

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS – MOSTAGANEM



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Domaine : S.N.V
Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Production et Biotechnologie Animales

THESE

PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTORAT 3^{ème} CYCLE LMD

Par

M. BELABBES Mohamed

THEME

**Qualité Nutritionnelle et Aptitude de Transformation
Technologique du Lait de Brebis selon le Système d'élevage**

Soutenu publiquement le : **19/03/2019**

Devant le Jury :

M. HOMRANI	Abdelkader	Pr	Président	Univ. Mostaganem
M. CHERIGUENE	Abderrahim	Pr	Examineur	Univ- Mostaganem
M. KAHLOULA	Khaled	Pr	Examineur	Univ- Saida
M. BOUDEROUA	Kaddour	Pr	Directeur de thèse	ESA- Mostaganem
M. ATTOU	Sahnoun	MCA	Co-directeur de thèse	Univ- Mostaganem

**Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animales
Année universitaire 2018 - 2019**

REMERCIEMENTS

Une partie du travail de cette thèse de doctorat a été effectué dans le laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale université de Mostaganem sis à Hassi Mamèche Mostaganem dirigé par Monsieur **HOMRANI Abdelkader**, Professeur à l'Université de Mostaganem, à qui j'exprime ma reconnaissance de m'avoir accueilli et mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour la réalisation de cette thèse. Merci pour votre enthousiasme et l'intérêt que vous avez porté pour mon projet de thèse. Je vous adresse pour la seconde fois mes vifs remerciements pour l'honneur que vous me faites en acceptant de présider ce jury.

Le thème de cette thèse a été proposé par le **Pr. BOUDEROUA Kaddour**. Directeur de l'Ecole Supérieure d'Agronomie, Mostaganem et ex directeur du laboratoire de Technologie Alimentaire et Nutrition, Université de Mostaganem. Algérie.

Je tiens à témoigner ma profonde gratitude à mon directeur de thèse, le professeur **Bouderoua Kaddour**, pour toute la confiance qu'il m'a accordée pour la réalisation de ce travail et de m'avoir autorisé à travailler dans le laboratoire Technologie Alimentaire et nutrition. Je tiens à le remercier pour sa grande rigueur scientifique, sa disponibilité, son soutien professionnel et sa compétence. Vous avez ainsi joué un rôle déterminant dans mon orientation professionnelle vers la recherche, un choix que je ne regrette pas !

J'adresse mes plus sincères remerciements à mon co-directeur de thèse Monsieur **ATTOU Sahnoun**, maitre de Conférences A à l'université de Mostaganem, vous avez toute ma gratitude de m'avoir orienté vers cette recherche, qui de part de l'intérêt, votre disponibilité et encouragements m'ont permis de croire et d'aller de l'avant pour concrétiser ce travail. Merci de votre générosité scientifique et humaine.

Mes vifs remerciements sont également à :

Monsieur **KAHLOULA Khaled**, Professeur à l'université de Saida, de l'honneur qu'il me fait en examinant ce modeste travail.

Monsieur **CHERIGUENE Abderrahim**, Professeur à l'université de Mostaganem, de l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant d'être examinateur. Qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Ma plus profonde gratitude à **Pr. FERNANDEZ CABANAS, Victor Manuel**, enseignant chercheur dans le laboratoire de production animale au sein de l'École Technique Supérieure D'ingénierie Agronomique à Séville (Espagne), pour son aide précieuse et considérable. Sa gentillesse et sa disponibilité constante ont participé au bon déroulement de ce travail. Merci de m'avoir consacré de votre temps sachant combien vous êtes sollicités et pour votre aide très précieuse ainsi que vos conseils et votre disponibilité tout au long de mon séjour à Séville. Je n'oublie pas toute l'équipe de laboratoire particulièrement **M. ALBERTO Horcada et Mme Oliva**, un grand merci à vous pour votre aide précieuse à réaliser les analyses, vous m'avez initié à différentes techniques de dosage. Merci pour votre gentillesse et sympathie.

Je souhaite remercier le directeur de la ferme expérimentale de Hmadna, Relizane **M. Gorine Mohamed**, le directeur de la ferme pilote « Si Mourad » à Sidi Ali, Mostaganem **M. DAIAI Djamel** et **M. KADDOUR Mourad** propriétaire de la ferme à Mechria, Naama. C'est grâce à votre collaboration et aide que ce travail a vu la lumière, vous n'avez pas hésité à m'ouvrir les portes de vos fermes. Merci

Un remerciement spécial à tout le personnel de laboratoire de Technologie Alimentaire et Nutrition université de Mostaganem et je pense en particulier :

Mme **BENATI. Fatima**, technicienne du laboratoire TAN, je voudrais vous dire un grand merci pour votre aide précieuse. Vous avez toujours été disponible pour nous et votre sollicitude envers nous m'a profondément touchée. Pour votre bonne humeur, votre patience, je vous exprime toute ma reconnaissance.

Ma profonde gratitude à Mr **BERRAHAL. Nabil**, technicien du laboratoire protection des végétaux, pour sa précieuse aide, sa disponibilité afin de manipuler aux appareils.

Mes remerciements iront également à mes anciens enseignants qui chacun a sa façon a contribué à ma formation pour atteindre mes objectifs : M. **AIT SAADA D**, M. **MAGDOUD**, M. **BENABDELMOUMANE D**, M. **KADDEM R**, M. **ELAFFIFI M**. A mes collègues dans les deux laboratoires TAN et LSTPA : M. **BENGANDOUZ Abdenour**, M. **LARBAOUI Karim**, Melle **BOUDEROUA Youssra**, Melle **KHAOUCHENE Asma**, Melle **BERBER Nadia**, Melle **BERRIGHI Nabila**, M. **SASSI Elhachemi**, M.**DAHOU Amine**, M.**SEDDAOUI Ismail**, Mme **BENGANDOUZ Asmaa**, Melle **HOMRANI Mounia**. Grâce à vous j'ai passé des années très agréables et j'ai partagé de nombreux moments de convivialité.

Une pensée pour mes parents, mes sœurs, mes beaux-frères pour leur soutien, l'intérêt qu'ils ont toujours porté à mon travail et l'aide qu'ils m'ont apportée lors de la réalisation de ce travail. Grâce à vous que j'ai pu terminer cette thèse.

Enfin, j'adresse mes vifs remerciements à toute personne qui de près ou de loin m'ayant aidée et, encouragée tout au long de mon travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes très chers parents

Pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation. Vous m'avez appris à me battre jusqu'au bout pour réussir, je n'ai été guidé jusqu'à présent que par le désir de vous honorer. Que dieu vous garde pour moi !

A mes beaux-frères : Kadirou, Nouredine et Smail

A mes chères sœurs : Fatiha, Kheira, Aicha, Amina, Samira

A Yasser, Brahim, la petite Rekia, Nour elimane, Yacine, Yasmine, Mohamed, Marwa, Bilal, Mohamed, Kacem.

***A toute la famille BELABBES et sans oublié la famille
TAHAR.***

***A la mémoire de mes grands-parents paternels et ma grand-mère
maternelle.***

***Vous resterez à jamais présents dans mon cœur. Que le paradis soit
votre demeure éternelle !***

A mes chers amis et mes proches ;

***A tous ceux qui ont été à mes côtés durant ces années de thésard et
tous ceux que j'oublie aujourd'hui***

BELABBES Mohamed

Valorisation des travaux

Le travail mené dans cette thèse a fait l'objet de publication et communications internationales et nationales.

1. Publication internationale

Mohamed Belabbes, Kaddour Boudroua, Sahnoun Attou, Abdelkader Homrani. **The Proportion of Grass and Concentrate in the Diet of Ewes Improve the Fatty Acid Composition of Milk.** Advances in Bioresearch, Vol 9 (2) March 2018: 18-25.

2. Communications internationales

Mohamed Belabbes, Kaddour Boudroua, Sahnoun Attou, Abdelkader Homrani. **Composition Nutritionnelle des Acides Gras du Lait de Brebis Elevées selon Différentes Systèmes D'élevages en Algérie.** 28^{ème} Forum International des Sciences Biologiques et de Biotechnologie de l'ATSB. Hammamet, Tunisie, 21/24 Mars 2017.

Mohamed Belabbes, Kaddour Boudroua, Sahnoun Attou. **Composition en Acides Gras du Lait de Brebis Elevées dans une Région Méditerranéenne (Mostaganem) : Effet de la Saison.** Third international workshop management and genetic improvement of Biological Resources (MGIBR), Milk: Production, Conservation and Valorization. Tlemcen, Algérie 20 Novembre 2017.

Mohamed Belabbes, Kaddour Boudroua. **Le Pâturage à L'herbe des Brebis de Race Locale Améliore les Qualités Nutritionnelles et Diététiques des Acides Gras du Beurre de Brebis.** 3^{ème} Congrès International de la Société Algérienne de Nutrition (SAN). Constantine, Algérie 28 au 30 novembre 2017.

Mohamed Belabbes, Kaddour Boudroua, Sahnoun Attou. **Profil en Acides Gras et Sensibilité à L'oxydation du Beurre Traditionnel des Brebis selon le Système Alimentaire.** 1^{er} Colloque International Bio-ressources et Economie Bleue et Verte. Hammamet- Tunisie 26 au 29 Avril 2018.

Mohamed Belabbes, Kaddour Boudroua, Sahnoun Attou. **Composition en Acides Gras du Beurre de Brebis Elevées dans une Région Méditerranéenne (Mostaganem) : Effet de la Saison.** Les 9^{es} Journées Scientifiques Internationales sur la Valorisation des Bioressources. Monastir 3 au 6 Mai 2018.

3. Communications nationales

Mohamed Belabbes, Kaddour Boudroua. **Effet de Différentes Systèmes Alimentaires sur la Qualité du Lait de Brebis**. VI^{èmes} Journées Scientifiques de La Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Mostaganem, les 27 et 28 Avril 2016.

Mohamed Belabbes, Kaddour Boudroua, Sahnoun Attou. **Effets des Régimes à Base D'herbe sur la Composition en Acides Gras du Lait de Brebis**. VII^{èmes} Journées Scientifiques de La Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Mostaganem, les 26 et 27 Avril 2017.

Mohamed Belabbes, Kaddour Boudroua, Sahnoun Attou. **Qualité Nutritionnelle du Beurre de Brebis Elevées dans une Région Steppique (Mechria) : Effet de la Saison**. Tlemcen le 30 Avril 2018.

Liste des abréviations

°C : degré Celsius

°D: Degré Dornic

ADF: Acid Detergent Fiber

ADL : Détergent Acide Lignine

ADP : Adénosine di phosphate

AG : Acides gras

AGI : Acides gras insaturés

AGMI : Acides gras monoinsaturés

AGPI : Acides gras polyinsaturés

AGS : Acides gras saturés

AGT : Acide gras trans

AGV : Acides Gras Volatils

ALA : Acide α -linoléique

ALC : Acide Linoléique Conjugué

ALnC : Acide Linoléique Conjugué

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

AR : Acide Ruménique

AV : Acide vaccénique

BF₃: Trifluorure de Bore

BH : Biohydrogénation

BHB : β -hydroxybutyrate

C +F : Concentré+ Foin

C : Concentré

CH : Coupe hâtive

CLA : Conjugated Linoleic Acid

C+P : Concentré+ Paille

CP : Culture pérenne

CPG : Chromatographie phase gazeuse

CT : Coupe tardive

DHA : Acide Docosahexaénoïque
EHL : Ensilage d'herbe et de légumineuses
EHMC : Ensilage d'herbe, maïs et de concentré
EM : Energie métabolisable
Em : Ensilage de maïs
EPA : Acide Eicosapentaénoïque
Eq : Equivalant
ESD : Extrait sec dégraissé
EST: Extrait sec total
FAO: Food and Agriculture Organization
FH : Foin d'herbe
H : Herbe
h : heure
HCL : Acide chlorhydrique
IA : Indice d'athérogénicité
Ia : Indice d'acide
IP : Indice de peroxyde
Is : L'indice de saponification
IT : Indice thrombogène
ITA : indice de tartinabilité
Kcal : kilocalorie
KJ : Kilojoule
L : la luzerne
LA : Acide linoléique
LDL: Low density lipoprotein
LPL : lipoprotéine lipase
LT : lipides totaux
MADR : Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural
MDA : Malondialdéhyde
MG : Matière grasse

min : Minutes
mm : millimètre
MM : Matière Minérale
MO : Matière Organique
MS : Matière Sèche
N : Normalité
n3 : Acides gras oméga 3
n6 : Acides gras oméga 6
NDF: Neutral detergent fiber
nm : Nanomètre
NS= Non Significatif
O.N.S : Office National des Statistiques
O₂ : Oxygène
P : Probabilité
PE : Prise d'Essai
pH : Potentiel Hydrogène
RGV : Ray-Grass Vivace (herbe)
RGVTB : pâturage d'herbe et trèfle blanc
SCD : Stearoyl-CoA Désaturase
T : Température
TBA: Acide Thioarbituric
TBARS: Thiobarbituric acid reactive substances
TCA : Acide Trichloroacétique
TG: Triglycérides
UV : Ultraviolet
v: Volume
VA : Vaccenic acid
VLDL: very low density lipoprotein

Liste des tableaux

Tableau 1. Effectifs des brebis et des chèvres et productions de lait de brebis dans quelques pays méditerranéens, 2011	5
Tableau 2. Composition du lait de brebis, de vache et de chèvre.....	15
Tableau 3. Profils d'acides gras du lait de vache, de chèvre et de brebis.....	17
Tableau 4. Teneurs en éléments nutritifs de 100g de beurre.....	19
Tableau 5. Caractéristiques physicochimiques de beurre traditionnel algérien.....	20
Tableau 6. Effet du type de fourrage sur la composition en acide gras (AG).....	35
Tableau 7. Effet du rapport concentration de fourrage (F: C) sur la composition en acides gras du lait (AG).....	38
Tableau 8. Relation entre le système d'alimentation des vaches et la teneur en des acides gras du beurre.....	41
Tableau 09. Données climatiques des zones étudiés.....	46
Tableau 10. Composition des régimes alimentaires des animaux selon les différents étages bioclimatiques.....	65
Tableau 11. Les espèces fourragères pour chaque région.....	66
Tableau 12. Composition chimique et pourcentage des acides gars dans les régimes pour la saison de printemps.....	67
Tableau 13. Composition chimique et pourcentage des acides gars dans les régimes pour la saison d'automne.....	69
Tableau 14. Composition chimique et pourcentage des acides gars dans les régimes pour la saison d'hiver.....	71
Tableau 15. Concentrations des polyphénols totaux pour chaque régime.....	73
Tableau 16. Concentrations des flavonoïdes pour chaque régime.....	74
Tableau 17. Paramètres physicochimiques du lait des brebis en fonction du système alimentaire pendant le printemps	75
Tableau 18. Composition biochimique du lait des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g de lait) en printemps.....	76
Tableau 19. Composition en acides gras du lait de brebis en fonction du système alimentaire en printemps.....	79
Tableau 20. Paramètres physicochimiques du lait des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g de lait) durant la saison d'automne.....	81
Tableau 21. Composition biochimique du lait des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g de lait) durant la saison d'automne.....	81

Tableau 22. Composition en acides gras du lait de brebis en fonction du système alimentaire, saison d'automne.....	83
Tableau 23. Paramètres physicochimiques du lait des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g de lait) durant la saison d'hiver.....	84
Tableau 24. Composition biochimique du lait des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g de lait) durant la saison d'hiver.....	85
Tableau 25. Composition en acides gras du lait de brebis en fonction du système alimentaire, saison d'hiver (pourcentage d'acide gras identifié).....	87
Tableau 26. Paramètres physicochimiques du beurre des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g du beurre) durant la saison du printemps.....	94
Tableau 27. Indices de la qualité du beurre des brebis en fonction du système alimentaire (mg Eq g beurre) durant la saison du printemps.....	95
Tableau 28. Composition en acides gras du beurre de brebis en fonction du système alimentaire en printemps.....	98
Tableau 29. Paramètres physicochimiques du beurre des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g du beurre) durant la saison d'automne.....	100
Tableau 30. Indices de la qualité du beurre des brebis en fonction du système alimentaire (mg Eq g beurre) pendant la saison d'automne.....	101
Tableau 31. Composition en acides gras du lait de brebis en fonction du système alimentaire pendant la saison d'automne.....	104
Tableau 32. Paramètres physicochimiques du beurre des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g du beurre) durant la saison d'hiver.....	105
Tableau 33. Indices de la qualité du beurre des brebis en fonction du système alimentaire (mg Eq g beurre) durant la saison d'hiver.....	106
Tableau 34. Composition en acides gras du lait de brebis en fonction du système alimentaire en hiver.....	109

Liste des figures

Figure 01 : la carte de distribution géographique mondiale des ovins	4
Figure 02 : production mondiale des ovins en 2010	6
Figure 03 : effectif du cheptel ovin en Algérie	7
Figure 04 : répartition du cheptel ovin par Wilaya.....	8
Figure 05 : répartition des races et localisation des types d'ovins en Algérie.....	12
Figure 06 : Etapes de fabrication du beurre.....	22
Figure 07 : Principales étapes du métabolisme des AG dans le rumen.....	24
Figure 08 : Principales voies possibles de biohydrogénation des acides linoléique et linoléique.....	26
Figure 09 : Intermédiaires de biohydrogénation possibles du 22:6 n-3.....	28
Figure 10 : Mécanismes de synthèse et de sécrétion des triglycérides du lait au niveau de la cellule épithéliale mammaire du ruminant.....	30
Figure 11 : Zones de prélèvement des échantillons du lait de brebis.....	45
Figure 12 : Les conduites d'élevages durant l'expérimentation	48
Figure 13 : Schéma de la fabrication du beurre traditionnel.....	60
Figure 14 . Pourcentages du taux butyreux dans le lait.....	77
Figure 15 . Pourcentages des protéines dans le lait.....	78
Figure 16 . Evolution de l'indice de peroxyde du beurre selon le système alimentaire pour la saison de printemps.....	96
Figure 17 . Evolution de taux du MDA du beurre selon le système alimentaire pendant la saison du printemps.....	97
Figure 18 . Indice de peroxyde du beurre selon le système alimentaire pendant la saison d'automne.....	101
Figure 19 . Evolution de taux du MDA du beurre selon le système alimentaire pendant la saison d'automne.....	102
Figure 20 . Indice de peroxyde du beurre selon le système alimentaire pendant la saison d'hiver.....	107
Figure 21 . Evolution de taux du MDA du beurre selon le système alimentaire pendant la saison d'hiver.....	107

