat: a review, *Journal of Animal Science*. 68, 4421–4435.
- Melton, S.L., 1983.** Effects of feeds on flavour of red meat: A review. *Journal of Animal Science*. 68, 4421–4435.
- Mendez, J.A., Vellon, L., Colomer, R., and Lupu, R., 2005.** Oleic acid, the main monounsaturated fatty acid of olive oil, suppresses Her-2/neu (erbB-2) expression and synergistically enhances the growth inhibitory effects of trastuzumab (Herceptin™) in breast cancer cells with Her-2/neu oncogene amplification. *European Society for Medical Oncology*.
- Mercier, Y., Gatellier, P., & Renerre, M., 2004.** Lipid and protein oxidation in vitro, and antioxidant potential in meat from Charolaise cows finished on pasture or mixed diet. *Meat Science*. 66, 437–473.
- Merghem, R., 2011.** Les plantes sources de molécules d'intérêt pharmacologique ou nutritionnel. In «*congrès international de Nutrition*». 22, 23 Mai 2011. Université d'Oran, Algérie. P 24-25.

- Meschy, F., 1993.** Rien ne se fera sans les minéraux. *Production Laitière Moderne*. 227(8): 32-33.
- Miller, R. K., Moeller, S. J., Goodwin, R. N., Lorenzen, C. L., & Savell, J.W. 2000.** Consistency in meat quality. Proceedings of the 46th International Congress of Meat Science & Technology (pp. 566–580). Buenos Aires, Argentina: ICOMST Organizer.
- Miller, A., Stanton, C., & Devery, R., 2001.** Modulation of arachidonic acid distribution by conjugated linoleic acid isomers and linoleic acid in MCF-7 and SW480 cancer cells. *Lipids*, 36(10), 1161–1168.
- Miller, R.K., 2004.** Palatability. In C. Devine, & M. Dikeman (Eds.), *Encyclopedia of Meat sciences*. Vol. 1. (pp. 256–266). Oxford: Elsevier Academic Press.
- Milliauskas, G., Venskutonis, P.R., Van Beek, T.A., 2004.** Screening of radical scavenging activity of some medicinal plants and aromatic plant extract. *Food Chemistry*. 85:231-237.
- Mohammedi, H., Labani, A., et Benabdeli, K., 2006.** Essai sur le rôle d'une espèce végétale rustique pour un développement durable de la steppe algérienne. Développement durable et territoire, Varia.
- Moloney, A.P., Mooney, M.T., Kerry, J.P., Troy, D.J., 2001.** Producing tender and flavor some beef with enhanced nutritional characteristics. *Production Nutrition Society*. 60, 221-229.
- Monahan, F.J., D.J. Buckley, P. A. Morrissey, P. B. Lynch and J. I. Gray. 1999.** Influence of dietary fat and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on lipid oxidation in pork. *Meat Science*. 31:229-241.
- Monson, F., Sanudo, C., Sierra, I., 2005.** Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*. 71:471–479
- Moon, S.Y., Cliff, M.A., & Li-Chan, E.C.Y., 2006.** Odour -active components of simulated beef flavor analyzed by solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry and – olfactometry. *Food Research Int*. 39:294-308.
- Moreno, T., Keane, M.G., Noci, F., & Moloney, A.P., 2008.** Fatty acid composition of M. Longissimus dorsi from Holstein-Friesian steers of New Zealand and European /American descent and from Belgian Blue Holstein-Friesian steers, slaughtered at two weights/ages. *Meat Science*, 78, 157-169.
- Moreno, G.M.B., Silva Sobrinho, A.G., Leão, A.G., 2010.** Rendimentos de carcaça, composição tecidual e musculabilidade da perna de cordeiros alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em dois níveis de concentrado. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.62, n.3, p.686-695.
- Morris, S., Rob, R., Shin, H., 1995.** Dominance and belief potentiel. *Econometrica*. 63, 145-157 .
- Morrissey, P.A., Sheehy, P.J.A., Galvin, K., Kerry, J.P., 1998.** Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*. 49: S73–S86.
- Mottram, D.-S., 1992.** Meat flavour. The chemistry of meat flavour. *Meat Focus Int*. 87-93
- Mottram, D.S., 1998.** Flavor formation in meat and meat a review. *Food Chemistry* , 62(4), 415–424.
- Mottram, D.S., 1998a.** Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry*, 62(4), 415-424.
- Mottram, D.S., 1998b.** The chemistry of meat flavor. In F. Shahidi (Ed.), Flavor of meat, meat products, and seafoods. (pp.5-26). London, UK: Blackie Academic and Professional.