Résumé

Le lait de brebis est un aliment de qualité nutritionnelle très apprécié mais en Algérie il est considéré comme un sous-produit destiné à la consommation par les agneaux. L'objectif de ce travail est d'évaluer les effets des différents systèmes alimentaires des brebis de la race locale Ouled Djellal sur la variation de la qualité nutritionnelle du lait et ses aptitudes de transformation technologique durant les saisons de printemps, automne et hiver pour une meilleure valorisation. Cent quatre-vingt échantillons de lait de brebis ont été prélevés à raison de soixante échantillons pour chaque saison, à partir de trois régions : Mostaganem, Relizane et Naâma. A partir d'un mélange des laits les échantillons du beurre ont été préparés par une méthode traditionnelle. Le concentré dans les régimes alimentaires dans la saison du printemps et automne a augmenté le taux de la matière grasse jusqu'à 5 %, ainsi la luzerne mais à une quantité de 7 %, par contre les protéines ont été plus ou moins comparables dans les échantillons. L'herbe et la luzerne ont amélioré la qualité nutritionnelle du lait en augmentant les taux du ALA et CLA dans le lait jusqu'à des teneurs appréciables (environ 1% et 2% pour ALA et CLA respectivement). De même, le beurre produit durant les trois saisons a été influencé par les régimes alimentaires, l'augmentation de la part du concentré a été associée à une augmentation de la matière grasse dans le beurre à des taux de 78%. Contrairement au lait, la luzerne a diminué la quantité de la matière grasse dans le beurre. Les lipides des beurres produits à partir des laits issus des brebis nourris par le pâturage d'herbe et la luzerne ont été plus stables durant le stockage. Cet effet de stabilité est expliqué par des taux plus bas de l'indice de peroxyde et le malondialdéhyde (MDA) influencés vraisemblablement par les antioxydants des régimes (polyphénols). La composition en acides gras des beurres a montré un effet significatif ($P < 0.05$) des régimes alimentaires durant les trois saisons. Les groupes des brebis nourris par l'herbe et la luzerne sont les groupes où les taux de CLA et ALA sont les plus élevés. Par contre, les sommes des AGS et AGPI semblent être analogues entre les échantillons. Enfin, à travers ces observations et analyses des résultats il ressort que les systèmes alimentaires à base de pâturage d'herbe et de luzerne chez les brebis demeurent un moyen intéressant pour améliorer la qualité du lait et du beurre dans un sens qui peut être qualifié de positif d'un point de vue nutritionnel et pour la prévention contre la peroxydation lipidique.

Mots clés : acide gras, beurre, concentré, herbe, lait, matière grasse, malondialdéhyde, pâturage, peroxydation lipidique.

Abstract

Sheep's milk is a food with a good nutritional quality, but in Algeria it is considered as a by-product for consumption by lambs. The Objective from this work is to evaluate the effects of the different food systems of ewes of the local breed Ouled Djellal, on the variation of the nutritional quality of milk, and these technological transformation abilities during the spring, autumn and winter seasons for a better valorization. One hundred eighty samples of sheep's milk were collected from sixty samples for each season from the three regions: Mostaganem, Relizane and Naâma. From a mixture of milks, butter samples were prepared by traditional method. The concentrate in the diets in the spring and autumn season increased the fat content up to 5% so alfalfa, but with an amount of 7%, against the proteins were more or less similar in the samples. Grass and alfalfa improved the nutritional quality of milk by increasing levels of ALA and CLA in milk to appreciable levels (approximately 1% and 2% for ALA and CLA respectively), while these diets allowed to reduce the ratio $n6 / n3$ and atherogenicity index has values recommended by nutritionists. Similarly, the butter produced during the three seasons was influenced by the diets, the increase of the proportion of the concentrate was associated with an increase of the fat in the butter at 78%. Unlike milk and alfalfa has decreased the amount of fat in butter. The lipids of butters produced from milks fed on grass-fed pastures and alfalfa were more stable during storage; this stability effect is explained by lower rates of peroxide, Furthermore malondialdehyde (MDA) influenced by dietary antioxidants (polyphenols). The fatty acid composition of butters showed a significant effect P diets during the three seasons, groups of ewes fed grass and alfalfa are the groups with the highest rates of CLA and ALA. On the other hand, the amounts of AGS and PUFA seem to be similar between the samples. Finally, sheep-based pasture and alfalfa feeding systems seem to be an interesting way to improve the quality of milk and butter in a way that can be described as nutritionally prevention against lipid peroxidation.

Key words: fatty acid, butter, concentrate, grass, milk, fat, malondialdehyde, grazing, lipid peroxidation.

المخلص

حليب الأغنام غذاء ذو جودة غذائية كبيرة، لكن في الجزائر يعتبر منتج ثانوي مخصص للاستهلاك فقط من قبل الخرفان. الهدف من هذه الدراسة تقييم تأثيرات النظم الغذائية المختلفة للأغنام من السلالة المحلية أولاد جلال على تغيرات الجودة الغذائية للحليب، وقابليته التكنولوجية للتحويل، وذلك من خلال عينات مأخوذة خلال فصل الربيع، والخريف، والشتاء قصد تبيين الحليب. مائة وثمانون عينة حليب الأغنام تم جمعها بمعدل ستين عينة في كل موسم من المناطق الثلاث: مستغانم، غليزان والنعام. من خلال خليط الحليب المأخوذ تم تحضير الزبدة بطريقة تقليدية. العلف المستخدم في النظام الغذائي في فصل الربيع والخريف زاد كمية الدهون التي وصلت إلى 5 % في العينة، وكذلك نبتة الفصة لكن إلى كمية وصلت إلى 7 % في العينة أما البروتينات فقد كانت بنسب متقاربة في العينات المستخدمة. العشب والفصة قاما بتحسين الجودة الغذائية للحليب، وذلك بزيادة كميات حمض اللينوليك المترافق وحمض -أ- اللينوليك في الحليب بكميات معتبرة (تقريباً 1 % و 2 % لحمض -أ- اللينوليك وحمض اللينوليك المترافق على التوالي). تأثرت الزبدة التي تمت صنعها خلال الفصول الثلاثة بالنظام الغذائي، حيث أدى ارتفاع كمية العلف في النظام الغذائي إلى ارتفاع كمية الدهون في الزبدة لتصل إلى 78% عكس الحليب قلصت نبتة الفصة كمية الدهون في الزبدة، أما الدهون في عينات الزبدة التي صنعت من حليب تم الحصول عليها من خلال نظام غذائي اعتمد على العشب ونبتة الفصة فقد كانت ذات نوعية أكثر ثبات خلال فترة الحفظ والتخزين. هذا الثبات يفسر بالنسب المنخفضة لمؤشر الأكسدة والمركب الثانوي للأكسدة (المالونديالدهيد)، فمن المحتمل تأثرها بمضادات الأكسدة الموجودة في غذاء الأغنام. أظهر تركيب الأحماض الدهنية للزبدة تأثيراً معتبراً للنظم الغذائية خلال الفصول الثلاث. مجموعات الأغنام التي تغذت على العشب والفصة هي المجموعات ذات المستويات العليا لحمض اللينوليك المترافق وحمض -أ- اللينوليك. عكس ذلك فإن كميات الأحماض الدهنية المشبعة والأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة كانت شبه متماثلة في العينات. وفي الأخير يمكن القول: بأن النتائج تبين أن النظم الغذائية للأغنام التي تعتمد على عشب المراعي ونبتة الفصة تمثل الطريقة الأمثل في تحسين جودة الحليب والزبدة، حيث يمكن وصفها بالطريقة الإيجابية من وجهة نظر غذائية ومن أجل الوقاية من الأكسدة.

الكلمات المفتاحية: الأحماض الدهنية، الزبدة، العلف، العشب، الحليب، الدهون، المالونديالدهيد، الرعي، أكسدة الدهون.

Remerciement	
Dédicaces	
Valorisation des travaux	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Résumé	

Sommaire

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

Partie bibliographique

Chapitre I. Situation de l'élevage ovin dans le monde et en Algérie

1. Situation de l'élevage ovin dans le monde.....	04
2. Situation L'élevage ovin en Algérie.....	06
2.1. Effectifs des ovins en Algérie	06
2.2. La répartition géographique des ovins en Algérie.....	07
2.2.1. L'élevage dans les hautes plaines steppiques.....	08
2.2.2. L'élevage dans le Sahara central.....	08
2.2.3. L'élevage en Algérie du nord.....	09
3. Systèmes d'élevage ovins en Algérie.....	09
3.1. L'élevage intensif.....	10
3.2. L'élevage semi intensif sédentaire.....	10
3.3. L'élevage extensif nomade.....	11
4. Les races ovine en Algérie.....	11

Chapitre II. Caractéristiques du lait de brebis et ses aptitudes de transformation

1. Le lait de brebis	13
1.1. Définition du lait	13
1.2. Caractéristique physico chimiques.....	13
1.2.1. pH.....	13
1.2.2. L'acidité titrable.....	13
1.2.3. Point de congélation	13
1.2.4. La densité	14
2. Composition biochimique du lait de brebis.....	14
3. Caractéristiques nutritionnelles et composés bioactifs du lait de brebis.....	15
3.1. Les protéines.....	16
3.2. Les lipides.....	16
4. Le beurre issu du lait de brebis.....	19
4.1. Définition.....	19
4.2. Composition du beurre	19
4.3. Fabrication traditionnelle du beurre en Algérie	19
4.4. Procédé de préparation du beurre traditionnel.....	20
4.4.1. La traite de lait.....	20

4.4.2. Le barattage.....	20
4.4.3. Extraction du beurre.....	21
4.4.4. Conditionnement.....	21
5. Procédé de fabrication technologique du beurre.....	21

Chapitre III. Métabolisme des acides gras du lait chez la brebis

1. Introduction	23
2. Rumen, le site du métabolisme des acides gras chez les ruminants.....	23
3. Métabolisme des glucides et des lipides alimentaires au niveau du rumen.....	24
3.1. Les mécanismes de la lipolyse et de biohydrogénation ruminales.....	25
3.2. La biohydrogénation des acides gras très insaturés.....	27
4. Absorption intestinale des acides gras.....	28
5. Métabolisme des lipides au niveau de la mamelle.....	29
5.1. Synthèse de novo mammaire.....	29
5.2. Prélèvement et métabolisme mammaire des acides gras plasmatiques.....	31

Chapitre VI. Impact de l'alimentation sur les lipides du lait et du beurre des ruminants

1. Les sources de lipides dans l'alimentation des ruminants.....	32
2. Modification de la composition en AG des lipides du lait par l'alimentation....	33
2.1. Effet du pâturage.....	33
2.2. Effet des proportions du fourrage et concentré.....	35
2.3. Effet d'un supplément lipidique dans la ration.....	38
3. Effet de l'alimentation sur la qualité du beurre.....	40
4. Conclusion.....	42

Partie expérimentale

Chapitre I. Matériels et méthodes

1. Objectifs de l'étude.....	43
------------------------------	----

Première étude. Effets du régime alimentaire et saison sur la variation de la composition et le profil en acides gras du lait de brebis

2. Matériels et méthodes.....	45
2.1. Présentation des régions et la période de récolte.....	45
2.2. Situation et importance de plantes fourragères.....	46
2.3. Animaux.....	47
2.4. Régimes alimentaires.....	47
2.5. Prélèvement d'échantillons.....	49
2.5.1. Prélèvements des régimes.....	49
2.6. Analyse des régimes.....	49
2.6.1. Analyses physicochimiques.....	49
2.6.1.1. Détermination de la teneur en matière sèche.....	49
2.6.1.2. Détermination de la teneur en matière minérale.....	50
2.6.1.3. Dosage des Protéines brutes.....	50
2.6.1.4. Dosage des fibres.....	51
2.6.1.4.1. Neutral detergent fiber	51

2.6.1.4.2. Acid detergent fiber.....	52
2.6.1.4.3. Acid detergent lignin.....	52
2.6.1.5. Dosage des lipides totaux.....	52
2.6.1.6. Pouvoir antioxydant des régimes.....	54
2.7. Prélèvement du lait de brebis.....	55
2.7.1. Analyses physico-chimiques.....	55
2.7.1.1. Mesure du pH.....	55
2.7.1.2. Détermination de l'acidité Dornic.....	55
2.7.1.3. Extrait sec total (E.S.T).....	56
2.7.1.4. Détermination de l'extrait sec dégraissé.....	56
2.7.1.5. Détermination de la densité.....	56
2.7.1.6. Détermination de la matière grasse.....	56
2.7.1.7. Détermination du taux de cendre.....	56
2.7.1.8. Point de congélation, les protéines et le lactose.....	57
2.7.1.9. Analyse des acides gras.....	57

Deuxième étude. Effets du régime alimentaire/saison sur la composition et le profil en acides gras et la stabilité du beurre pendant la conservation

1. Préparation des échantillons des beurres.....	59
2. Analyse physicochimique du beurre.....	59
2.1. Matière sèche.....	59
2.2. Extraction et détermination de la matière grasse.....	59
2.3. Analyse des acides gras dans le beurre.....	60
2.4. Estimation du degré d'oxydation des lipides.....	60
2.5. Indice de peroxyde.....	61
2.6. Indice d'acide.....	62
2.7. Indice de saponification.....	63
3. Analyse statistique des résultats.....	64

Chapitre II : Résultats et discussion /régimes alimentaires

1. Composition des régimes.....	65
2. Détermination des espèces fourragères dans chaque système alimentaire.....	66
3. Composition chimique des régimes expérimentaux.....	67
4. Pouvoir antioxydant des régimes.....	73

Chapitre III : résultats et discussion du lait de brebis

1. Résultats.....	75
1.1. Saison de printemps.....	75
1.1.1. Paramètres physicochimiques du lait de brebis.....	75
1.1.2. Composition biochimique du lait de brebis.....	76
1.1.3. Le profil des acides gras du lait de brebis.....	78
1.2. Saison d'automne.....	80
1.2.1. Paramètres physicochimiques du lait de brebis.....	80
1.2.2. Composition biochimique du lait de brebis.....	81
1.2.3. Le profil des acides gras du lait de brebis.....	82

1.3.	Saison d'hiver	84
1.3.1.	Paramètres physicochimiques du lait de brebis.....	84
1.3.2.	Composition biochimique du lait de brebis.....	85
1.3.3.	Le profil des acides gras du lait de brebis.....	86
2.	Discussion.....	88
2.1.	Paramètres physicochimiques du lait de brebis.....	88
2.2.	Composition biochimique du lait de brebis.....	89
2.3.	Le profil des acides gras du lait de brebis.....	90
Chapitre VI : résultats et discussion du beurre		
1.	Résultats.....	94
1.1.	Saison de Printemps.....	94
1.1.1	Paramètres physicochimiques du beurre.....	94
1.1.2	Les indices de la qualité du beurre.....	95
1.1.3	Les indices de la stabilité du beurre.....	96
1.1.4	Composition en acides gras du beurre.....	97
1.2.	Saison d'automne.....	99
1.2.1	Paramètres physicochimiques du beurre.....	99
1.2.2	Les indices de la qualité du beurre.....	100
1.2.3	Les indices de la stabilité du beurre.....	101
1.2.4	Composition en acides gras du beurre.....	103
1.3.	Saison d'hiver	105
1.3.1	Paramètres physicochimiques du beurre.....	105
1.3.2	Les indices de la qualité du beurre.....	105
1.3.3	Les indices de la stabilité du beurre.....	106
1.3.4	Composition en acides gras du beurre.....	108
2.	Discussion.....	110
2.1.	Caractéristiques physicochimiques du beurre.....	110
2.2.	Les indices de la qualité et de la stabilité du beurre pendant sa conservation	111
2.3.	Composition en acides gras du beurre.....	113
Discussion générale		117
Conclusion générale		122
Références bibliographiques		126
Annexe		149

Le lait dans son ensemble est un aliment hautement nutritif. Ainsi, 85% de la production laitière mondiale provient des bovins, suivis des laits d'autres espèces telles que le buffle (11%), la chèvre (2,3%), les brebis (1,4%) et le chamelle (0,2%) (**FAO, 2015**). La consommation de lait a augmenté dans les pays en développement, mais elle a baissé dans le monde développé (**Mueholff et al., 2013**). La production de lait ovin et caprin est importante dans le bassin méditerranéen et au Moyen-Orient. Les moutons en Algérie représentent 26 millions de têtes en **2016 (MADR)**, ce qui peut être un avenir prometteur pour le secteur laitier dans l'industrie agro-alimentaire.

En Algérie, le lait de brebis après utilisation dans la nutrition des agneaux est consommé par les agriculteurs ou transformé traditionnellement (**Yabrir et al., 2013**). Des études limitées existent sur les effets du lait ovin sur la santé, car la plupart des recherches portent sur la consommation de produits laitiers bovins en raison de sa domination mondiale sur le marché des produits laitiers (**Lordan et Zabetakis, 2017**). Le lait de brebis contient plus de protéines, de lipides, de minéraux et de vitamines que les laits bovins ou caprins (**Lordan et Zabetakis, 2017**). Cependant, plusieurs études ont montré que le lait et les produits laitiers sont la principale source d'acides gras saturés (AGS) dans l'alimentation humaine (**Bates et al., 2014; Hulshof et al., 1999**).