- Mottram, D., and I., Nobrega., 2002.** Formation of sulfur aroma compounds in reaction mixtures containing cysteine and three different forms of ribose. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*. 50: 4080-4086.
- Mourot, J., and Hermier, D., 2001.** Lipids in monogastric animal meat. *Reproduction Nutrition Devellopement*. 41, 109–118.
- Mourot J., Guillevic M., Mounier A., Kerhoas N., Weill P 2006.** Effet de la cuisson ou de la transformation sur la teneur en acides gras n-3 de quelques produits animaux. *11ème JSMTV. Clermont Fd.* 99-100p.
- Mourot, J., Guillevic, M., Blochet, J.E., Le Minous, A.E., 2007.** Lutter contre les croyances : une nouvelle évaluation de l'intérêt nutritionnel des charcuteries. *Rev. Nutr. Prat.*, 19, 20-26.
- Mourot J., Arturo-Schaan, M., and Forat, R., 2010.** Effet de la durée de distribution dans le régime d'antioxydants végétaux sur l'oxydation des acides gras de la viande de porc et des produits transformés. 13<sup>ème</sup> journées Science du Muscle et Technologies des viandes (JSMTV), 19 et 20 octobre, Clermont-Ferrand, France, pp : 57-58.
- Monson, F., Sanudo, C., & Sierra, I., 2005.** Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71, 471–479.
- Morrissey, P.A., Sheehy, P.J.A., Galvin, K., Kerry, J.P., Buckley, D.J., 1998.** Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*. 4, S73-S86.
- Mottram, D.S., 1992.** Flavour formation in meat and meat products: A review. *Food Chemistry*, 62, 415–424.
- Mottram, D.S., & Nobrega, I.C.C., 2002.** Formation of sulfur aroma compounds in reaction mixtures containing cysteine and three different forms of ribose. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4080–4086.
- Muela, E., Sañudo, C., Campo, M.M., Medel, I., Beltrán, J.A., 2010.** Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. *Meat Science*, v. 84, n. 4, p. 662-669.
- Muir, W.M., 1998.** Genetic Selection- Strategies for the future. *Poultry Science* 76:1066-1070.
- Muela, E., Sañudo, C., Campo, M.M., Medel, I., & Beltrán, J.A., 2010.** Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. *Meat Science*, 84(4), 662–669.
- Nakamura, M.T., Nara, T.Y., 2004.** Structure, function, and dietary regulation of delta6, delta5, and delta9 desaturases. *Annual Review Nutrition*. 24, 345–376.
- National Research Council (NRC), 2001.** Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.
- National Research Council (NRC), 2007.** Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press, 384 p.
- Nedjraoui, D., 2002.** Les ressources pastorales en Algérie. Document FAO, [en ligne] [www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm](http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm)
- Neethling, J., Britz, T.J., & Hoffman, L.C., 2014a.** Impact of season on the fatty acid profiles of male and female blesbok (*Damaliscus pygargus phillipsi*) muscles. *Meat Science*, 98, 599–606.

**Nefzaoui, A., El Mourid, M., 2008.** Rangeland improvement and management in arid and semi-arid Environments of West Asia and North Africa. (ICARDA: Aleppo.). Available at: [http://icarda.org/wspublications//Regional\\_program\\_reports\\_archive/North\\_Africa/Rangeland\\_improvement.pdf](http://icarda.org/wspublications//Regional_program_reports_archive/North_Africa/Rangeland_improvement.pdf)

**Nicol, A.M., and Jagusch, K.T., 1971.** The effect of different types of pasture on the organoleptic qualities of lambs. *Journal of the Science Food and Agriculture.*, **22**, 464.

**Nikmaram, P., Yarmand, M.S., and 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* Vol. 10(51), pp. 10478-10483.

**Nishimura, T., Hattori, A., and Takahashi, K., 1999.** Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of Japanese Black Cattle: Effect of marbling on beef tenderisation. *Meat Science.* 77:93-104.

**Nixon, L.N., 1981.** A comparison of the effects of grass and legume pasture on sheep meat flavour. *N. Z. Journal of the Agricultural Research.*, 24:277–279.

**Noci, F., O’Kiely, P., Monahan, F. J., Stanton, C., and Moloney, A.P., 2005.** Conjugated linoleic acid concentration in m. *longissimus dorsi* from heifers offered sunflower oil-based concentrates and conserved forages. *Meat Science*, 69, 509–518.

**Normand, J., Bastien, D., Bauchart, D., Chaigneau, F., Chesneau, G., Doreau, M., Farrie, J.P., Joulie, A.R., Lepichon, D., peyronnet, C., Quinsac, A., Renon, J., Ribaud, D., Turin, F., Well, P., 2005.** Produire de la viande bovine enrichie en AGPI oméga 3 à partir des graines de lin : quelles modalités d’apport du lin. Quelles conséquences sur les qualités de la viande. *Renc. Rech. Rum.*, 12: 359-366.

**Normand, J., Quinsac, A., Doreau, M., 2006.** Incidence d’un apport alimentaire d’acides gras polyinsaturés en cours d’engraissement sur les performances zootechniques et les qualités des viandes de gros bovins. *Report No. 17 06 32 029*, Idele, Paris, 138 p.

**North, M.K., & Hoffman, L., C 2015.** Changes in springbok (*Antidorcas marsupialis*) *longissimus thoracis et lumborum* muscle during conditioning as assessed by trained sensory panel. *Meat Science*, 108, 1–8.

**Nürnberg, K., Ender, K., Grumbach, S., Papstein, H.J., Nürnberg, G., 1998.** Modification of fatty acid profile in muscle lipids of ruminants. *Journal Animal Science.* 76 (Suppl. 1) S153.

**Nürnberg, K., Grumbach, S., Zupp, W., Hartung, M., Nurnberg, G., and Ender, K., 2001.** Enhancing of n-3 fatty acids and conjugated fatty acid In lamb meat by keeping on pasture. *Fleischwirtschaft.* 81:120–122.

**Nürnberg, K., Wood, J.D., Scollan, N.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., & Nuernberg, G., 2005.** Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of *longissimus* muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94, 137-147.

**Nürnberg, K., Fischer, A., Nuernberg, G., Ender, K., and Dannenberger, D., 2008.** Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass versus concentrate. *Small Ruminant Research.* 74: 279-283.

**Nüernberg, K., 2009.** Optimizing the Nutritional Profile of Beef. In *Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat*; Kerry, J.P., Ledward, D., Eds.; Woodhead Publishing: Cambridge, UK, 2009, pp. 321–341.

**Nutrient Requirements of Dairy Cattle (NRC), 2001.** 7th Rev. Ed. *National Research Council*, Washington, DC.

**Oliver, M.A., Nute, G.R., Font i Furnols, M., San Juli'an, R., Campo, M.M., Sañudo, C., Cañeque, V., Guerrero, L., Alvarez, I., Díaz, M.T., Branscheid, W., Wicke, M., Montossi, F., 2006.** Eating quality of beef, from different production systems, assessed by German, Spanish and British consumers. *Meat Science*. 74, 435–442.

**Oliveros, H.V.M.C., Ryu, K.S., & Hwang, I.H., 2010.** Development of analysis condition and detection of volatile compounds from cooked Hanwoo beef by SPME-GC/MS analysis. *Journal of Food Science of Animal Resource*, 30, 73.

**Or-Rashid, M.M., Odongo, N.E., and McBride, B.W., 2009.** Fatty acid composition of ruminal bacteria and protozoa, with emphasis on conjugated linoleic acid, vaccenic acid, and oddchain and branched-chain fatty acids. *Journal Animal Science*. 85:1228- 1234.

**O'sullivan, M., and Kerry, J.P., 2009.** Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat; in: "Sensory and quality properties of packaged meat", 25, 585-604.

**Paim, T.P., Viana, P., Brandão, E., Amador, S., Barbosa, T., Cardoso, C., Dantas, A.M.M., Souza, J.R., McManus, C., Abdalla, A.L., Louvandini, H., 2014.** Carcass traits and fatty acid profile of meat from lambs fed different cottonseed by-products. *Small Rumin Res*. 116:71–7.

**Parigi-Bini, R., Xiccato, G., Cinetto, M., Dalle Zotte, A., 1992.** Energy and protein utilization and partition in rabbit does concurrently pregnant and lactating. *Animal Production*, 55(01): 153-162.

**Park, R.J., Corbett, J.L., and Furnival, E.P., 1972a.** Flavour differences in meat from lambs grazed on either lucerne (*Medicago sativa*) or phalaris (*Phalaris tuberosa*) pastures. *Journal of Agricultural Science*. 78:47.

**Park, R.J., Spurway, R.A., and Wheeler, J.L., 1972b.** Flavour differences in meat from sheep grazed on pasture or winter forage crops. *Journal of Agricultural Science*. 78:53–56.

**Park, R.J., Ford, A., Minson, D.J., Baxter, R.I., 1975.** Lucerne-derived flavour in sheep meat as affected by season and duration of grazing. *Journal Agriculture Science*. 84, 209–213.

**Pegg, R.B., & Shahidi, F., 2004.** Flavour development. In C. Devine, & M. Dikeman (Eds.). *Encyclopedia of Meat Sciences*. Vol. 2. (pp. 570–578). Oxford, UK: Elsevier Academic Press.

**Pethick, D.W., and Dunshea, F.R., 1996.** The partitioning of fat in farm animals. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*. 20, 3-13.

**Pethick, D.W., Davidson, R., Hopkins, D.L., Jacob, R.H., D'Souza, D.N., Thompson, J.M., 2005.** The effect of dietary treatment on meat quality and on consumer perception of sheep meat eating quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 45, 517–524.

**Petron, M., Raes, K., Claeys, E., Lourenço, M., Fremaut, D., De Smet, S., 2006.** Effect of grazing pastures of different botanical composition on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of lamb meat. *Meat Science*. 75(4):737–45.

- Periolo N, Chernavsky AC. 2008.** Dietary long chain n-3 polyunsaturated fatty acids amounts of oily fish. *Journal of Nutrition*. 138:1807-12S.
- Perez-Alvarez, J.A., Sendra-Nadal, E., Sanchez-Zapata, E.J., & Viuda-Martos, M., 2010.** Poultry flavour: General aspects and applications. In I. Guerrero-Legarreta, & Y. H. Hui (Eds.), *Handbook of poultry science and technology* (pp. 339–357). New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- Piasentier, E., Valusso, R., Camin, F., Versini, G., 2003.** Stable isotope ratio analysis for authentication of lamb meat. *Meat Science*. 64:239–47.
- Picgirard, L., 2010.** Changed dynamics in myofibrillar protein aggregation as a consequence of heating. *Journal of Food Engineering*, Volume 77, Issue 1, Pages 27-4.
- Pollock, J.M., 1994.** Le couple vitamine E et sélénium renforce l'immunité. *Recherches en sciences vétérinaires*. 56:100–107.
- Ponnampalam, E.N., Sinclair, A.J., Egan, A.R., Blakeley, S.J., Leury, B.J., 2001.** Effect of diets containing n-3 fatty acids on muscle long-chain n-3 fatty acid content in lambs fed low and medium-quality roughage diets. *Journal Animal Science*. 79, 698-706.
- Ponnampalam, E.N., Sinclair, A.J., Egan, A.R., Blakeley, S.J., Li, D., Leury, B.J., 2001a.** Effect of dietary modification of muscle long-chain n-3 fatty acid on plasma insulin and lipid metabolites, carcass traits, and fat deposition in lambs. *Journal of Animal Science*. 79:895–903.
- Ponnampalam, E.N.A.J., Sinclair, A.R., Egan, S.J., Blakeley, D.Li., and Leury, B.J., 2001b.** Effect of dietary modification of muscle long-chain n-3 fatty acid on plasma insulin and lipid metabolites, carcass traits, and fat deposition in lambs. *Journal of Animal Science*. 79:895–903.
- Ponnampalam, E.N., Butler, K.L., Pearce, K.M., Suzanne, I.M., Pethick, D.W., Ball, A.J., Hopkins, D.L., 2014a.** Sources of variation of health-claimable long-chain omega-3 fatty acids in meat from Australian lamb slaughtered at similar weights. *Meat Science*. 96:1095–103.
- Ponnampalam, E.N., Butler, K.L., Jacob, R.H., Pethick, D.W., Ball, A.J., Edwards, J.E.H., Geesink, G., Hopkins, D.L., 2014b.** Health beneficial long chain omega-3 fatty acid levels in Australian lamb managed under extensive finishing systems. *Meat Science*. 96:1104–10.
- Popova, T., 2006.** Effect of rearing system on the fatty acid composition and oxidative stability of M. Longissimus lumborum and M. semi membranous in lambs. *Small Ruminants Research*. 71, 150-157.
- Prache, S., Cornu, A., Berdagu'e, J.L., Priolo, A., 2005.** Traceability of animal feeding diet in the meat and milk of small ruminants. *Small Ruminants Research*. 59, 157–168.
- Prins, R.A., Lankhorst, A., VAN Der Meer, P., Van Nevel, C.J., 1975.** Some characteristics of *Anaerovibrio lipolytica*, a rumen lipolytic organism. *Antonie van Leeuwenhoek*. 41, 1-11.
- Priolo, A., Micol, D., & Agabriel, J., 2001.** Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*. 50(3), 185–200.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S., & Dransfield, E., 2002.** Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*, 62, 179–185.