Parfois les produits laitiers sont critiqués sur la composition du lait en particulier sur le profil en acides gras. Néanmoins, les produits laitiers restent une source importante de AG présentant un intérêt nutritionnel pour la nutrition humaine, en particulier le CLA et les oméga-3 (**Hurtaud et al., 2010**). Les lipides du lait sont une combinaison de composants qui peuvent avoir des effets intéressants sur la santé humaine, mais le régime alimentaire des ruminants peut modifier la composition des acides gras du lait (**De Renobales et al., 2012**). Il est intéressant de contrôler le régime alimentaire de la brebis afin d'améliorer la composition nutritionnelle des acides gras du lait.

Actuellement, les systèmes alimentaires remplacent les techniques conventionnelles par des solutions de remplacement naturelles et, dans la plupart des cas, modifient la proportion d'herbe et les périodes d'accès aux animaux pour ces ressources naturelles. La composition du lait peut être considérablement modifiée par des modifications du régime alimentaire, parmi lesquelles la teneur en matières grasses et le profil en acides

gras sont les plus variables et les plus sensibles aux changements alimentaires (**Sutton 1989; Jenkins et McGuire, 2006; Schwendelet et al., 2015**).

En effet, plusieurs travaux ont déjà été menés dans ce sens, avec divers aliments, soit en utilisant le concentré, avec ou sans compléments de légumes (**Martini et al., 2010; Sanz Sampelayo et al., 2007**); ou le concentré avec divers suppléments tels que l'huile végétale, les graines oléagineuses, l'huile de poisson (**Luna et al., 2005, Mele et al., 2011, Toral et al., 2010b**), le concentré de céréales (Gómez-Cortés et al.), seul ou combiné et supplémentation de concentré en fourrage (**Joy et al., 2014**).

D'autre part, plusieurs études ont montré que le pâturage est un facteur clé dans l'obtention de produits laitiers avec une proportion plus élevée d'AG n-3 (**Collomb et al., 2002b; 2008; Kraft et al., 2003; Leiber et Al., 2005**). L'herbe peut influencer le métabolisme des lipides chez les ruminants en augmentant certains acides gras tels que l'oméga 3 et les acides aminés. (**Cabiddu et al., 2005; Petersen et al., 2011; Kälber et al., 2011**). Ainsi, Les systèmes basés sur les pâturages sont moins coûteux (**Finneran et al., 2010**) et il existe une relation positive entre l'utilisation des pâturages et les bénéfices agricoles (**Dillon et al., 2005**)

Les composés végétaux de pâturage peuvent inhiber partiellement la biohydrogénation dans le rumen et réduire la perte d'AG comme C18: 3 n-3 local pendant le processus de digestion (**Jayanegara et al., 2011**). De plus, la notion « images vertes » et le plus grand bien-être des animaux de pâturage sont très appréciés par les consommateurs, d'où une demande croissante du marché pour la viande et le lait produit dans ces conditions (**Prache et al., 2005**).

Au pâturage, le lait provenant des vaches laitières a des teneurs plus élevées en AGI (ce qui donne un beurre plus tartinable) comparativement au lait des vaches nourries à l'intérieur avec un régime d'ensilage de maïs. Cependant, ce niveau élevé d'AGI dans le lait pourrait causer des défauts d'arôme dus à l'oxydation (**Couvreur et al., 2006**). **Kelly et al., (1998) ; Agena et al., (2002) et Hurtaud et al., (2002a)** ont suggéré que les effets de l'herbe sur les propriétés lipidiques du lait et les caractéristiques sensorielles et nutritionnelles du beurre sont établis dès le début de la période de transition, avant que les animaux ne soient au pâturage complet.

Le profil en AG du lait résultant peut à son tour avoir des profonds effets sur la qualité sensorielle, la texture, la nutrition et propriétés de durée de conservation des produits laitiers gras tels que le beurre (**Couvreur et al., 2006; Hurtaud et Peyraud, 2007b**).

Une perception des consommateurs existe que les produits laitiers issus des vaches qui ont été entretenue à l'extérieur et consommant de l'herbe fraîche sont "plus naturels" que ceux d'alimentation à base de concentré (**Verkerk, 2003**). Cette perception est devenue un important système pour les vaches qui pratiquent l'alimentation en herbe. Cependant, peu d'informations sont actuellement disponibles pour les produits issus du lait de brebis.

Les pâturages des territoires d'Afrique du Nord comme l'Algérie sont considérés comme une source importante de nourriture pour les petits ruminants vu leur richesse et la diversité des espèces fourragères (**Abdelguerfi et al., 2004**) avec des espèces qui résistent aux conditions climatiques dans les régions arides telles que: *Artemisia herba-alba*, *Stipa tenacissima* et plante herbacée dans les zones humides. Pour soutenir cette idée, le présent travail vise à étudier les effets du système alimentaire avec différentes proportions d'herbe avec des plantes indigènes en fonction de différentes régions sur la qualité nutritionnelle des acides gras du lait et du beurre de brebis et d'évaluer sa stabilité oxydatif durant la conservation.

1. Situation de l'élevage ovin dans le monde

Au niveau mondial, l'élevage des ovins représente une source naturelle renouvelable. Il est aussi la catégorie la plus importante des petits ruminants dans l'agriculture tempérée et tropicale (Zygoiannis, 2006). Il y a environ 1000 millions d'ovins dans le monde (Morris, 2009). Les zones d'élevage des ovins sont essentiellement localisées dans les latitudes 35-55° N en Europe et l'Asie et entre 30 et 45° S en Amérique du Sud, l'Australie et Nouvelle-Zélande (Zygoiannis, 2006). Ce sont des zones tempérées reflétant des conditions de pâturage, en conséquence, représentent 60 % de la population mondiale des ovins. Les tropiques semi-arides de l'Afrique et l'Asie entre 5 et 35° N de degré, y compris l'Inde, le Moyen-Orient et la région montagneuse de l'Afrique orientale, regroupent le reste de la population ovine.

Beaucoup d'élevages de moutons ont moins de 100 brebis en Europe, aux USA et dans les systèmes d'élevage nomades traditionnels de l'Asie, du Moyen-Orient et d'Afrique. En revanche, en Australie et en Nouvelle-Zélande, les tailles de troupeaux ovins sont de l'ordre de milliers (Morris, 2009). La figure 1 illustre la distribution ovine mondiale.

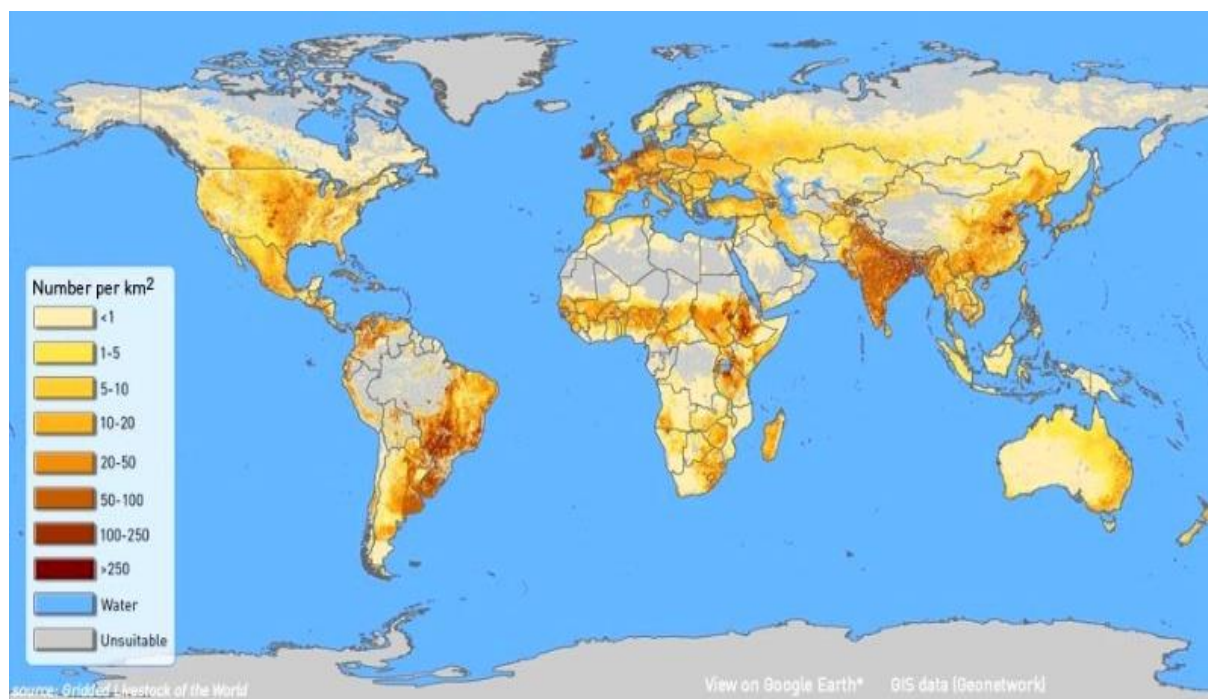


Figure 01 : la carte de distribution géographique mondiale des ovins (web.agri 2014)

Chapitre I : Situation de l'élevage ovin dans le monde et en Algérie

La production de lait ovin est une activité importante en Europe du Sud, à l'Est et au Moyen-Orient. Les pays méditerranéens européens (France, Grèce, Italie, Espagne et Turquie) produisent 65% du lait de brebis européen et les 40 millions des brebis productrices du lait. La traite de ces brebis est deux fois par jour pour une durée de lactation de 3 à 6 mois dans un système extensif ou semi-intensif (**Kilgour et al., 2008**).

Environ 46% de la production mondiale de lait de brebis du monde proviennent de la région méditerranéenne. Les pays les plus importants en termes de nombre des brebis et des chèvres sont la Grèce, l'Italie, l'Espagne, la France et la Turquie pour l'Europe, et l'Algérie, l'Égypte et la Libye pour l'Afrique du Nord (**FAOSTAT, 2013**). Même si l'effectif des brebis et des chèvres dans les pays méditerranéens européens est inférieur à celui des pays d'Afrique du Nord, leur production de lait ovine et caprine reste plus élevée (tableau 1).

Tableau 1. Effectifs des brebis et des chèvres et productions de lait de brebis dans quelques pays méditerranéens, 2011 (**FAOSTAT, 2013**).

Pays	Brebis	Lait de brebis (tonnes)	Chèvres
Grèce	7 254 000	773 000	3 350 000
Italie	5 468 990	417 839	658 800
Espagne	2 800 000	519 600	1 260 000
France	1 297 651	273 550	944 210
Algérie	13 848 690	320 000	2 578 950
Turquie	11 561 144	892 822	3 033 111
Égypte	2 260 000	113 000	1 240 000
Libye	2 235 800	60 000	520 000
Maroc	944 300	37 700	1 684 700
Tunisie	320 000	25 000	486 300

L'élevage ovin et caprin de la Méditerranée est très étroitement lié au climat méditerranéen qui se caractérise par un hiver doux, avec des pluies d'automne et de

Chapitre I : Situation de l'élevage ovin dans le monde et en Algérie

printemps, et un été très sec. En conséquence, la disponibilité du fourrage est faible en automne et abondante au printemps. Le système d'élevage typique dans la zone méditerranéenne implique un agnelage par an, avec une saillie débutant à la fin du printemps pour les brebis matures et au début de l'automne pour les jeunes brebis (environ 20% du troupeau). Le poids corporel des brebis est d'environ 65-70% du poids adulte normal. La période d'agnelage des brebis matures se situe entre octobre et décembre (automne à début hiver) pour exploiter au mieux la disponibilité saisonnière des pâturages naturels. En général, 75% présentent des saillies fécondantes ; les autres ne sont accouplés avec succès qu'au printemps suivant et ont environ vingt-quatre mois en automne, c'est-à-dire pendant la saison de l'agnelage des brebis matures. (Todaro et al., 2015).

2. Situation de l'élevage ovin en Algérie

2.1. Effectifs des ovins en Algérie

En Algérie, une augmentation croissante des effectifs : de 1999 à 2012, le cheptel ovin et caprin est passé de 21 à 29 millions de têtes, soit une augmentation d'environ 38 % durant cette période (MADR, 2013). Les ovins prédominent et représentent 78 % de l'effectif national (Benyoucef et al., 2000) et 4 % de la production mondiale (figure 02) dont près des 2/3 sont des femelles (O.N.S, 2004) avec plus de 10 millions de brebis suivi par les caprins qui représentent 14% du troupeau national (figure 03).

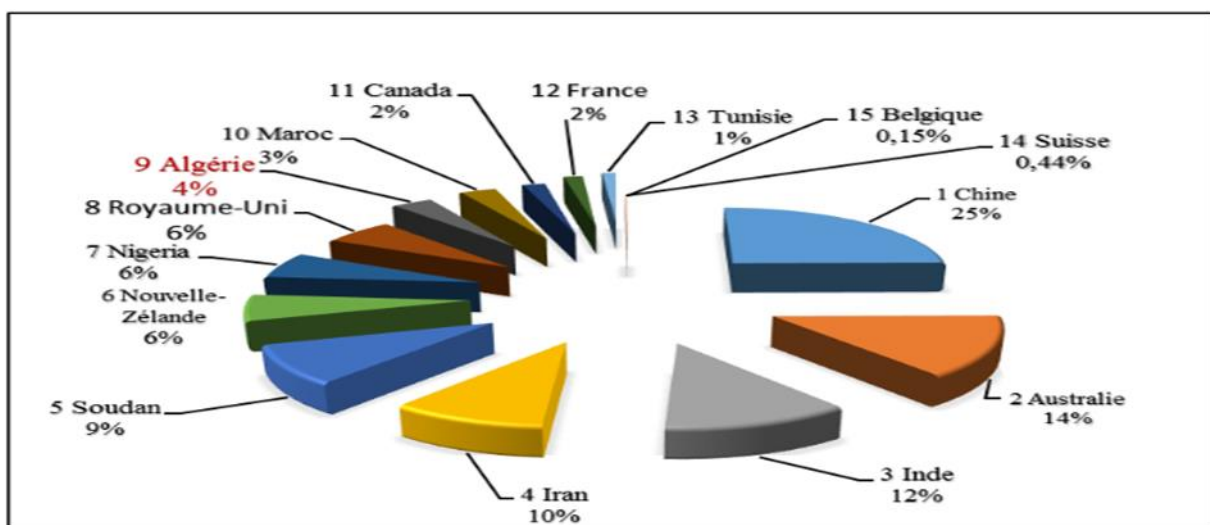


Figure 02 : production mondiale des ovins en 2010 (FAO Stat 2010).

Chapitre I : Situation de l'élevage ovin dans le monde et en Algérie

Ainsi, l'Algérie représente le 9^{ème} producteur mondial des ovins (figure 02) En Algérie, l'élevage ovin constitue une ressource animale renouvelable non négligeable il est constitué essentiellement de races locales de productivité appréciable et bien adaptées aux conditions naturelles des différentes régions: surtout les pâturage steppiques et les pâturages des chaumes de céréales sur les hauts plateaux (FAO, 2012).

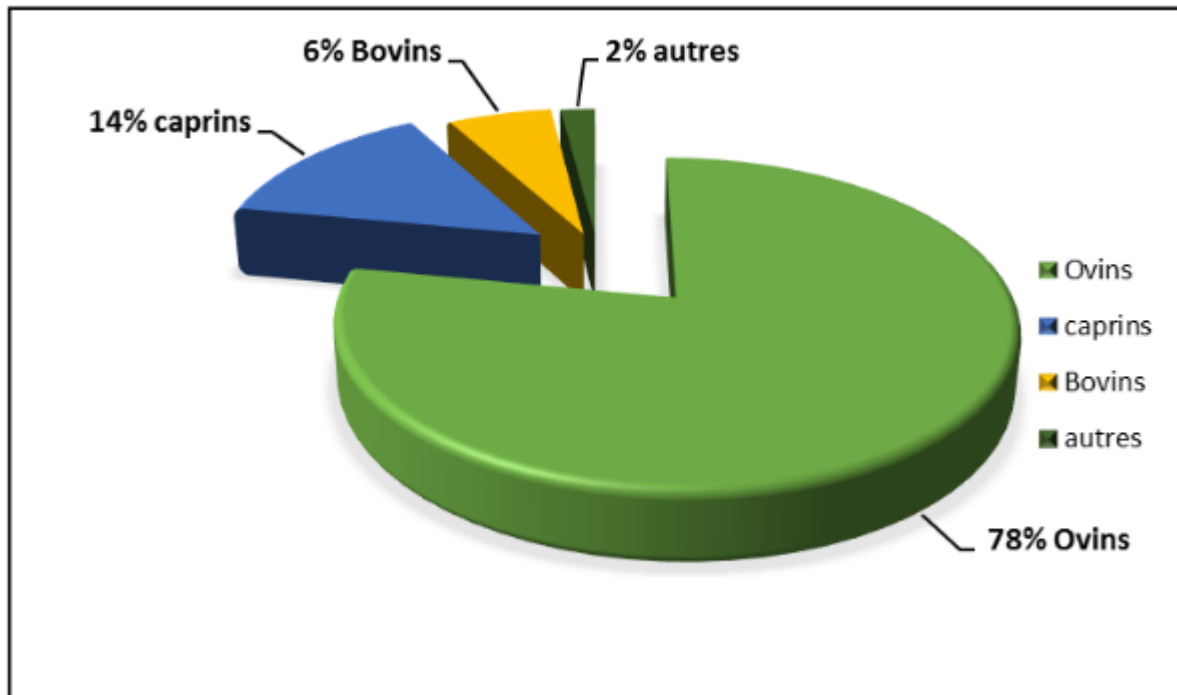


Figure 03 : effectif du cheptel ovin en Algérie (FAO Stat 2010).

2.2 Répartition géographique des ovins en Algérie

La répartition géographique du cheptel ovin est très déséquilibrée (figure 04). Elle est majoritairement localisée dans toute la partie nord du pays et principalement sur les parcours steppiques et les hautes plaines semi arides céréalières comme Djelfa et Souk Ahrasse. Ces régions présentent la densité la plus élevée et le domaine de prédilection de l'élevage ovin et caprin avec 80% des effectifs (Kerboua et al., 2003) qui y vivent entraînant une sur exploitation de ces pâturages.

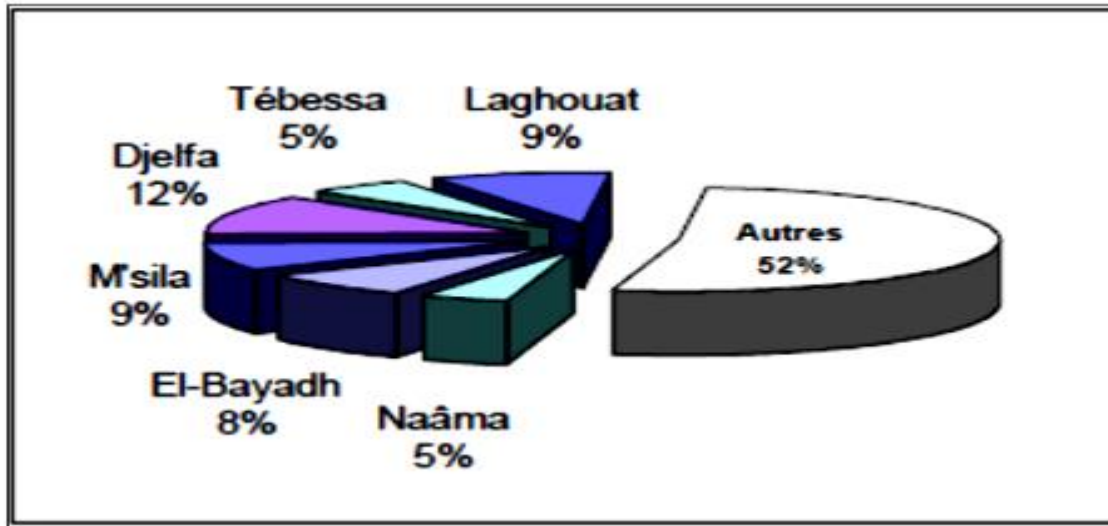


Figure 04 : répartition du cheptel ovin en Algérie (statistique agricole 1998).

En Algérie l'élevage est étroitement lié aux conditions climatiques du pays. En effet, l'inégalité observée dans la répartition de l'élevage ovin en Algérie est dû aux différents modes d'élevages appliqués. Ces modes d'élevages comprennent deux types différents (Dehimi, 2005) un élevage extensif nomade sur les zones steppique et saharienne, important, plus de 13 millions de têtes et un élevage semi-extensif sédentaire sur les hauts plateaux céréaliers, le Tell et le littoral intéressant environ 6 millions de têtes (Boussena, 2013).

2.2.1 L'élevage dans les hautes plaines steppiques

Cette zone connaît une densité très élevée d'ovins engendrant ainsi de sérieux problèmes de pastoralisme (Benyoucef et al., 2000). Les parcours steppiques sont prédominés par l'élevage ovin. Ce dernier représente à lui seul 80% du potentiel animal de la zone. L'espèce principale de cette zone par 80% d'effectifs. Notons que le cheptel ovin de cette zone a connu une progression depuis 1968 jusqu'à la fin des années 90 (Bencherif, 2011).

2.2.2 L'élevage dans le Sahara central

Au Sahara central, le cheptel ovin connaît une progression remarquable comme il a été montré par l'analyse de la situation de l'élevage dans les zones du tassili (wilaya d'Illizi) et de l'Ahaggar (Wilaya de Tamanrasset).

2.2.3. L'élevage en Algérie du nord

La nature de l'élevage dans le nord Algérien diffère selon l'altitude. L'élevage des ovins et des caprins est essentiellement répandu dans les régions qui ne dépassent pas 1500 mètres. L'élevage des bovins prévaut dans les plaines et les vallées. On retrouve principalement les bovins qui occupent les pâturages des altitudes des massifs qui ne les quittent que pour transhumer vers les piedmonts, qu'en période d'hiver à la fonte des neiges. Le déséquilibre de répartition d'élevage entre l'Est et l'Ouest Algérien dépend de la richesse des pâturages (FAO, 2008). L'élevage ovin reste peu important dans les régions telliennes, à caractère sédentaires. Il est en stabulation pendant l'hiver et fréquemment associé à celui des caprins mais la taille des troupeaux est plus petite, d'environ 10 à 20 têtes selon la taille de l'exploitation. En zone montagneuse, les disponibilités fourragères sont de faibles quantités sans possibilité d'extension de la production (Nadjraoui, 2001).

3. Systèmes d'élevage ovins en Algérie

L'élevage ovin a connu un développement important en Algérie. Les conditions climatiques et la disponibilité des aliments ont influencé les systèmes de gestion et de production du cheptel ovin.

Cependant, il existe les trois grands types d'élevages qui se définissent selon la taille, la conduite et l'alimentation des troupeaux : l'élevage intensif localisé au nord du pays et qui complète celui des bovins, l'élevage extensif nomade qui est traditionnel et pratiqué en zone steppique par des tribus nomades et enfin l'élevage semi intensif qui est sédentaire et localisé dans les zones telliennes.

De plus, l'élevage ovin est mal conduit, malgré son importance dans le secteur économique et sociale en Algérie. La majorité des éleveurs mènent leurs troupeaux en reproduction durant la contre saison (Juin, Juillet et Aout) afin de pouvoir bénéficier des repousses de végétation aux premières pluies d'octobre (Arbouche et al., 2013).

3.1. L'élevage intensif

Ce système est répandu dans des régions avec culture importante. Contrairement au système extensif, ce type d'élevage exige d'importants moyens de production tels que des équipements en bâtiments, une alimentation en fourrages et en concentré de bonne qualité nutritionnelle et de produits vétérinaires assurant un suivi sanitaire rigoureux (Benyoucef et al., 2000).

En Algérie, ce système d'élevage est rencontré particulièrement dans la région Nord et dans les plaines céréalières où les animaux utilisent aussi les pâturages. L'un des principaux objectifs de ce système est la production de jeunes animaux destinés au marché local et aux différentes manifestations religieuses (Aid adha, mois de Ramadan et fêtes de mariage).

3.2. L'élevage semi intensif sédentaire

Ce système se pratique dans les régions des hauts plateaux céréalières, le littoral et dans la région Tellienne (CNAnRG, 2003) où l'élevage ovin est peu important. C'est un élevage sédentaire et en stabulation pendant la période hivernale. Il est très souvent associé à l'élevage des caprins avec des troupeaux de l'ordre de 10 à 20 brebis suivant la taille des exploitations (Nadjraoui, 2001).

Pour l'élevage sédentaire des zones céréalières des Hauts plateaux, le troupeau reçoit une alimentation à base de paille distribuée en bergerie ou directement autour d'une meule de paille (Benyoucef, 2005). Par ailleurs, les éleveurs, grands ou petits propriétaires de troupeaux, utilisent régulièrement les produits vétérinaires pour les troupeaux sédentaires. Le traitement sanitaire complet et traitement de la clavelée et/ou de la gale sont également utilisés. Selon le même auteur l'abri est en dur dans les comités de gestion et en Z'riba qui est constitué d'un appentis en Diss ou branches avec courette en pierres sèches pour les élevages privés du Douar (CN AnRG, 2003).

L'alimentation des troupeaux dans ces zones se fait en fonction de la saison :

- **De février à mars** : les animaux sont mis sur des sols céréalières pour brouter les jeunes pousses d'orge ou de vesce avoine en plus des herbes naturelles.

-**D'avril à juin** : sur les repousses d'herbe

-**De juillet à septembre** : sur les chaumes après le passage des moissonneuses batteuses

-**D'octobre à janvier** : sur les repousses d'herbe automnales

Durant la saison froide, les animaux reçoivent des supplémentations d'orge et de vesce avoine car la végétation est très limitée. Les sujets faibles, les béliers ainsi que les brebis ayant nouvellement agnelé et les agneaux sevrés sont gardés en bergerie et nourris de fourrages supplémentés d'orge

3.3. L'élevage extensif nomade

Il représente 75% du cheptel ovin national. Cet élevage est pratiqué essentiellement dans les zones steppiques qui constituent les terres de parcours par excellence avec un effectif intéressant (**Khelifi, 1999**). Exceptionnellement, certaines zones sahariennes sont concernées par ce type d'élevage.

L'élevage extensif est influencé par les conditions climatiques (**Harkat et Lafri, 2007**) se caractérisant ainsi par sa forte dépendance vis-à-vis de la végétation naturelle.

4. Les races ovines en Algérie

L'ovin en Algérien se caractérise par une grande diversité. Il se compose essentiellement de races locales (**Benyoucef et al., 2000**) parfaitement adaptées aux objectifs recherchés par les éleveurs et inégalement réparties entre races principales (Ouled Djellal, Rumbi et Hamra) et races secondaires moins abondantes (Berbères, Barbarine, D'men et Targuia sidaou) (**Chellig, 1992**).

La Figure 05 illustre l'aire de répartition des races dans le territoire national. Notamment, la race Ouled Djellal domine le cheptel national par 63% d'effectif total suivie par la race Rumbi qui représente 11% (**CN AnRG, 2003**).



Figure 05 : répartition des races et localisation des types d'ovins en Algérie (GREDAAL, 2001).

1. Le lait de brebis

1.1. Définition du lait

Le lait a été défini en 1909 par le Congrès International de la répression des fraudes par la formule suivante : « le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non-surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum » (**Adib et Bertrand, 2009**).

Le lait est un aliment nutritif pour les êtres humains, indispensable pour le nouveau-né comme il s'avère très bénéfique pour l'adulte il constitue un milieu propice pour la croissance de nombreux micro-organismes, en particulier les bactéries pathogènes (**Chye et al, 2004**). Le lait apparaît comme un liquide opaque, blanc mat, plus ou moins jaunâtre selon sa teneur en carotènes et en matière grasse, il a une odeur peu marquée mais reconnaissable (**Cniel, 2006**).

1.2. Caractéristiques physico chimiques

1.2.1. pH

Le pH global du lait de brebis varie d'une espèce à l'autre de 6.51 à 6.85 (**Yabrir et al., 2013**) avec une moyenne de 6.65 différente de peu du pH moyen du lait bovin et caprin qui sont de 6.65 à 6.71, 6.50 à 6.80 respectivement (**Park et al., 2007**).

1.2.2. Acidité Dornic

L'acidité Dornic d'un lait de brebis se situe entre 18 et 22°D. Elle est supérieure à celle du lait de vache estimée à 15-17°D (**Croguennec et al., 2008**). Pour l'ensemble des laits, elle varie en fonction de l'évolution de leur teneur en protéines du lait et aussi selon la saison (**Debry, 2001**). En revanche, celle du lait de brebis elle reste assez stable durant la lactation. Par contre, **Bornaz et al., (2009)** ont rapporté une valeur de l'ordre de 18°D pour le lait ovin en Tunisie.

1.2.3. Point de congélation

Le point de congélation du lait de brebis est inférieur qu'à celui du lait de vache (**Stancheva et al., 2009**).

Il est utilisé pour détecter un éventuel mouillage du lait. Des travaux ont rapportés les variations suivantes :

- 0.564 à - 0.570 °C (**Pavic et al., 2002**) ;
- 0.575 à - 0.571 °C (**Gonzalo et al., 2005**) ;
- 0.560 à - 0.860 °C (**Hilali et al., 2011**).

1.2.4. Densité :

La densité dépend généralement la teneur en matière sèche et celle de la matière grasse (**Lupien, 1995**). **Martini et al., (2008b)** ont rapporté une valeur plus faible égale à 1.030 Par contre **Rouissi et al ., (2006)** rapportent des valeurs similaires variant entre 1.035 et 1.037. Pour le lait bovin, **Amiot et al., (2002)** ont situé ce paramètre entre 1.028 et 1.035.

2. Composition biochimique du lait de brebis

La composition biochimique du lait de brebis frais varie en fonction de plusieurs facteurs, comme l'alimentation, le stade de lactation, la parité, la saison, la température ambiante, le mode de la traite, et l'âge de l'animal (**Tamime et al., 2011 ; Clayes et al., 2014**). Selon ces auteurs, elle peut varier aussi avec les races et l'état sanitaire de l'animal. Des variations saisonnières affectent fortement la composition en acide gras en raison des changements de la composition de fourrage d'animaux alimentés (**Zlatanov et al., 2002; Revilla et al., 2017**). Les lipides, aussi bien que d'autres composants du lait, sont soumis à la variabilité en raison de la génétique, la physiologie et des facteurs exogènes (c'est-à-dire la saison). Ce dernier est devenu extrêmement important à cause des changements saisonniers et climatiques (**Jaworski et Kuncewicz., 2008**).

Le lait de brebis a des concentrations élevées de globules gras, qui sont plus petites que le lait de vache ; avec des diamètres moyens d'environ 3.6 et 3.0 µm contre 4.0 µm, selon respectivement **Gantner et al., (2015)** et **Balthazara et al., (2017)**. De plus, l'agglutinine est absente dans le lait de brebis, lui donnant une meilleure digestibilité par rapport au lait de vache (**Park et al., 2007**). La partie protéique a un impact majeur sur la nutrition et l'aptitude technologique du lait. Les protéines du lait sont constituées de groupes hétérogènes en termes de composition et de propriétés. Elles sont divisées en caséine qui est le principal groupe de protéines et de fractions de protéines du

Chapitre II : Caractéristiques du lait de brebis et ses aptitudes de transformation

lactosérum dans une moindre mesure. Le lait de brebis est riche en caséine (4,2 à 5,2 g / 100 g) et en protéines de lactosérum (1,02 à 1,3 g / 100 g, **Dario et al., 2008 ; Selvaggi et al., 2014a**).

La teneur en lactose du lait de brebis est à peu près la même que celle du lait de vache. Cela rend le lactose du lait de brebis moins en proportion avec les solides totaux comparé aux solides totaux du lait de vache (22% à 27% contre 33% à 40%, respectivement, **Ramos et Juarez, 2003**). Les principales propriétés chimiques, physiques et physico-chimiques du lait de brebis sont décrites dans le cadre d'un examen effectué par **Park et al., (2007)**.

Tableau 2. Composition du lait de brebis, de vache et de chèvre (**Park et al., 2007 ; Albenzio et al., 2010 ; Wijesinha-Bettoni et Burlingame, 2013 ; Selvaggi et al., 2014ab, Manca et al., 2016**).

Paramètre (g/100g lait)	Lait de brebis	Lait de chèvre	Lait de vache
Teneur en eau	82.9 ± 1.4	87.6 ± 0.7	87.9 ± 0.5
Matière grasse	5.9 ± 0.3	3.8 ± 0.1	3.3 ± 0.2
Cendres	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.0
Lactose	4.8 ± 0.4	4.1 ± 0.4	4.7 ± 0.4
Protéines	5.5 ± 1.1	3.7 ± 0.1	3.4 ± 0.1
Caséines	4.7 ± 0.5	2.4 ± 0.1	3.0 ± 0.1

3. Caractéristiques nutritionnelles et composés bioactifs du lait de brebis

La valeur nutritionnelle du lait de brebis est supérieure à celle des laits de chèvre et de vache, avec des teneurs plus élevées en protéines, lipides, minéraux et vitamines essentielles à la santé humaine et une valeur calorique de l'ordre de 5932 kJ / kg. (**Haenlein, 2001; Kaminarides et al., 2007 ; Park et al., 2007 ; Barłowska et al., 2011**).

3.1. Les protéines

Le lait de brebis contient presque deux fois plus de protéines que les laits de chèvre et de vache. Ces protéines ont une qualité nutritionnelle, et un impact positif sur la digestibilité et la thermostabilité (Claeys et al., 2014). Il a des teneurs plus élevées en sérine, alanine, histidine, valine et en lysine, tandis que les teneurs en cystine et en glycine sont plus faibles. La valeur nutritionnelle élevée du lait de brebis est également liée à sa teneur en proline, qui affecte la production d'hémoglobine (Molik et al., 2012).

3.2. Les lipides

Les triglycérides (TG) constituent le plus grand groupe de lipides (près de 98%), et ils comprennent un grand nombre d'acides gras estérifiés. Le profil TG du lait de brebis montre des similitudes à celui du lait de vache. Cependant, le lait de brebis a un pourcentage de TG à chaîne moyenne (C26-C36) par rapport au lait de vache et une plus faible proportion de TG à longue chaîne (C46-C54). La Chaîne moyenne des TG ont des points de fusion plus bas et des tailles moléculaires plus petites (Recio et al., 2009).

La matière grasse du lait de brebis est fortement saturée (65 à 75 % d'acides gras totaux) avec 11% d'acides gras à chaîne courte et moyenne (Revilla et al., 2017); la teneur en acides gras du lait de brebis ne diffère pas de celle du lait de vache en teneur en acide butyrique (C4: 0), mais contient plus d'acides gras saturés, tels que les acides caproïque (C6: 0), caprylique (C8: 0) et caprique (C10: 0) tableau 3. De faibles concentrations d'acide butyrique contribuent à l'inhibition in vitro des lignées cellulaires cancéreuses humaines, bien que les acides caproïque, caprylique et caprique puissent réduire le poids corporel et la graisse corporelle (Rasmussen et al., 2010 ; Foglietta et al., 2014). Ces derniers sont particulièrement digestibles car ils sont hydrolysés préférentiellement à partir des triglycérides (TG) et sont transférés directement de l'intestin à la circulation portale sans resynthèse de TG.