- Prior, R.L., Wu, X., Schaich, K., 2005.** Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 53, N°10, pp. 4290-4302.
- Prescott, J., Young, O., O'Neill, L., 2001.** The impact of variations in flavour compounds on meat acceptability: a comparison of Japanese and New Zealand consumers. *Food Quality Preferences*. 12, 257–264.
- Prescott, J., Young, O., Zhang, S., Cummings, T., 2004.** Effects of added “flavour principles” on liking and familiarity of a sheepmeat product: a comparison of Singaporean and New Zealand consumers. *Food Quality Preferences*. 15, 187–194.
- Priolo, A., Micol, D., & Agabriel, J., 2001.** Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*, 50 (3), 185–200.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S., Dransfield, E., 2002.** Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*. 62, 179–185.
- Priolo, A., Cornu, A., Prache, S., Krogmann, M., Kondjoyan, N., Micol, D., Berdagué, J.-L., 2004.** Fat volatiles tracers of grass feeding in sheep. *Meat Science*. 66, 475–481.
- Purchas, R.W., and Zou, M., 2008.** Composition and quality differences between the longissimus and infraspinatus muscles for several groups of pasture-finished cattle. *Meat Science*, 80 (2), pp. 470–479.
- Qiao, M., Fletcher, D.L., Smith, D. P., and Northcutt, J.K., 2001.** The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poultry Science*. 80:676–680.
- Rabe, S., Krings, U., & Berger, R.G., 2003.** Influence of oil-in-water emulsion properties on the initial dynamic flavor release. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83-1124.
- Raes, K., Balcaen, A., Dirinck, P., De Winne, A., Claeys, E., Demeyer, D., De Smet, S., 2003.** Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis in Belgian retail beef. *Meat Science*, 65(4), 1237-1246.
- Ramarathnam, N., & Rubin, L.J., 1994.** The flavor of cured meat. In F. Shahidi (Ed.), *Flavor of meat and meat products* (pp. 174–198).
- Ramanzin, M., Amici, A., Casoli, C., Esposito, L., Lupi, P., Marsico, G., Marinucci, M.T., 2010.** Meat from wild ungulates: Ensuring quality and hygiene of an increasing resource. *Italian Journal of Animal Science*, 9 (3), 318–331.
- 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 Agriculture Research*, 74, 225–233.
- Raskin, P., Clinquart, A., Marche, C., Istasse, L., 1997.** Vitamine E et qualité de viande, *Ann. Méd. Vét.* 141, 113–126.
- Reicks, A.L., Brooks, J.C., Garmyn, J.S., Thompson, L.D., Lyford, C.L., & Miller, M. F., 2012.** Demographics and beef preferences affect consumer motivation for purchasing fresh beef steaks and roasts. *Meat Science*, 87, 403–411.
- Reineccius, G., 1994.** Flavor and aroma chemistry, in: Pearson A.M., Dutson T.R. (Eds.), *Quality Attributes and their Measurement in Meat. Poultry and Fish Products, Advances in Meat Research*. 9, 184–201.
- Resconi, V.C., Campo, M.M., Furnols, M.F.I., Montossi, F., & Sanudo, C., 2009.** Sensory evaluation of castrated lambs finished on different proportions of pasture and concentrate feeding systems. *Meat Science*, 83(1), 31–37.

**Resconi, V.C., Campo, M., Montossi, F., Ferreira, V., Sañudo, C., & Escudero, A., 2012.** Gas chromatographic-olfactometric aroma profile and quantitative analysis of volatile carbonyls of grilled beef from different finishing feed systems. *Journal of Food Science*, 77(7), S240–S246.

**Resconi, V.C., Escudero, A., Campo, M.M., 2013.** The development of aromas in ruminant meat. *Molecules*. 18:6748–6781.

**Richard, P., Riera, P., Galois, R., 1997.** Temporal variations in the chemical and carbon isotope compositions of marine and terrestrial organic inputs in the Bay of Marennes-Oleron, France. *Journal of Coastal Research*. 13:879-889.

**Riediger, N.D., Othman, R.A., Suh, M., Moghadasian, M.H., 2009.** A systemic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease. *Journal of the American Dietetic Association.*, 109(4):668-79.

**Robles, A., Ruiz-Mirazo, J., Ramos, M., González-Rebollar, J., 2008.** Role of livestock grazing in sustainable use, naturalness promotion in naturalization of marginal ecosystems of southeastern Spain (Andalusia), in: *Agroforestry in Europe, Current Status and Future Prospects. Adv Agroforestry.* (Rigueiro-Rodríguez A, McAdam J, Mosquera-Losada MR, ed), Netherlands, pp. 211–231.