Chapitre II : Caractéristiques du lait de brebis et ses aptitudes de transformation

Tableau 3. Profils d'acides gras du lait de vache, de chèvre et de brebis (MacGibbon et Taylor, 2006, Park et al., 2007, Albenzio et al., 2016).

Lipides (g/100g)	Lait de brebis	Lait de chèvre	Lait de vache
C4:0	3.51	2.18	3.90
C6:0	2.90	2.39	2.50
C8:0	2.64	2.73	1.50
C10:0	7.82	9.97	3.20
C12:0	4.38	4.99	3.60
C13:0	0.17	0.15	0.19
C14:0	10.4	9.81	11.1
C14:1	0.28	0.18	0.80
C15:0	0.99	0.71	1.20
C16:0	25.9	28.2	27.9
C16:1	1.03	1.59	1.50
C17:0	0.63	0.72	0.60
C18:0	9.57	8.88	12.2
C18:1	21.1	19.3	21.1
C18:2	3.21	3.19	1.40
CLA	1.60	0.70	1.10
C18:3	0.80	0.42	1.00
C20:0	0.45	0.15	0.35

Ainsi, ils constituent un apport énergétique rapide, en particulier pour les sujets souffrant de malnutrition ou de syndrome de malabsorption des graisses, et la tendance

Chapitre II : Caractéristiques du lait de brebis et ses aptitudes de transformation

à la formation d'adipose est faible (**Recio et al., 2009**). En raison de cette voie privilégiée, ils peuvent contribuer à réduire la circulation du cholestérol, en particulier LDL (**Raynal-Ljutovac et al., 2008**).

Les acides gras polyinsaturés (AGPI) dans la graisse de lait de brebis sont composés principalement d'acides linoléiques (cis-9, cis-12 C18 : 2) et α -linoléique (cis-9, cis-12, cis-15 C18 : 3), ainsi que de plus petites quantités de leurs acides isomères positionnels et géométriques (**Recio et al., 2009**). Les acides gras mono et polyinsaturés dans le lait de brebis peuvent contribuer à la prévention des maladies cardiovasculaires en raison des indices athérogènes et thrombogéniques, tels que décrits par **Balthazar et al., (2016)**.

Parmi les ruminants, la graisse de lait de brebis contient non seulement l'un des plus hauts niveaux d'acide linoléique conjugué (0,65 g CLA / 100 g d'acides gras), mais aussi une grande quantité d'acide vaccénique (VA), son précurseur physiologique (**Revilla et al., 2017**). Les isomères CLA qui apparaissent en plus grandes quantités et qui ont une valeur fonctionnelle bénéfique sont les CLA cis-9, trans-11 et trans-10, cis-12 avec des activités anticancérigènes et lipolytiques (effet de perte de poids), respectivement (**Luna et al., 2005 ; Park et Pariza, 2007 ; Gomez-Cort et al., 2008**). Le CLA présente une activité intéressante d'un point de vue physiologique, y compris les effets anti-obésité, anticancérigènes, antidiabétique, antioxydant et immunorégulateur (**Rodriguez-Alcala et al., 2011 ; Yuan et al., 2014 ; Wang et Lee, 2015**).

Les teneurs moyennes en acides gras mono insaturés totaux (21 g / 100 g d'acides gras) et polyinsaturés (4,7 g / 100 g d'acides gras) sont également importantes dans le lait de brebis (**Revilla et al., 2017**). Le rapport $\omega 6 / \omega 3$ est de 4,4 dans le lait de brebis (**Luruena-Martinez et al., 2010**) et est inférieur au rapport rapporté pour le lait de chèvre (**Nunez-Sanchez et al., 2016**). Un rapport plus faible des acides gras $\omega 6 / \omega 3$ est plus souhaitable pour réduire le risque de nombreuses maladies non transmissibles (c'est-à-dire les maladies cardiaques), le rapport optimal étant compris entre 1/1 et 4/1 (**Simopoulos, 2002**).

4. Le beurre issu de lait de brebis

4.1. Définition

Le beurre est une émulsion eau-dans-huile avec une teneur minimale en matières grasses de 80%, dans laquelle la teneur en eau ne doit pas dépasser 16% et les solides non gras du lait constituent généralement 2%, il contient de 80 à 81% de matière grasse laitière, 17% d'humidité, 1% de glucides et de protéines, et 1,2 à 1,5% de chlorure de sodium (**Kornacki et al., 2001**). La production mondiale de beurre dépassera 10 millions de tonnes en 2015. La production mondiale de beurre représentait 9,6 millions de tonnes en 2008 selon la FAO et l'Union européenne. (**Anonyme 1, 2015**). Généralement, les caractéristiques typiques des produits laitiers sont déterminées par de nombreux facteurs, le type de lait utilisé comme matière première étant le plus important **Sağdıç et al., (2011)**.

4.2. Composition du beurre

Tableau 4. Teneurs en éléments nutritifs de 100g de beurre (**Chandan et Kilara, 2011**).

Nutriment	Beurre
Humidité %	17.94
Energie Kcal	717
Protéine g	0.85
Matière grasse g / 100g	81.11
Acides gras saturés g / 100g	51.36
Les acides gras mono-insaturés	21.02
Les acides gras polyinsaturés g	3.04
Cholestérol mg	215

4.3. Fabrication traditionnelle du beurre en Algérie

Il est reconnu depuis l'antiquité que les femmes des nomades ont joué un rôle très important dans la transformation du lait en produits dérivés traditionnels, notamment

Chapitre II : Caractéristiques du lait de brebis et ses aptitudes de transformation

le beurre (**Le Quellec et al., 2006**). Le beurre frais est obtenu après barattage du Rayeb. Ce dernier est occasionnellement augmenté d'une quantité d'eau tiède (40-50°C) à la fin du barattage pour favoriser l'agglomération des globules lipidiques et accroître le rendement en beurre. Les globules gras apparaissant en surface, à la suite du barattage, sont séparés par une cuillère perforée. Le beurre frais obtenu présente une consistance molle du fait de la forte concentration en eau (**Benkerroum et Tamine, 2004**).

Tableau 5. Caractéristiques physicochimiques du beurre traditionnel algérien (**Lahsaoui, 2009**)

Nutriment	Beurre
Teneur en eau (%) %	14.0
Matière grasse g/100g	81.0
Protéine g/100g	3.2
Indice acide mg /g lipide	52.0
Indice peroxyde mg /g lipide	3.7

4.4. Procédé de préparation du beurre traditionnel

4.4.1. La traite de lait

Le lait est traité à partir des animaux (chèvres, brebis, vaches) sains. L'opération se fait manuellement dans des récipients propres. Ensuite, le lait est transvasé au fur et à mesure dans des bidons en aluminium ou en plastique. La traite s'effectue le matin ou après le coucher du soleil. Ensuite, on mélange le lait collecté lors des deux traites en le mettant dans El-chekoua. (**makhloufi, 2013**).

4.4.2. Le barattage

Une fois le lait récupéré, le barattage se fait dans un récipient appelé el-chekoua (peau séchée de caprins), l'opération dure environ deux heures. La dénomination de ce récipient est multiple : baratte (**Marlière et Costa, 2007**). Les étapes de barattage se font comme suit :

- Introduction du lait fermenté dans El-chekoua,

- Gonflement ;
- Fermeture de El-chekoua ;
- Barattage.

Le barattage du lait se fera le lendemain s'il fait froid. En cas de chaleur, le lait collecté sera battu le jour même.

3.4.3. Extraction du beurre

L'extraction du beurre se fait selon les étapes suivantes :

- Un ajout d'eau froide permet de refroidir et de regrouper les grains de beurre. Puis, le processus de barattage se poursuit pendant quelques minutes jusqu'à l'obtention de globules grasses.
- Une filtration permet la séparation entre le babeurre et les grains du beurre cru obtenu.

4.4.4. Conditionnement

Le beurre traditionnel est un produit périssable ; il doit être conservé à basse température (2 à 4°C) ou consommé dès sa production. Comme les moyens de réfrigération sont pratiquement inexistantes chez les familles paysannes et afin de mieux conserver ce produit, il est nécessaire de le transformer en produit dérivé. Ce dernier est connu chez les nomades sous le nom de «D'han» et est conservé traditionnellement dans un récipient appelé « O'kka » à température ambiante.

5. Procédé de fabrication technologique du beurre

Selon **Keogh (2006)**, La fabrication du beurre comprend cinq étapes principales :

- Concentration de la phase grasse du lait par séparation mécanique ;
- Cristallisation de la phase grasse de la crème par refroidissant ;
- Phase d'inversion de l'émulsion huile dans l'eau de la crème ;
- Élimination du babeurre ;
- Formation d'une émulsion eau-dans-huile.

Chapitre II : Caractéristiques du lait de brebis et ses aptitudes de transformation

La fabrication du beurre par procédé industriel se fait comme indiqué dans la figure suivante :

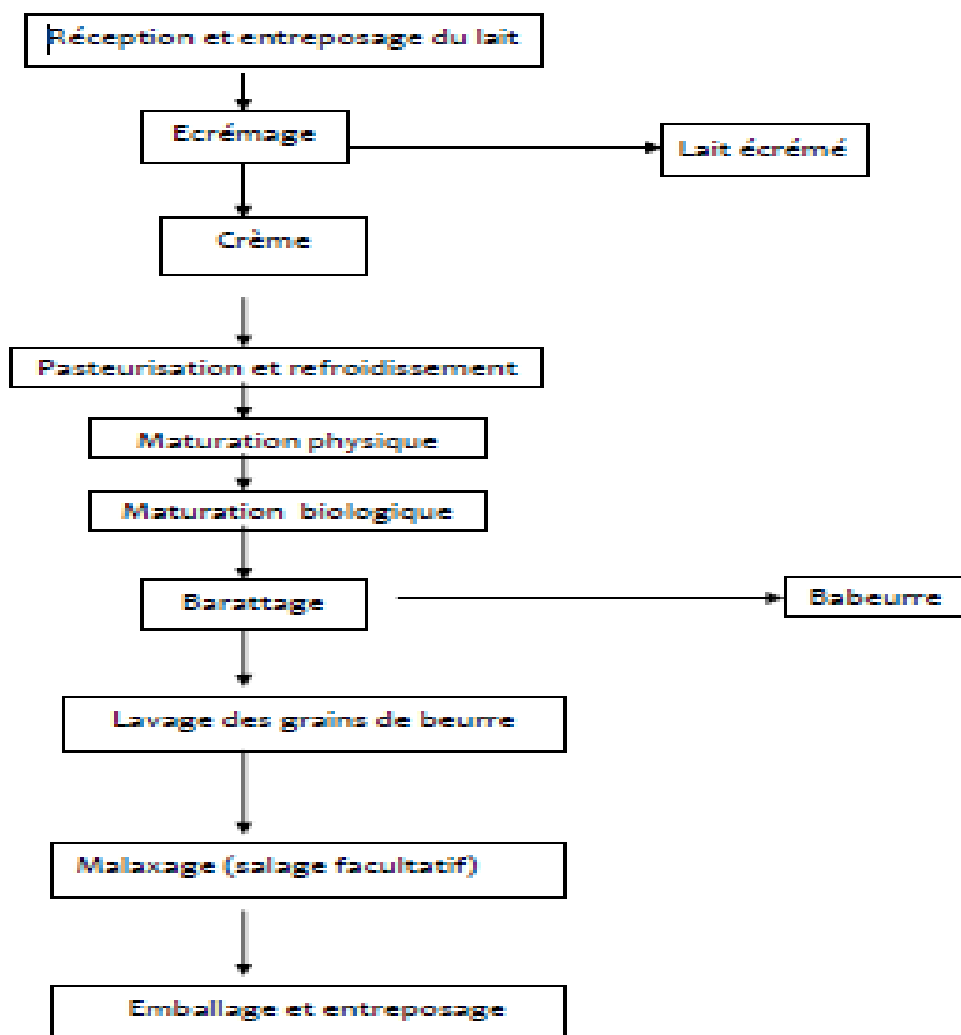


Figure 06 : Etapes de fabrication du beurre (Angers, 2010).

1. Introduction

Le lait et les produits laitiers sont une source majeure de lipides pour les humains dans les pays occidentaux. En Europe et aux Etats-Unis, ils représentent 14 à 40% de l'apport total en lipides et 27 à 57% de l'apport en acides gras saturés (AGS) en raison de leur forte concentration en acides gras saturés (**Hulshof et al., 1999 ; Weinberg et al., 2003**).

La composition en matière grasse du lait est très variable, principalement en fonction des facteurs alimentaires, et il y a très peu de différences dans la composition en acides gras entre le lait et les produits laitiers. Un ensemble de phénomènes métaboliques, se déroulant tant au niveau du rumen, du tissu adipeux, que de la glande mammaire, concourt à la sécrétion des AG du lait et à la spécificité de sa composition (**Cuvelier et al., 2005 ; Shingfield et al., 2010**). Ce chapitre est consacré à la compréhension des processus digestifs qui déterminent cette composition, au transfert des acides gras du tractus gastro-intestinal vers la glande mammaire et le muscle, et aux moyens de moduler la composition en AG du lait. L'attention sera attirée sur les AGPI et les AG trans mono insaturés ; Les variations du CLA dans le rumen seront moins étudiées car il est maintenant démontré que 95% du CLA du lait en moyenne est d'origine post ruminale et est synthétisé par les tissus de C18 : 1 t11 produits dans le rumen (**Glasser et al., 2008a**).

2. Rumen, le site du métabolisme des acides gras chez les ruminants

Le rumen est le site de nombreux changements dans le flux et la composition en acides gras. Un aperçu des mécanismes principaux et des transformations AG est résumé sur la Figure 7. Les microbes du rumen modifient les lipides alimentaires à travers une série d'enzymes. La première étape du métabolisme lipidique dans le rumen est la lipolyse, qui convertit les AGS estérifiés en AG libres. Parmi les espèces bactériennes, *Anaerovibrio lipolytica* est la principale espèce responsable de ce processus, à travers une lipase. La lipolyse est très étendue, de sorte qu'avec des aliments standards, peu d'acides gras estérifiés échappent au rumen. Après lipolyse une fois que le radical hydroxyle est libre, les AG vont être isomérisés et hydrogénés par des isomérases microbiennes et des réductases, respectivement. Certains acides gras sont absorbés par

les microbes, qui peuvent également synthétiser leur propre AG. Le rôle des microbes dans le métabolisme des AG dans le rumen a été examiné par **Lourenco et al., (2010)**.

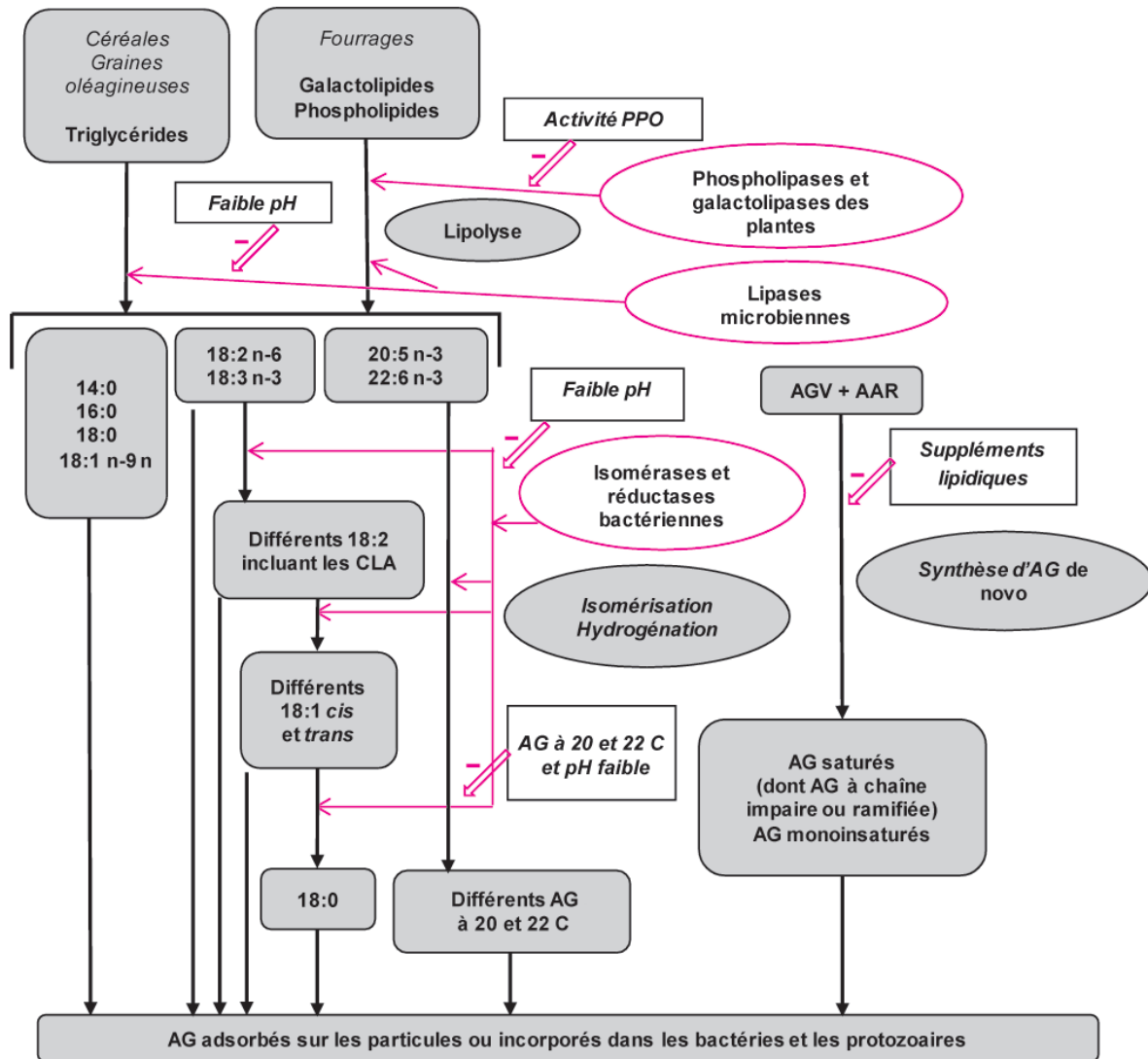


Figure 07 : Principales étapes du métabolisme des AG dans le rumen

Représentation simplifiée des principaux mécanismes de transformation (flèches noires) et de l'action des principales enzymes et facteurs d'inhibition (flèches rouges), (adaptée de **Doreau et al., 2010**).