**Rochat, S., & Chaintreau, A., 2005.** Carbonyl odorants contributing to the in-oven roast beef top note. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53-9578.

**Roger, V., Fonty, G., Komisarczuk-Bony, S., & Gouet, P., 1990.** Effects of physicochemical factors on the adhesion to cellulose Avicel of the ruminal bacteria *Ruminococcus javefaciens* and *Fibrobacter succinogenes* subsp. *succinogenes*. *Applied and Environmental Microbiology*. 56, 3081-3087.

**Rosenvold, K., & Wiklund, E., 2011.** Retail colour display life of chilled lamb as affected by processing conditions and storage temperature. *Meat Science*, 88, 354–360.

**Rousset-Akrim, S., Young, O.A., and Berdague, J.L., 1997.** Diet and growth effects in panel assessment of sheepmeat odour and flavour. *Meat Science*. 45: 169-181.

**Rubino, R., Morand-Fehr, P., Renieri, C., Peraza, C., Sarti, F.M., 1999.** Typical products of the small ruminant sector and the factors affecting their quality. *Small Ruminants Research*. 34, 289–302.

**Rutherford, M.C., Mucina, L., & Powrie, L.W., 2006.** Biomes and bioregions of Southern Africa. In L. Mucina, & M. C. Rutherford (Eds.), *The vegetation of South Africa, Lesotho and Swaziland* (pp. 31–51). South Africa: *South African National Biodiversity Institute*.

**Saadallah, N., 2015.** Les polyphénols de l'extrait ethanolique de Thé vert (*Camellia sinensis*): Evaluation de leur pouvoir antioxydant et protecteur vis-à-vis la toxicité cardiaque de la doxorubicine.

**Scollan, N.D., and Huws, S.A., 2005.** Enrichment of ruminant products with nutritionally beneficial fatty acids. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, Volume 15.

**Scollan, N.D., Costa, P., Hallett, K.G., Nute, G.R., Word, J.D., & Richardson, R.I., 2006.** The fatty acid composition of muscle fat and relationships to meat quality in Charolais steers: influence of level of red clover in the diet. *In Proceedings of the British Society of animal science*. p. 23.

**Saïdi, S., Gintzburger, G., 2013.** A spatial desertification indicator for Mediterranean arid rangelands: a case study in Algeria. *Rangel. J.* 35, 47–62.

**Salvini, S., Parpinel, M., Gnagnarella, P., Maisonneuve, P., Turrini, A., 1998.** Banca dati di composizione degli alimenti per studi epidemiologici in Italia. *Ed. Istituto Superiore di Oncologia*.

- Santra, A., and Pathak, N.N., 1999.** Nutrient utilization and compensatory growth in crossbred (Bos indicus · Bos taurus) calves. *Asian Australasian Journal of Animal Science.* 12, 1285–1290.
- Sanudo, C., Enser, M.E., Campo, M.M., Nute, G.R., Maria, G., Sierra, I., Wood, J.D., 2000.** Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science.* 54, 339–346.
- Sanudo, C., Alfonso, M., San Juli'an, R., Thorkelsson, G., Valimarsdottir, T., Zygoiannis, D., Stamataris, C., Piasentier, E., Mills, C., Berge, P., Dransfield, E., Nute, G.R., Enser, M., Fisher, A.V., 2007.** Regional variation in the hedonic evaluation of lamb meat from diverse production systems by consumers in six European countries. *Meat Science.* 75, 610–621.
- Santé-Lhoutellier, V., Astruc, T., Marinova, P., Grève, E., Gatellier, P., 2008.** Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins. *J. Agric. Food Chemistry.* 56, 1488- 1494.
- Sasaki, J., Lu, C., Mariya, E., Tanahashi, M., Hamada, K., 2007.** Processed black garlic (*Allium Sativum*) extracts enhance anti-tumor potency against mouse tumors. *Medicinal and aromatic Plant Science and Biotechnology* 1(2), 278-281.
- Sato, S.B., Kawamoto, J., Kurihara, T., 2010.** Differential roles of internal and terminal double bonds in docosahexaenoic acid: comparative study of cytotoxicity of polyunsaturated fatty acids to HT-29 human colorectal tumor cell line. *Prostaglandins. Leukot. Essent. Fatty Acid.* 84, 31-37.
- Savell, J.W., Mueller, S.L., Baird, B.E. 2005.** The chilling of carcasses. *Meat Scienc.* 70, 449-459.
- Sauvant, D., Mertens, D.R., 2002.** Is fibrosity better evaluated by dietary mean particle size or percentage of dry matter retained by a 2 mm sieve ? *Journal of the Dairy Science.* 85 (Suppl. 1), *Journal of Animal Science*, 80 (Suppl. 1), 106 (Abst. 421).
- Scollan, N.D., Fisher, W.J., Davies, D.W.R., Fisher, A.V., Enser, M., Wood, J.D., 1997.** Manipulating the fatty acid composition of muscle in beef cattle. *Production British Society Animal Science Scarborough*, p. 20
- Scollan, N.D., Dhanoa, M.S., Choi, N.J., Maeng, W.J., Enser, M., & Wood, J.D., 2000.** Biohydrogenation and digestion of long chain fatty acids in steers fed on different sources of lipid. *Journal of Agricultural Science, Cambridge.* 136, 345–355.
- Scollan, N.D., Choi, N.J., Kurt, E., Fisher, A.V., Enser, M., & Wood, J.D., 2001.** Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition.* 85(1), 115-124.
- Scollan, N., Richardson, I., De Smet, S., Moloney, A.P., Doreau, M., Bauchart, D., Nuernberg, K., 2005.** In «Indicators of milk and beef quality», EAAP Publ. n°112, (editors JF Hocquette and S Gili), Wageningen Academi Publishers., pp 151-162.
- Scollan, N., Scollan, J.F., Hocquette, K., Nuernberg, D., Dannenberger, I., Richardson, 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, pp. 17–33.
- Scollan, N.D., Scollan, D., Dannenberger, K., Nuernberg, I., Richardson, S., MacKintosh, J.F., Hocquette, A., Moloney, P., 2014.** Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science.* 97, pp. 384–394.