3. Métabolisme des glucides et des lipides alimentaires au niveau du rumen

Les lipides et les glucides sont hydrolysés dans le rumen au moment de la digestion. Les glucides sont soit des parois cellulaires des fourrages comme la cellulose, l'hémicellulose et les pectines, soit des contenus cellulaires, tels que l'amidon ou les sucres solubles. Afin de pouvoir utiliser ces substances pour leur propre métabolisme, les bactéries du rumen les transforment progressivement jusqu'à la formation d'AG

Volatils (AGV). Les AGV les plus représentés sont l'acide acétique (C2:0), l'acide propénoïque (C3:0) et l'acide butyrique (4:0) avec un rapport molaire moyen de l'ordre de 65/20/15 entre ces 3 formes (**Bergman, 1990**). Les AGV produits sont absorbés au niveau de la paroi du rumen et passent directement dans le plasma. Ils seront, pour le C2 :0, le C4:0 et le β -hydroxybutyrate (BHB : produit dans la paroi du rumen), utilisés en partie comme précurseurs de la synthèse de novo d'AG par la mamelle (**Cuvelier et al., 2005**).

3.1. Les mécanismes de la lipolyse et de biohydrogénation ruminales

L'hydrolyse des glycolipides, des phospholipides et des triglycérides alimentaires a lieu au niveau du rumen sous l'action de lipases microbiennes. Les AGI non-estérifiés (AGI libres) qui en sont issus sont toxiques pour les microorganismes du rumen et vont alors subir une forte biohydrogénation. Les principaux mécanismes biochimiques de la biohydrogénation ruminale ont été détaillés par **Harfoot et Hazlewood, (1997)** ; **Griinari et Bauman, (1999)** ainsi par **Jenkins et al., (2008)**. La biohydrogénation implique au moins 2 groupes distincts de bactéries qui agissent en symbiose en échangeant entre elles les intermédiaires de la biohydrogénation. La figure 8 présente les voies prédominantes de biohydrogénation pour les acides : oléique (18:1 cis-9), linoléique (18:2 cis-9, cis-12) et α -linoléique (18:3 cis-9, cis-12, cis-15). Dans des conditions normales au niveau du rumen (ration riche en fibres), la biohydrogénation des acides linoléique et α -linoléique débute par l'isomérisation de la double liaison cis-12 en double liaison trans-11 (**Kepler et Tove, 1967**). Cette première étape conduit à la formation de l'ALC cis-9, trans-11 et de l'ALnC cis-9, trans-11, cis-15 respectivement à partir de l'acide linoléique et de l'acide α -linoléique. S'ensuivent des étapes de réduction des doubles liaisons cis-9 puis cis-15 (uniquement pour l'acide α -linoléique) qui conduisent à la formation de l'acide vaccénique (18:1 trans-11). L'étape finale de réduction de la double liaison trans-11 conduit à la production d'acide stéarique (18:0, figure 8). Cette dernière étape étant limitante, l'acide vaccénique peut s'accumuler dans le rumen et être ainsi disponible pour son absorption (**Griinari et Bauman, 1999**). Au-delà de ce schéma simplifié, les voies biochimiques sont probablement multiples et beaucoup plus complexes. Ainsi, dans le milieu ruminal, on ne dénombre pas moins de 12 isomères 18:1 trans (**Katz et**

Keeney, 1966 ; Looor et al., 2004). En outre, la biohydrogénation in vitro de l'acide α -linoléique produit un nombre important d'isomères 18:2, 18:3, d'ALC et d'ALnC (Lee et Jenkins, 2011).

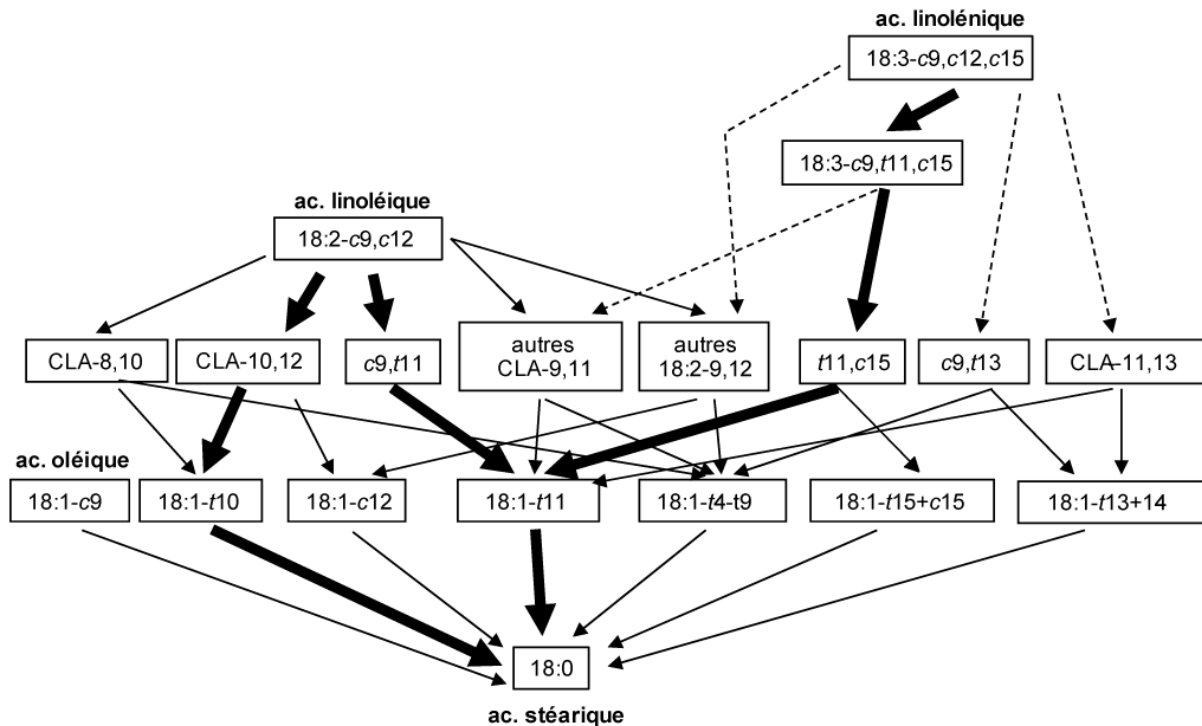


Figure 08 : Principales voies possibles de biohydrogénation des acides linoléique et linoléique (adaptée de **Chilliard et al., 2007**).

Shingfield et al., (2010) ont schématisé de nombreuses voies de biohydrogénation des acides oléique, linoléique et α -linoléique connues ou supposées. Dans la plupart des cas, la biohydrogénation ruminale des acides linoléique et α -linoléique ingérés varie respectivement entre 70-95% et 85-100% (**Doreau et Ferlay, 1994**).

Une voie de biohydrogénation particulière implique la production de 18:1 trans-10 à partir du 18:2n-6. L'orientation de la biohydrogénation du 18:2n-6 vers le 18:1 trans-10 au lieu du trans-11 est dépendante du pH ruminal et peut être affectée par la composition de la ration (quantité de concentré, teneur en amidon, nature des fourrages...). On sait par exemple, qu'un régime riche en concentrés et pauvre en fibres est associé à une baisse du pH ruminal, qui induit une modification de l'écosystème

bactérien et une production accrue d'ALC trans-10, cis-12 et de 18 :1 trans-10 à partir de l'acide linoléique (**Griinari et Bauman, 1999**).

3.2. La biohydrogénation des acides gras très insaturés à 20 et 22 carbones

Les AGPI à 20 et 22 carbones comme l'EPA et le DHA, apportés par les rations, sont également largement biohydrogénés (**AbuGhazaleh et Jenkins, 2004**) et produisent un grand nombre d'AG insaturés comportant de 1 à 5 doubles liaisons. La saturation finale de ces AG en C20:0 ou C22:0 semble négligeable (**Toral et al., 2010a ; Kairenius et al 2011., Toral et al., 2012**), malgré l'enrichissement considérable en acide docosanoïque (C22:0) lors d'incubations in vitro avec du DHA marqué au C13 (**Klein et Jenkins, 2011**).

Bien que ces auteurs démontrent la possibilité de former du C22:0 à partir du DHA, cette production semble en réalité faible, voire négligeable. En effet, l'augmentation du C22:0 après 48 h d'incubation représentait 1,4% du DHA disparu. De plus, avec une teneur accrue en DHA (2 et 3% du substrat, comparé à 1%), l'enrichissement du C22:0 a décré voire disparu et l'augmentation de la production de 22:0 ne dépasserait pas 0,8% du DHA disparu. Plusieurs intermédiaires de biohydrogénation ont été suggérés pour l'EPA et le DHA (figures 4 et 5), mais l'identification de leur origine métabolique est complexe du fait de l'augmentation simultanée (au niveau du rumen ou du duodénum) de très nombreux isomères mono- ou polyinsaturés à 20 et 22 atomes de carbone en réponse à une supplémentation des rations en huile de poisson ou en microalgues (**Toral et al., 2010a ; Kairenius et al., 2011 ; Toral et al., 2012**). De plus, la composition de ces suppléments est elle-même complexe, ce qui empêche de rattacher avec certitude tel ou tel isomère aux voies de biohydrogénation de l'EPA ou du DHA. Le métabolisme ruminal de l'EPA et du DHA comprendrait une réduction de la double liaison $\Delta 5$ pendant la première ou la seconde étape de biohydrogénation, se traduisant par l'accumulation de 20:3n-3, 20:2n-3 et 22:4n-3 (**Kairenius et al., 2011**). Ceci pourrait également expliquer le plus faible taux d'hydrogénation du 20:4n-3 et du 22:5n-3 par rapport aux 20:5n-3 et 22:6n-3, respectivement (**Kairenius et al., 2011**).

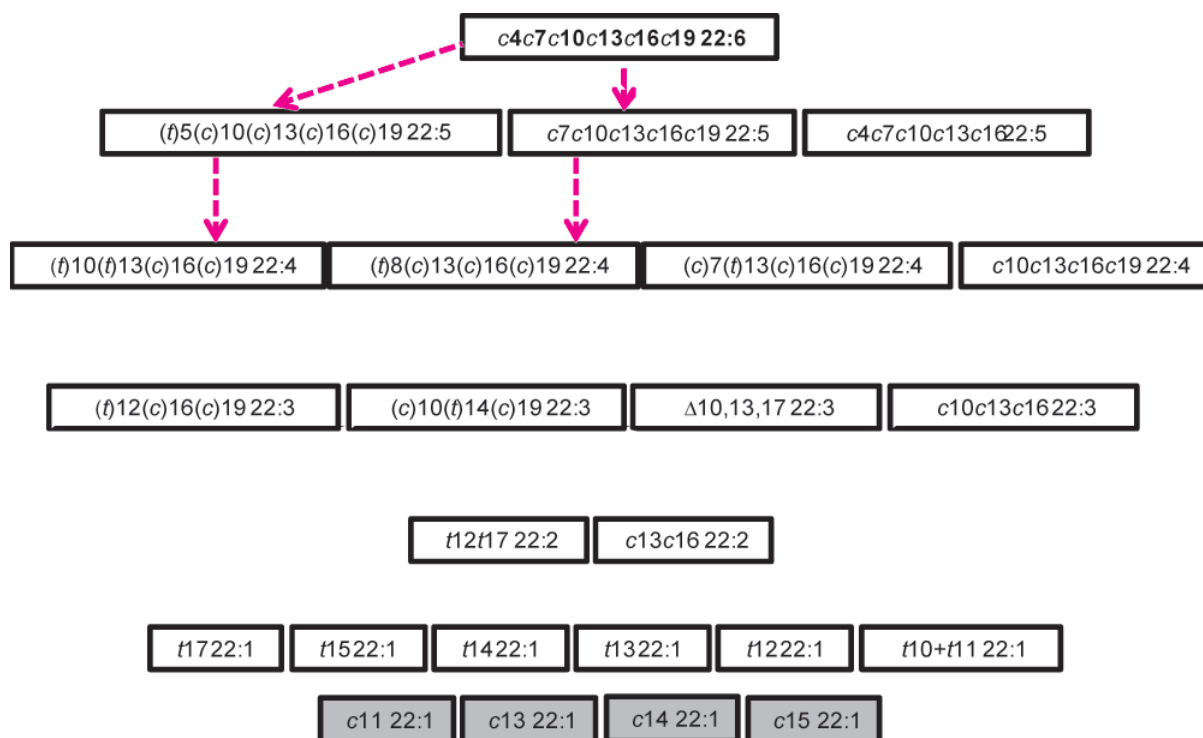


Figure 09 : Intermédiaires de biohydrogénation possibles du 22:6 n-3, sur la base des contenus ruminiaux après 3 à 7 jours de supplémentation en huile de poisson (**Toral et al., 2010a**) et/ou des flux abomasaux (d'après **Kairenius et al., 2011**).

4. Absorption intestinale des acides gras

Les AG résultant du métabolisme ruminal atteignent le duodénum principalement sous forme adsorbée sur les particules alimentaires ou les bactéries, voire incorporés dans les bactéries. Les mécanismes d'absorption intestinale chez les ruminants sont proches de ceux des monogastriques (**Bauchart, 1993**), mis à part le fait que les AG entrent dans l'intestin majoritairement sous forme libre, non estérifiés et saturés. L'absence de monoglycérides dans le duodénum des ruminants est compensée par la présence de lysolécithines dans la bile, produites par des phospholipases à partir des phospholipides bactériens et/ou biliaries. Les AG sont désorbés et solubilisés par les sels biliaries et les lysolécithines, puis passent dans une phase micellaire (micelles mixtes) qui permet leur absorption au niveau du jéjunum. L'absorption intestinale des AG ne peut être mesurée de façon fiable qu'entre le duodénum et l'iléon terminal, ou à la rigueur les fèces, en utilisant des animaux canulés au niveau du duodénum proximal et si possible de l'iléon terminal.

Une revue de la littérature montre que la digestibilité intestinale varie entre 55 et 92% (**Doreau et Ferlay, 1994**). Cette variabilité n'est pas expliquée par les quantités ou les profils d'AG ingérés. Estimées par méta-analyse, les digestibilités apparentes sont en moyenne de 67, 67, 77 et 75% pour les AG en C12, C14, C16 et C18 respectivement (**Schmidely et al., 2008**). Parmi les AG en C18, les digestibilités apparentes sont plus faibles pour les 18:0, 18:2 et 18:3 (74, 72 et 70%, respectivement) que pour les 18:1 cis et trans 78 et 82% respectivement (**Glasser et al., 2008b**). Pour les AG en C20 et C22 les données sont moins nombreuses ; les digestibilités apparentes sont en moyenne de 70%. Du fait que les différences de digestibilité entre AG sont faibles, la composition des AG absorbés est proche de celle des AG atteignant le duodénum, et cette dernière peut servir de base pour établir des relations entre composition des AG d'origine digestive et composition des AG du lait (**Glasser et al., 2008a**).

5. Métabolisme des lipides au niveau de la mamelle

Les acides gras AG du lait proviennent de deux sources principales : ils peuvent être absorbés par la glande mammaire ou les muscles du plasma ou synthétisés de novo par la glande mammaire, le tissu adipeux ou le muscle.

L'absorption des acides gras concerne les AG à longue chaîne provenant des lipides des tissus adipeux (principalement lors d'un bilan énergétique négatif dû à une alimentation restreinte ou à une capacité d'ingestion limitée pendant les premières semaines de lactation chez les vaches laitières) et les AG à longue chaîne d'origine alimentaire.

5.1. Synthèse de novo mammaire

A partir du 2:0 et du BHB (dérivant du 4:0 et contribuant à environ 15% des AG synthétisés de novo) la glande mammaire synthétise environ 40% des AG sécrétés dans le lait. La principale voie de synthèse implique 2 enzymes clefs : l'Acétyl-CoA-carboxylase et l'acide-gras synthétase. Il y a en fait condensation d'unités de 2 carbones entre elles jusqu'à formation de chaînes à 14 et surtout 16 carbones, la glande mammaire ne peut cependant pas convertir le 16:0 en 18:0 (**Chilliard et al., 2000 ; Bernard et al., 2008**). Ainsi, la totalité des 4:0 à 12:0, la plupart du 14:0 (95%), ainsi qu'environ 50% du 16:0 de la matière grasse laitière sont issus de cette synthèse de novo. Les AG à longue chaîne sont des inhibiteurs de l'activité de

l'Acétyl-CoA carboxylase et de la synthèse de novo mammaire. Cet effet est d'autant plus marqué que les AG sont longs et polyinsaturés (Chilliard et al., 2000) et porteurs de liaisons trans (Bauman et Griinari, 2003). Un rôle inhibiteur de la synthèse de novo mammaire a notamment été démontré pour l'ALC trans-10,cis-12 et est supposé pour les ALC trans-9,cis-11 et cis-10,trans-12, ainsi que pour le 18:1 trans-10 (Shingfield et al., 2010).

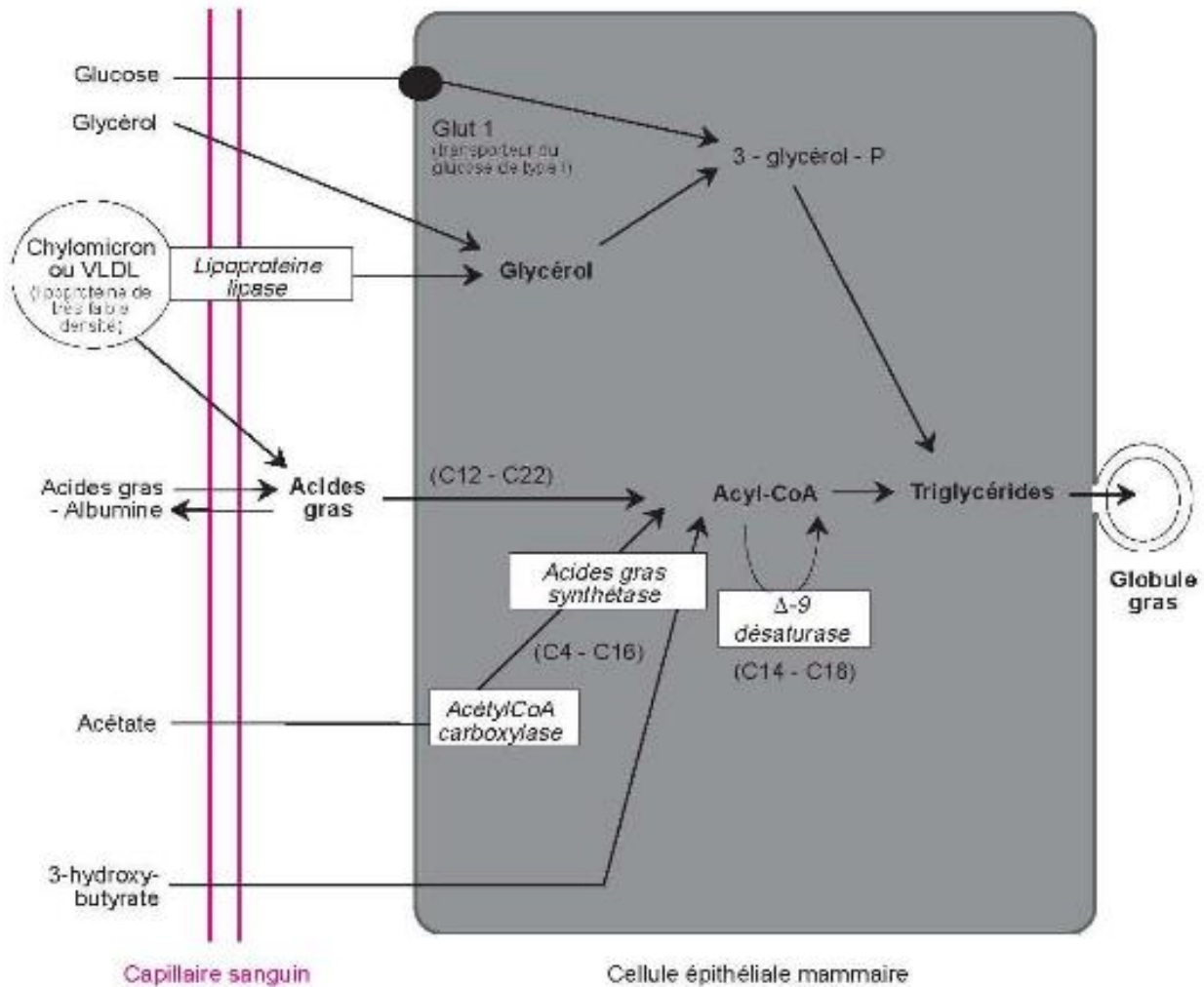


Figure 10 : Mécanismes de synthèse et de sécrétion des triglycérides du lait au niveau de la cellule épithéliale mammaire du ruminant (Chilliard et al., 2001a).

D'autres AGPI trans, non identifiés à ce jour ont vraisemblablement un rôle inhibiteur de la synthèse de novo. En effet, l'augmentation dans le lait des teneurs en ALC trans9, cis-11 et trans-10, cis-12 n'explique qu'une partie de la chute de la

sécrétion de matière grasse dans le lait, lorsque ce type de syndrome est relevé (**Bauman et Griinari, 2003 ; Shingfield et al., 2010**).

5.2. Prélèvement et métabolisme mammaire des acides gras plasmatiques

Le prélèvement des triglycérides véhiculés dans le plasma sanguin sous forme de chylomicrons et de lipoprotéines de très faible densité (Very Low-Density Lipoprotein, VLDL) est permis par l'activité de la lipoprotéine lipase. Soixante pour cent des AG du lait (50% du 16:0 et la totalité des AG à plus de 16 carbones) sont issus de ce prélèvement (**Chilliard et al., 2000**). Une forte activité de la delta-9 désaturase (aussi appelé stearoyl-CoA désaturase) est observée dans les cellules mammaires sécrétrices entièrement différenciées. Les AGS 10:0, 12:0, 14:0, 16:0, 17:0, 18:0 ainsi que les 18:1 trans (à l'exception des 18:1 trans-8, 9 et 10) servent de substrats à la delta-9 désaturase, qui a pour substrats privilégiés les 16:0 et 18:0. Ainsi, de 49% à 60% du 18:0 sont désaturés, contribuant à environ 60% du 18:1 cis-9 secrété dans le lait. Environ 90% du 14:1 cis-9, 55% du 16:1 cis-9, de 64% à 97% de l'ALC cis-9, trans-11 et la totalité de l'ALC trans-7,cis-9 secrétés dans le lait sont issus de l'activité de la delta-9 désaturase (**Glasser et al., 2008b ; Shingfield et al., 2010**). L'activité de la delta-9 désaturase peut être inhibée par les AGPI, notamment ceux présents dans les huiles de poisson ainsi que par l'ALC trans-10, cis-12 (**Bernard et al., 2008**).

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, de phospholipides localisés dans les membranes cellulaires et de glycolipides (galactolipides) stockés dans les parties vertes des fourrages. Les fourrages et les aliments concentrés classiques tels que les céréales, les tourteaux délipidés et les sous-produits industriels, contiennent moins de 4% de lipides. Dans les céréales, la majorité des lipides est constituée d'AG, alors que ces derniers représentent souvent moins de la moitié des lipides des fourrages. Dans les pays tempérés, l'herbe peut contenir 3% d'AG au printemps et à l'automne, mais moins de 1% en été. Le principal AG de l'herbe fraîche est l'acide linoléique (C18 :3 n-3 ou C9, C12, C15-18:3) qui représente environ 50% des AG totaux. L'acide palmitique (16:0) et l'acide linoléique (18:2 n-6 ou c9, c12-18:2) représentent en moyenne respectivement 20 et 15% des AG. Il y a moins de variation des teneurs en AG entre espèces végétales qu'entre stades de végétation ou modes de conservation pour une même espèce. 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, C22:6 n-3), mais leur teneur en ces AG est 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 C18:3n-3 et contiennent divers AG saturés et monoinsaturés à 16 et 18 carbones. La même variabilité existe pour différentes espèces d'algues. En revanche, les micro-algues, pour lesquelles 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 18:3 n-3, teneurs parfois importantes en 16:0 et c9-16:1 (Doreau et al., 2012).

2. Modification de la composition en AG des lipides du lait par l'alimentation

La composition en matière grasse du lait est influencée par de nombreux facteurs liés à l'animal ou à son environnement. L'alimentation (**Ferlay et al., 2008 ; Larsen et al., 2010**), la race (**Soyeurt et al., 2006 ; Palladino et al., 2010**), la génétique animale (**Soyeurt et al., 2007**), le stade de lactation (**Craninx et al., 2008 ; Stoop et al., 2008**), la gestation (**Coppa et al., 2013 ; Schwendel et al., 2015**) et la saison (**Heck et al., 2009**) affectent considérablement la composition en acides gras du lait.

L'alimentation demeure parmi les facteurs de variation extrinsèques affectant la modification de la composition en acides gras, principalement représentés par l'effet du type (**Chilliard et al., 2000 ; Dewhurst et al., 2006 ; Chilliard et al., 2007 ; Shingfield et al., 2008**). Ces effets sont étroitement liés à la teneur en lipides, la disponibilité et la composition en AG contenus dans les fourrages et les concentrés consommés ainsi qu'aux interactions entre les différents constituants de la ration.

2.1. Effet du pâturage

La matière sèche d'une herbe fraîche contient 1 à 3% d'acides gras, valeurs plus élevées au printemps et en automne et environ 50% à 75% de ces acides gras comme ALA (**Bauchart, 1993 ; Elgersma et al., 2006**). L'acide linoléique et l'acide palmitique sont généralement également trouvés. Environ 95% des acides gras sont ces trois acides gras (**Elgersma, 2015**).

Le pâturage à l'herbe augmente significativement les concentrations des acides gras dont acide α -linoléique (ALA), acide vaccénique (AV) et acide ruménique (AR), et diminue C16:0 (et parfois C8:0-C14:0 et LA), comparé à un régime hivernal mixte (**Dewhurst et al., 2006 ; Chilliard et al., 2007**). Les effets constants du pâturage sur les ALA, AV et AR sont liés à la teneur élevée en ALA dans la plupart des pâturages, qui est partiellement biohydrogénée en C18:0 et partiellement absorbée intacte dans l'intestin et sécrétée dans le lait. Lorsque les animaux sont nourris uniquement de pâturages, le processus de biohydrogénation dans le rumen de l'ALA produit de l'AV mais pas de l'acide ruménique. Par conséquent, l'AR dans la matière grasse du lait est exclusivement obtenu par la désaturation mammaire de l'AV par l'enzyme SCD. Le lait produit en pâturage est également riche en cis9, trans11, cis15 C18:3 CLA et trans11,

Chapitre IV : Impact de l'alimentation sur les lipides du lait et du beurre des ruminants

cis15 C18: 2, qui sont, respectivement, le produit de la première et de la deuxième étape de la BH de C18: 3n-3 (Elgersma et al., 2006).

Cependant, dans le lait provenant des pâturages, l'ALA et la AR sont fréquemment inférieurs à 1 pour 100g AG (Schroeder et al., 2003 ; Kay et al., 2005 ; Ferlay et al., 2006 ; Dewhurst et al., 2006 ; Chilliard et al., 2007; Elgersma, 2015) parce que la teneur en ALA diminue dans les plantes âgées par rapport au plus jeunes en croissance. Ces données concordent avec l'observation selon laquelle les concentrations de C18: 0, C18:1c9, AV, AR et ALA dans le lait sont beaucoup plus élevées à 3 semaines que 6 semaines après le passage au pâturage (Ferlay et al., 2006). Les régimes alimentaires basés sur les pâturages augmentent les concentrations d'AGI à longue chaîne et d'ALC dans les matières grasses laitières comparativement à une ration mixte, et ces effets étaient plus importants lorsque le pâturage était complété par un concentré où une partie du grain de maïs était remplacée par des sels de Ca d'acides gras (Schroeder et al., 2003).

Des corrélations positives ont été rapportées entre plusieurs espèces de dicotylédones dans les pâturages dans les Alpes et les teneurs en graisses du lait en AGPI, ALC total et AV (Collomb et al., 2002a). Aucun effet ou effet inverse sur le contenu en ALA n'a été signalé lorsque les vaches ont broutés des pâturages riches en trèfle rouge par rapport aux pâturages riches en trèfle blanc (Wiking et al., 2010 ; Larsen et al., 2012). Des proportions croissantes de matières grasses du lait ont été trouvées pour les vaches qui pâturent plus de mélanges fourragers botaniquement divers, mais l'ALA n'a pas été affectée (Soder et al., 2006). L'effet du trèfle blanc sur l'ALA est probablement lié à l'augmentation du taux de son passage dans le rumen (Dewhurst et al., 2003). Une BH moins étendue pour les pâturages riches en trèfle blanc (Adler et al., 2013) peut s'expliquer par un taux de passage plus élevé du rumen causé par le trèfle blanc (Dewhurst et al., 2003). De même, dans l'étude de Larsen et al., (2012), le trèfle blanc avait augmenté les proportions de gras dans l'ALA, malgré une consommation d'ALA plus faible.

L'effet du pâturage sur la composition en AG du lait est également lié à la composition de la plante. Le lait des Alpes est significativement plus riche C18:1 c9, AV, AR et

Chapitre IV : Impact de l'alimentation sur les lipides du lait et du beurre des ruminants

ALA et plus pauvre en C12: 0, C14: 0 et C16: 0 (**Dewhurst et al., 2006; Shingfield et al., 2013**). **Leiber et al., (2005)** ont suggéré que cela pourrait être lié à d'autres composants botaniques qui pourraient réduire la biohydrogénation ruminale et à une utilisation plus élevée d'AG adipeuse en raison des conditions de pâturages des Alpes. La composition en AG du lait provenant de vaches broutant à haute altitude a montré de meilleures propriétés nutritionnelles ainsi qu'un rapport plus élevé « acide stéarique + acide oléique / acide palmitique » (**Roda et al., 2015**). Le tableau 6 montre les variations des acides gras par rapport à différents types de pâturage.

Tableau 6. Effet du type de fourrage sur la composition en acide gras (AG). Données exprimées en g / 100 g de Total AG.

Fourrage	C4:0- C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1 c9	LA	ALA	c9,t11 CLA	Références
Fourrage conservé*	13.0	10.7	34.0	10.2	18.8	1.4	0.5	0.5	Leiber et al., (2005)
Foin d'herbe	12.5	13.4	33.7	9.4	20.2	1.3	0.7	0.7	Coppa et al., (2011)
Ensilage d'herbe	14.1	11.2	37.9	7.2	13.2	0.8	0.3	0.5	Mohammed et al., (2009)
Foin d'herbe	13.5	13.3	34.5	9.2	15.2	1.2	0.5	0.5	Shingfield et al., (2005)
Ensilage d'ivraie	13.7	12.9	34.7	9.8	15.1	1.0	0.4	0.4	Shingfield et al., (2005)
Ensilage de trèfle rouge	16.3	11.3	30.6	11.6	20.2	1.3	0.4	1.6	Dewhurst et al., (2003)
Ensilage de trèfle blanc	17.4	12.7	32.9	9.7	17.9	1.1	0.3	1.5	Dewhurst et al., (2003)
Ensilage d'herbe CH	16.7	12.0	29.4	10.4	16.9	3.6	0.4	1.2	Vanhatalo et al., (2007)
Ensilage d'herbe CT	16.3	11.8	28.2	10.7	18.1	3.7	0.4	1.3	Vanhatalo et al., (2007)
Ensilage de trèfle rouge CH	16.2	10.4	25.5	11.2	20.0	4.0	1.3	1.8	Vanhatalo et al., (2007)
Ensilage de trèfle rouge CT	15.9	10.7	27.0	10.5	19.3	4.1	0.9	1.7	Vanhatalo et al., (2007)
Ensilage d'ivraie CP	NR	9.0	38.5	8.9	17.7	2.2	1.0	1.0	Moorby et al., (2009)
Ensilage de trèfle rouge	NR	12.1	36.5	8.7	19.9	2.3	0.2	1.6	Moorby et al., (2009)

ALA, acide α -linoléique ; CLA, acide linoléique conjugué; LA, acide linoléique; NR : non rapporté.* : Le fourrage conservé c'est un mélange d'ensilage d'ivraie, d'ensilage de maïs et de foin de graminée dans un rapport de 10:60:30 sur matière sèche. CH : coupe hâtive. CT : coupe tardive. CP : culture pérenne.

2.2. Effet des proportions du fourrage /concentré

Les fourrages sont la principale et la moins chère des sources d'acides gras chez les ruminants. La teneur en acides gras et la composition du fourrage sont influencées par de nombreux facteurs tels que les espèces végétales et la variété, le climat, la durée du jour, les précipitations, la fertilisation et le stade de croissance (**Chilliard et al., 2007**). Pendant la production de foin, le séchage est associé à des diminutions des concentrations d'AG et d'ALA dans les graminées en raison de la perte oxydative ainsi

Chapitre IV : Impact de l'alimentation sur les lipides du lait et du beurre des ruminants

qu'à la fonte des feuilles pendant la fenaison puisque les feuilles contiennent plus d'AG que les tiges (**Dewhurst et al., 2006**).

Les légumineuses fourragères montrent une grande efficacité de transfert d'AGPI à la matière grasse du lait par rapport à l'herbe (tableau 6), bien que la BH de l'ALA soit encore élevée pour l'ensilage de trèfle rouge (86,1% contre 94,3% pour l'ensilage d'herbe), il y a une diminution de 240% de la proportion de C18: 0 traversant le rumen (**Dewhurst et al., 2003 ; Moorby et al., 2009**). Le remplacement de l'ensilage d'herbe par l'ensilage de trèfle rouge augmente l'AL et l'ALA dans le lait avec une réduction significative des concentrations de AGS de 4 à 18 carbones (**Dewhurst et al., 2006; Vanhatalo et al., 2007 ; Lourenço et al., 2008**). L'ensilage de maïs a des effets variables sur la teneur en AGS du lait, mais augmente généralement les concentrations de C18: 1 trans et de AL et diminue les concentrations d'ALA (**Chilliard et al., 2007 ; Kliem et al., 2008 ; Bernard et al., 2009**).

L'ensilage de maïs est la principale composante du régime alimentaire pour l'alimentation hivernale, ainsi que pour l'alimentation de toute l'année dans certains systèmes de gestion (élevage en stabulation). L'alimentation des vaches laitières avec des ensilages de maïs a entraîné une teneur plus élevée en AGS et une teneur plus faible en AGPI par rapport aux régimes alimentaires basés sur les ensilages d'herbe. Les proportions d'AGS dans les AG totaux dans les matières grasses laitières étaient de 67,6% et 62,9% et celles des AGPI de 3,6% et 4,7% pour l'ensilage de maïs ou d'herbe, respectivement (**Samková et al., 2009**).