- Schor, A., Cossu, M.E., Picallo, A., Martínez Ferrer, J., Grigera Naón, J.J., and Colombatto, D., 2008.** Nutritional and eating quality of Argentinian beef: A review. *Meat Science*. 79:408-422.
- Schreurs, N.M., McNabb, W.C., Tavendale, M.H., Lane, G.A., Barry, T.N., Cummings, T., 2007a.** Skatole and indole concentration and the odour of fat from lambs that had grazed perennial ryegrass/white clover pasture or *Lotus corniculatus*. *Animal Feed Science and Technology*. 138, 254–271.
- Schreurs, N.M., Tavendale, M.H., Lane, G.A., Barry, T.N., McNabb, W.C., Cummings, T., Fraser, K., L'opez-Villalobos, N., 2007c.** The effect of supplementation of a white clover or perennial ryegrass diet with grape seed extract on indole and skatole metabolism and the sensory characteristics of lamb. *Journal Science Food Agriculture*. 87, 1030–1041.
- Schreurs, N.M., McNabb, W.C., Tavendale, M.H., Lane, G.A., Barry, T.N., Cummings, T., Fraser, K., Lo'pez-Villalbos, N., and Ramirez-Restrepo, C.A., 2007e.** Skatole and indole concentration and the odour of fat from lambs that had grazed perennial ryegrass/white clover pasture or *Lotus corniculatus*. *Animal Feed Science and Technology*., 138, 254–271.
- Serrano, A., Librelotto, J., Cofrades, S., Sanchez-Muniz F.J., and Jimenez-Colmenero, F., 2007.** Composition and physicochemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method. *Meat Science*. 77: 304-313.
- Shahidi, F., Rubin, L.J. & D'Souza, L.A., 1986.** Meat flavor volatiles: a review of the composition, techniques of analysis, and sensory evaluation. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 24, 141-243.
- Shahidi, F., Blackie, M., Stahnke, L.H., 2002.** *Flavour formation in fermented sausage*. In: F Toldr'a (ed.) *Research Advances in the theory and practice*. *Meat Science*. 65: 935–948.
- Shi, H. and HO, C.T., 1994.** The flavour of poultry meat, in: Shahidi, F. (Ed) *Flavor of Meat and Meat Products*, pp. 52-69 (Glasgow, Blackie Academic and Professional).
- Shingfield, K.J., Chilliard, Y., Toivonen, V., Kairenius, P., Givens, D.I., 2008.** Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 606:3-65.
- Shingfield, K.J., Bonnet, M., Scollan, N.D., 2013.** Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal journal*. 7, 132-162.
- Shorland, F.B., Czochanska, Z., Moy, M., Barton, R.A., Rae, A.L., 1970.** Influence of pasture species on the flavour, odour and keeping quality of lamb and mutton. *Journal of the Science Food and Agriculture*. 21, 1–4.
- Schreurs, L., Miranda, A., and Elim P., 2007.** *Historical Dictionary of Green Movements*. Lanham, MD: Scarecrow Press Inc.
- Sikumbili, V., et Mandiki, S., 1989.** Teneur en éléments majeurs, calcium, potassium, magnésium et phosphore et valeur fourragère(énergie, protéines) des pâturages naturels de la sous-région pastorale de l'Ituri (RDC). *Tropicultura*, 7,4 : 158-163.
- Sivadier, G., Ratel, J., & Engel, E., 2010.** Persistence of pasture feeding volatile biomarkers in lamb fats. *Food Chemistry*, 118, 418–425.

- Spanier, A.M., Flores, M., Toldra, F., Aristoy, M.C., Bett, K.L., Bysticky, P., 2004.** Meat flavor : contribution of proteins and peptides to the flavor of beef. *Advance in Experimental Medicine and Biology*. 542, 33–49.
- Specht, K., & Baltes, W., 1994.** Identification of volatile flavor compounds with high aroma values from shallow-fried beef. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 42, 2246-2253.
- Sprecher, S., 2002.** Sexual satisfaction in premarital relationships: Associations with satisfaction, love, commitment, and stability. *Journal of Sex Research*, 39, 190 –196.
- Stelzleni, A.M., Johnson, D.D., 2010.** Benchmarking sensory off-flavor score, off-flavor descriptor and fatty acid profiles for muscles from commercially available beef and dairy cull cow carcasses. *Livestock Science*, Volume 131, Issue 1, June 2010, Pages 31–38.
- Strawford, A., Antelo, F., Christiansen, M., and helerstein, M.K., 2004.** Adipose tissue triglyceride turn over de novo lipogenesis and cell proliferation in humans mesuared with 2 H<sub>2</sub>O. *American journal of physiology Endrocrinology Metabolism*. 286, E577- E588.
- Srinivasan, D.,1976.** *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*, edited by Ching ... Food Proteins and Their Applications. *Nutrition and Biotechnology and Biochemistry*. Analytical Methodology Part IV: 15.
- Tammaing, S., Doreau, M., 1991.** Lipids and rumen digestion. *Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion*, p. 151. INRA, Paris
- Tavendale, M.H., Lane, G.A., Schreurs, N.A., Fraser, K., & Meagher, L.P., 2005.** The effects of condensed tannins from *Dorycnium rectum* on skatole and indole ruminal biogenesis for grazing sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56, 1331–1337.
- Tawaha, K., Allali, F.Q., Gharaibeh, M., Mohammed, M., El-Elimat, T., 2007.** Antioxidant activity and total phenolic content of selected jordanian plant species. *Food Chemistry*, Vol. 104, N°4, pp 1372-1378.
- Toldrá, F., & Flores, M., 2000.** The use of muscle enzymes as predictors of pork meat quality. *Food Chemistry*, 69, 387-395.
- Tokumura, A., Sumida, T., Toujima, M., Kogure, K., Fukuzawa, K., 2000.** Platelet-activating factor (PAF)-like oxidized phospholipids: relevance to atherosclerosis. *Biofactors* 13: 29-33.
- Turner, J.C., 1989.** Adaptive strategies of selective fatty acid deposition in the bone marrow of desert bighorn sheep. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 62A, 599 – 604.
- Turner, T.D., Mitchell, A., Duynisveld, J., Pickova, J., Doran, O., McNiven, M.A., 2012.** Influence of oilseed supplement ranging in n-6/n-3 ratio on fatty acid composition and Delta 5- , Delta 6- desaturase protein expression in steer muscles, *Animal.*, 6, 1973- 1984.
- Ullrich, F., & Grosch, W., 1987.** Identification of the most intense volatile flavour compounds formed during autoxidation of linoleic acid. *Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung A*, 184(4), 277–282.
- Urquiaga, I.N.E.S., and Leighton, F.E.D.E., 2000.** Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress. *Biological Research.*, 33: 55-64.

- USA département of agriculture 2000.** The U.S. Department of Agriculture (USDA) prohibits discrimination in all its programs and *Ruminant Meat and Meat Products* 3-17-1
- Van de Vossenberg, J.L., Joblin, K.N., 2003.** Biohydrogenation of C18 unsaturated fatty acids to stearic acid by a strain of *Butyrivibrio hungatei* from the bovine rumen. *Letters in Applied Microbiology*. 37: 424–428.
- Vasta, V., Priolo, A., 2006.** Ruminant fat volatiles as affected by diet. A review. *Meat Science*. 73 (2), 218-228.
- Vasta, V., Priolo, A., Scerra, M., Hallett, K.G., Wood, J.D., Doran, O., 2009b.** Delta 9 desaturase protein expression and fatty acid composition of longissimus dorsi muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added tannins. *Meat Science*. 82: 357-364.
- Van Boekel, M.A.J.S., 2006.** Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. *Biotechnology Advances*. 24, 230 – 233.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991.** Methods for dietary fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*. 74, 3025–3034.
- Varavinit, S., Shobsngob, S., Bhidyachakorawat, M., Suphantharika, M., 2000.** Production of meat-like flavour. *Science Asia*; 26:219–224.
- Vasta, V., and Priolo, A., 2006.** Ruminant fat volatiles as affected by diet. A review. *Meat Science*, 73(2), 218–228.
- Vautier, A., Carlier, M., Martin, J.L., Gault, E., Vendevre, J.L., 2010.** Impact de la cuisson et de la température à coeur sur les valeurs nutritionnelles du rôti filet de porc. *Journées Recherche Porcine*, 225, IFIP, Institut du porc, La Motte au Vicomte, 35651 Le Rheu Cedex.
- Velasco, S., Cañeque, V., Pérez, C., Lauzurica, S., Diaz, M.T., Huidobro, F., Manzanares, C., González, J., 2001.** Fatty acid composition of adipose depots of suckling lambs raised under different production systems. *Meat Science*. 59(3), 325–333.
- Vemuri, M., & Kelley, D.S., 2008.** The effects of dietary fatty acids on lipid metabolism. In Chow, C.K., ed. *Fatty Acids in Foods and their Health Implications*, pp. 591-630. CRC Press, London, UK.
- Vestergaard, M., Oksbjerg, N., Henckel, P., 2000.** Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristic and meat colour of *semitendinosus*, *longissimus* and *supraspinatus* muscles of young bulls. *Meat Science*. 54, 177–186.
- Wattiaux, M.A., 1996.** Métabolisme protéine chez la vache laitière, nutrition et alimentation. Guide technique laitier. Institut babcock pour la recherche et le développement international du secteur laitier. UW-maison, WISCONSIN. USA. Résumé N°5.
- Wallace, R.J., 2004.** Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Production Nutrition Society*. 63:621-629.
- Wang, D., Xu, W., and Xu, X., 2006.** Determination of intramuscular phospholipid classes and molecular species in Gaoyou duck. *Food Chemistry*. 112:150–155.
- Wattiaux, M.A., 1996.** Technical Dairy Guide: Dairy Heifer Raising. Babcock Institute for Int'l Dairy R & D (125 pages).
- Węglarz A., 2010.** Beef quality depending on cattle category and slaughter season. Czech.

**Werkhoff, P., Bretschneider, W., Guentert, M., Hopp, R., Surburg, H., 1990.** Chiral analysis in flavor and essential oil chemistry. Part B. Direct enantiomer resolution of (E)- $\alpha$ -ionone and (E)- $\alpha$ -damascene by inclusion gas chromatography. *6 th Flavour Science and Technology Symposium, Chichester, UK.*

**Wiklund, E., Johansson, L., & Malmfors, G., 2003a.** Sensory meat quality, ultimate pH values, blood parameters and carcass characteristics in reindeer (*Rangifer tarandus tarandus* L.) grazed on natural pastures or fed a commercial feed mixture. *Food Quality and Preference*, 14, 573–581.

**Wiklund, E., Manley, T.R., Littlejohn, R.P., & Stevenson-Barry, J.M., 2003b.** Fatty acid composition and sensory quality of *Musculus longissimus* and carcass parameters in red deer (*Cervus elaphus*) grazed on natural pasture or fed a commercial feed mixture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 419–424.

**Willems, H., Kreuzer, M., Leiber, F., 2014.** Alpha-linolenic and linoleic acid in meat and adipose tissue of grazing lambs differ among alpine pasture types with contrasting plant species and phenolic compound composition. *Small Ruminants Research*. 116:153–164

**Winger, R.J., Hagyard, C.J., 1994.** Juiciness-its importance and some contributing factors. In Quality Attributes and their measurement, in: Pearson A.M., Dutson T.R. (Eds.), *Meat Poultry and Fish Products*, pp. 94–124.

**Wismer, W.V., Okine, E.K., Stein, A., Selibel, M.R., and Goonewaedene, L.A., 2008.** Physical and sensory characterization and consumer preference of corn and barley-fed beef. *Meat Science.*, 80, 857-863.

**Witkowska, I.M., Wever, C., Gort, G., Elgersma, A., 2008.** Effects of nitrogen rate and regrowth interval on perennial ryegrass fatty acid content during the growing season. *Agronomy Journal*, 100, 1371–1379.

**Wolter Wong, E., Johnson, C.B., Nixon, L.N., 1975.** The contribution of 4-methyloctanoic (hircinic) acid to mutton and goat meat flavour. *New Zealand Journal Agriculture Research*. 18, 261–266.

**Wolter, R., 1994.** Alimentation de la vache laitière. 2<sup>e</sup> édition. *France Agricole*. 255P.

**Wolfe, L.M., 2002.** Why alien invaders succeed: support for the escape-from-enemy hypothesis. *American Naturalist* 160:705–711.

**Wong, E., Nixon, L.N., and Johnson, C.B., 1999.** Volatile medium chain fatty acids and mutton flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23(3), 495-498.

**Wood, J.D., & Enser, M., 1997.** Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*, 78(Suppl.1), S49–S60.

**Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Richardson, R.I., & Sheard, P.R., 1999.** Manipulating meat quality and composition. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58, 1±8.

**Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., 2003.** Effects of fatty acids on meat quality: *A review Meat Science*. 66, 21–32.

**Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M., 2008.** Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science*. 78, 343-358.

- Wu, N., Gu, S., Tao, N., Wang, X., & Ji, S. 2014b.** Characterization of important odorants in steamed male Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) using gas chromatography–mass spectrometry-olfactometry. *Journal of Food Science*, 79, C1250–C1259.
- Wynn, R.J., Daniel, Z.C.T.R., Flux, C.L., Craigon, J., Salter, A.M., Buttery, P.J., 2006.** Effect of feeding rumen-protected conjugated linoleic acid on carcass characteristics and fatty acid composition of sheep tissues. *Journal of Animal Science*. 84(12), 3440-3450.
- Xie, J.C., Sun, B.G., & Wang, S.B., 2008.** Aromatic constituents from Chinese traditional smoke-cured bacon of mini-pig. *Food Science and Technology International*, 14, 329–340.
- Yancey, E.J., Grobbel, J.P., Dikeman, M.E., Smith, J.S., Hachmeister, K.A., Chambers, E.C.IV., 2006.** Effects of total iron, myoglobin, hemoglobin, and lipid oxidation of uncooked muscles on livery flavor development and volatiles of cooked beef steaks. *Meat Science*, 73(4), 680–686.
- Yang, A., Brewster, M., Beilken, S., Lanari, M., Taylor, D., and Tume, R.K., 2002.** Warmedover flavor and lipid stability of beef: Effects of prior nutrition. *Journal of Food Science*, 67(9), 3309–3313.
- Yang, X.J., He, X., He, L.X., Liu, Y.X., Yang, Y., Guo, Y.M., 2008.** The effect of PUFA on antioxidation parameter of broiler chickens. *Chinese Journal of Animal Nutrition*. 20(3):299–304.
- Yang, H.S., Hwang, Y.H., Joo, S.T., Park, G.B., 2009.** The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. *Meat Science*. 82; 289–294.
- Yong-Soo, K., 1995.** Carcass characteristics and meat quality in forage-finished and grain-finished beef. *A mini review Journal Agriculture Science*. 37, 573–582.
- Yong, O.A., 1997.** Fat-borne volatiles and sheep meat odour. *Meat Science*. 45: 183-200.
- Young, O.A., Dobbie, J.L., 1994.** Characteristics of intramuscular collagen in two sheep breeds. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 37: 93-98.
- Young, O.A., Berdagué, J.L., Viallon, C., Rousset-Akrim, S., Thériez, M., 1997.** Fat-borne volatiles and sheep meat odour, *Meat Science*. 45, 183–200.
- Young, O.A., & Braggins, T.J., 1998.** Sheepmeat odour and flavour. In F. Shahidi (Ed.), *Flavor of Meat, Meat Products and Seafoods* (pp. 101–130). London: Blackie Academic & Professional.
- Young, O., & West, J., 2001.** Meat colour. In Y. H. Hui, W. K. Nip, R. Rogers, & O. Young (Eds.), *Meat science and applications* (pp. 39–70). New York: Marcel Dekker.
- Young, J.E., Klosko, J.S., & Weishaar, M.E., 2003.** *Schema Therapy: A practitioner's guide*. New York: The Guilford Press.
- Young, O.A., Lane, G.A., Podmore, C., Fraser, K., Agnew, M.J., Cummings T.L., Cox, N.R., 2006.** Changes in composition and quality characteristics of ovine meat and fat from castrates and rams aged to 2 years. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 49: 419-430.
- Zhukova, N., Aizdaicher, A., 1995.** Fatty acid composition of 15 species of marine *microalgae* *Phytochem*, 39, pp. 351-356. 22.