La formule de ration alimentaire Fourrage/Concentré (tableau 7) est le facteur principal dans la variation de BH (**Chilliard et al., 2007**). L'effet d'augmenter le pourcentage de concentré dans le régime sur la teneur en matières grasses de lait dépend de la gamme d'augmentation. Si le niveau de concentré ne dépasse pas 50-60% du régime, la teneur en matière grasse du lait ne varie pas beaucoup, alors que l'inclusion du concentré au-dessus de 60% de la matière sèche totale entraîne une forte diminution de la sécrétion de la matière grasse (**Lock et Shingfield, 2004**).

L'apport de concentré dans la ration alimentaire affecte également la composition des AG dans le lait. L'augmentation du concentré de 3% à 35% dans une ration à base de

Chapitre IV : Impact de l'alimentation sur les lipides du lait et du beurre des ruminants

pâturage a favorisé l'augmentation des isomères trans C4: 0-C14: 0, C18: 1 (sauf AV) et LA, et une diminution de C18: 1 cis9, AV, AR et ALA (**Bargo et al., 2006**). L'augmentation du concentré alimentaire de 36 à 66% de la matière sèche dans une ration à base de foin d'herbe a entraîné une augmentation des concentrations de gras dans le lait de tous les isomères trans-C18: 1 (en particulier C18: 1t10), AR et AL, et la diminution de C14: 0, C16: 0 et C18: 0 (**Loor et al., 2005b**). Des résultats similaires ont été obtenus avec des niveaux plus faibles de concentré dans les rations à base d'ensilage d'herbe ou de légumineuses (**Dewhurst et al., 2003**).

Les rations à base d'ensilage de maïs et d'ensilage de luzerne ont entraîné une augmentation de la teneur en AG trans de la matière grasse, en particulier C18: 1 t10, associée à des concentrations élevées de concentrés riches en amidon (**Kalscheur et al., 1997**). Dans cette situation alimentaire, le processus de la biohydrogénation est orienté vers la «voie t10», entraînant une diminution de la teneur en matières grasses du lait et du lait riche en trans-AG et AL et pauvre en C14: 0 - C18: 0 (**Chilliard et al., 2007**).

Des changements de la source d'amidon peuvent également affecter la BH et la composition en AG du lait. Ainsi, la substitution du blé (A amidon rapidement dégradable) par des pommes de terre (A amidon lentement dégradables), à 30% du régime, augmente le pH dans le rumen et les concentrations laitières de C4: 0 - C16: 0 et diminue C18: 1c9 et trans-18: 1 (principalement C18: 1t10, -1,5 / 100 g AG) (**Chilliard et al., 2007**).

Les changements des populations de bactéries du rumen sont associés à des modifications des voies biohydrogénation (BH) en cohérence avec le profil altéré d'acide trans-octadécénoïque trouvé dans le digesta du rumen et les lipides tissulaires. De plus, de nombreuses études ont démontré qu'un environnement ruminal altéré par l'alimentation d'un régime pauvre en fibres et fortement riche en concentré est associé à un changement du profil de l'acide trans octadécénoïque (ou acide trans-vaccénique) de la matière grasse laitière (**Grinari et al., 1998 ; Neveu et al., 2013 ; Saliba et al., 2014**). Dans cette situation, l'acide octadécénoïque trans10 a remplacé le C18: 1trans11 en tant qu'isomère trans C18: 1 prédominant dans la matière grasse du lait.

Chapitre IV : Impact de l'alimentation sur les lipides du lait et du beurre des ruminants

Tableau 7. Effet du rapport concentration de fourrage (F: C) dans la ration sur la composition en acides gras du lait (AG).

Fourrage	F :C	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1 c9	VA	c9,t11 CLA	LA	ALA	Références
FH	65:35	–	–	29.4	7.1	15.3	2.7	0.8	–	–	Loor et al., (2005b)
FH	35:65	–	–	25.7	6.2	14.9	5.0	1.0	–	–	Loor et al., (2005b)
EM/LZ/FH	60:40	3.2	11.5	34.7	9.1	22.0	1.2	0.4	1.3	0.6	Neveu et al., (2013)
EM/L/FH	40:60	3.8	12.6	32.8	7.1	20.5	2.3	0.7	2.2	0.4	Neveu et al., (2013)
EHL/FH	70:30	3.1	10.7	30.5	7.4	14.0	2.2	0.5	0.5	1.2	Saliba et al., (2014)
EHL/FH	30:70	4.0	11.6	27.5	7.4	15.5	3.1	0.4	0.4	1.7	Saliba et al., (2014)

ALA, acide α -linoléique ; CLA, acide linoléique conjugué; FH: foin d'herbe; EHL : ensilage d'herbe et de légumineuses; LA, acide linoléique; L :la luzerne; EM, ensilage de maïs.

2.3. Effet d'un supplément lipidique dans la ration

La supplémentation d'huiles végétales ou d'autres oléagineux dans l'alimentation des animaux en lactation diminue spécifiquement le niveau des AGS à chaîne moyenne et / ou augmente la concentration en C18: 0 dans le lait (**Chilliard et al., 2007 ; 2009; Mosley et al., 2007; Hristov et al., 2011 ; Halmemies-Beauchet-Filleau et al., 2011, Boerman et Lock, 2014 ; Shingfield et al., 2013;Welter et al., 2016**). L'évaluation des réactions du lait aux huiles végétales et aux graines oléagineuses dans l'alimentation indique que l'huile de soja, et dans une moindre mesure, les graines de soja, les graines de tournesol et l'huile de tournesol peuvent augmenter les concentrations de 18: 2 n-6. 6-8 / 100 g de AG (**Chilliard et al., 2007**). En quantités relativement faibles, les graines de colza et l'huile de colza peuvent entraîner un enrichissement marginal, mais en quantités élevées, elles peuvent diminuer le lait (**Kliem et Shingfield, 2016**).

L'inclusion d'huiles végétales et des oléagineux dans le régime de vaches en lactation augmente les concentrations de cis-AGMI de lait, en particulier C18: 1c9, en raison de l'augmentation du taux de C18: 1 c9 dans le rumen et de la disponibilité accrue de C18: 0 pour la synthèse endogène de C9: C18: 1 dans la glande mammaire (**Glasser et al., 2007**). Par exemple, le niveau de C18: 1 c9 du lait de vache augmentait avec l'huile de lin (1.18-1.35 fois), l'huile de colza (1.33-1.67 fois), le colza (1.92 fois), l'huile de tournesol riche en acide oléique (1.27 fois), l'huile de soja (1,22 fois), le soja extrudé

(1.17 fois), l'huile de lin (1.26-1.80 fois) ou les graines de lin (1.22 fois) (**Chilliard et al., 2007 ; 2009; Hristov et al., 2011; Halmemies-Beauchet-Filleau et al., 2011 ; Boerman et Lock, 2014 ; Welter et al., 2016**). Des études (**DePeters et al., 2001 ; Loor et al., 2005a ; Givens et Shingfield, 2006 ;Kliem et Shingfield, 2016 ; Mohammed et al., 2011**) ont démontré l'effet de la supplémentation en huile sur C18: 2 c9, c12 et C18: 3c9, c12, c15 l'enrichissement en lait était assez variable. Par ailleurs, les changements dans les concentrations de lait en C18: 2 c9, c12 et C18: 3 c9, c12, c15 sont influencés par la source d'huile, la forme et la quantité d'huile dans l'alimentation, et les interactions entre l'huile et les autres ingrédients du régime. La supplémentation en huiles végétales et en graines oléagineuses a entraîné une augmentation de la teneur en matière grasse laitière riche d'ALC c9, t11 (**Kliem et Shingfield, 2016**).

Une grande partie de l'augmentation du C9, t11 CLA est liée à l'accumulation accrue de AV dans le rumen et à la plus grande disponibilité de ce substrat pour la désaturation mammaire (**Palmquist et al., 2005**). Les effets marqués du broutage sur les niveaux ALA, et AV, avec des différences allant jusqu'à 50%, sont liés à la teneur élevée en ALA dans les pâturages verts, partiellement biohydrogénés en AV dans le rumen puis sécrétés dans le lait et partiellement convertis en C18: 2 C9, t11 CLA dans le tissu mammaire par l'action de la stéaroyl-CoA désaturase (**Nudda et al., 2014**). L'enrichissement le plus élevé de l'ALC c9, t11 a été obtenu chez les animaux nourries avec des aliments contenant des huiles de poisson et de tournesol (**Shingfield et al., 2006**). Les graines oléagineuses sont généralement traitées (broyées, extrudées, granulées) pour améliorer leur manipulation, leur ingestion ou leur digestibilité, et réduire considérablement leur résistance à la BH.

3. Effet de l'alimentation sur la qualité du beurre

Les différents systèmes d'élevage et d'alimentation des animaux pratiqués dans le monde sont dictés par plusieurs facteurs. Le système d'alimentation des animaux est largement reconnu comme étant capable d'affecter directement la composition du lait, en particulier la composition en acides gras (AG) de la matière grasse du lait

Chapitre IV : Impact de l'alimentation sur les lipides du lait et du beurre des ruminants

(Chilliard et al., 2007b). Le profil des acides gras du lait qui en résulte peut à son tour avoir des effets profonds sur les propriétés sensorielles, texturales, nutritionnelles et de durée de conservation des produits laitiers gras comme le beurre (Couvreur et al., 2006 ; Hurtaud et Peyraud, 2007b). Des études ont montré que la texture et la dureté du beurre sont liées aux niveaux d'AGS et d'AGI, car le point de fusion inférieur d'AGI produit un beurre moins ferme et plus tartinable (Hurtaud et al., 2007a).

Les beurres issus d'un lait (tableau 8) des animaux nourris par l'ensilage d'herbe, maïs et de concentré avaient des indices thrombogéniques plus élevés que ceux du beurre des animaux qui ont fait le pâturage. Les scores plus élevés des indices thrombogéniques dans le beurre pourraient être attribués à l'acide palmitique et à la teneur en AGPI n-6 selon O'Callaghan et al., (2016).

Les produits laitiers dérivés des ruminants sont une source naturelle d'ALC et leur régime alimentaire est un facteur majeur affectant la concentration de ALC dans le lait et les produits laitiers (Kelly et al., 1998 ; Elgersma et al., 2006). Plusieurs études dans le passé ont rapporté la réponse linéaire positive de la concentration d'ALC dans le lait de vache à leur consommation de pâturages frais (Couvreur et al., 2006). O'Callaghan et al., (2016) ont montré que le pâturage d'herbe augmente le taux de ALC (cis-9, trans-11) dans le beurre deux fois plus qu'une alimentation à base d'ensilage d'herbe, maïs et de concentré (EHMC) et le pâturage de trèfle blanc. Cependant, cette augmentation de la teneur en ALC est en fait inférieure à celle rapportée par Mohammed et al., (2009).

Kelly et al., (1998) ; Agena et al., (2002) ; Hurtaud et al., (2002a) ont suggéré que les effets de l'herbe sur les propriétés lipidiques du lait et les caractéristiques sensorielles et nutritionnelles du beurre sont établis dès le début de la période de transition, avant que les animaux ne soient au pâturage complet. Ainsi, un régime totalement composé d'herbe pâturée ne semble pas nécessaire pour induire des modifications significatives de la composition du lait et de la qualité du beurre.

Tableau 8. Relation entre le système d'alimentation des vaches et la teneur en acides gras du beurre (g/100 g) (O'Callaghan et al., 2016).

Acide gras	Système d'alimentation		
	EHMC	RGV	RGVTB
C16:0	23.87	20.46	18.42
C16:1	1.15	1.16	1.03
C18:0	7.06	6.50	6.56
C18:1n-9 cis	13.79	12.29	11.79
C18:2 n-6 cis	1.23	0.47	0.57
C18:3n-3	0.00	0.10	0.11
C18:3n-6 cis	0.05	0.03	0.03
CLA (cis-9,trans-11)	0.58	1.71	1.35
CLA(cis-12,trans10)	0.09	0.09	0.09
AGS	52.49	48.53	44.97
AGI	18.86	17.69	16.86
AGMI	15.98	14.83	14.27
AGPI	2.23	2.86	2.59
ITA(C16:0/C18:1)	1.73	1.67	1.58
IA	3.44	3.56	3.40
IT	4.51	4.26	4.06

EHMC : d'ensilage d'herbe, maïs et de concentré, RGV : ray-grass vivace (herbe), RGVTB : pâturage d'herbe et trèfle blanc, IA : Indice d'athérogénicité (AI) $[C12 : 0 + 4 \times C14 : 0 + C16 : 0] / [AGMI + AGPI]$

IT : Indice thrombogène (TI) $[C14 : 0 + C16 : 0 + C18 : 0] / [0,5 \times AGMI + 0,5 \times n-6 \text{ AGPI} + 3 \times n-3 \text{ AGPI} + (n-3 \text{ AGPI} / n-6 \text{ AGPI})]$,

ITA : indice de tartinabilité. (C16:0/C18:1)

Si elle était confirmée, cela indiquerait que quelques heures de pâturage par jour pourraient suffire à moduler les effets d'un régime d'ensilage de maïs et ainsi réduire, en totalité ou en partie, les effets saisonniers sur les qualités sensorielles et fonctionnelles des beurres d'hiver et d'été.

Chapitre IV : Impact de l'alimentation sur les lipides du lait et du beurre des ruminants

Le système d'alimentation peut également avoir un effet sur la couleur naturelle des produits, et il a été démontré que l'ensilage de maïs et les régimes à base d'ensilage d'herbe, maïs et de concentré (EHMC) produisent des produits laitiers beaucoup plus blancs que ceux de les systèmes d'alimentation des pâturages, qui ont une couleur jaune caractéristique (**Hurtaud et al., 2002b**). L'ensilage de maïs a conduit à des beurres plus blancs, plus fermes et globalement moins appréciés des dégustateurs que ceux produits avec de l'herbe, et quelque soit son mode de conservation. Les beurres ont également été moins humides et une décroissance linéaire de la dureté, de la fermeté en bouche et de la saveur rance du beurre a été mise en évidence lorsque de l'herbe verte représentait 0, 30, 60 et 100% d'une ration à base d'ensilage de maïs (**Couvreur et al., 2006**).

4. Conclusion

Divers acides gras sont maintenant acceptés comme ayant des effets bénéfiques sur la santé humaine. En particulier, les AG les plus importantes pour la santé humaine sont les oméga-3 et c9, t11 CLA qui sont présents dans les graisses du lait. Pour améliorer leur teneur en matières grasses laitières, il faut comprendre les relations entre l'apport alimentaire en lipides, la fermentation ruminale et la synthèse mammaire de la matière grasse laitière. Les processus de biohydrogénation sont la résultante de nombreuses réactions biochimiques catalysées par les enzymes des bactéries du rumen. Les AGPI sont très largement hydrogénés, avec formation de nombreux isomères insaturés, pouvant se retrouver dans les productions des ruminants.

1. Objectifs de l'étude

Dans la plupart des pays, le développement de l'élevage des ruminants dépend à la fois d'une volonté politique des pouvoirs publics et de l'existence de débouchés économiques. En Algérie, l'élevage des ruminants et en particulier celui des ovins est étroitement lié aux conditions climatiques du pays qui agissent considérablement sur la disponibilité et sur la diversité de la végétation. Cette dernière conditionne par la suite le système d'élevage et l'alimentation des animaux.

En plus de la consommation à l'état frais, le lait de brebis est utilisé dans certaines régions du monde pour la fabrication de divers produits dérivés : fromages labellisés et de renommées (Roquefort, Roncal, Manchego...), yaourts, crèmes glacés, beurre... etc. Dans une perspective de valorisation du lait brebis, il est important de donner à ce dernier une place privilégiée comme celle du lait de vache. Ce travail a été mené afin de caractériser la qualité des laits collectés de la race Ouled-Djellal élevée selon différents systèmes d'élevage durant plusieurs saisons dans des régions du nord algérien et steppique caractérisés respectivement par des climats humide et aride. Les laits collectés ont subi ensuite des transformations en vue d'examiner leurs aptitudes technologiques à la fabrication du beurre traditionnel.

Pour ce faire ce travail vise plusieurs objectifs :

- Une caractérisation biochimique des régimes alimentaires des brebis selon leurs systèmes d'élevages
- Détermination de la qualité physico- chimique du lait de brebis,
- Détermination de la qualité nutritionnelle du lait de brebis selon les différents systèmes d'élevage (alimentation et conduite d'élevage) et la saison,
- Evaluation des aptitudes de la transformation technologique du lait de brebis pour la fabrication du beurre traditionnel et le suivi de sa stabilité oxydative pendant la conservation.

Pour atteindre ces objectifs et pour bien expliquer l'importance des systèmes d'élevages, ce travail a été scindé en deux étapes :

- Première étape : il s'agit de l'appréciation de la valeur nutritionnelle des pâturages des ovins et ces effets sur la composition et le profil des acides gras du lait de brebis élevées dans différents systèmes d'élevage.
- Deuxième étape : cette étape est consacrée à examiner les aptitudes de la transformation de ces laits en fabricant du beurre, par la suite la détermination de la qualité nutritionnelle « composition en acides gras » et la stabilité durant la conservation.

Première étude. Effets du régime alimentaire et de la saison sur la variation de la composition et le profil en acides gras du lait de brebis

2. Matériels et méthodes

2.1. Présentation des régions et de la période de récolte

Selon Nedjraoui, (2001), les grandes zones d'exploitation du cheptel ovin sont : les régions telliennes, la steppe et les régions sahariennes. L'Algérie, par la diversité de ses milieux et de ses terroirs, constitue un immense réservoir de plantes diverses en particulier d'intérêt pastoral et fourrager.

Le présent travail a été mené dans trois différentes régions (Figure 11) selon leurs caractéristiques climatiques, botaniques et géographiques avec un effectif important des brebis : Sidi Ali à Mostaganem (humide), Hmadna à Relizane (semi-aride) et Mechria à Naama (aride).

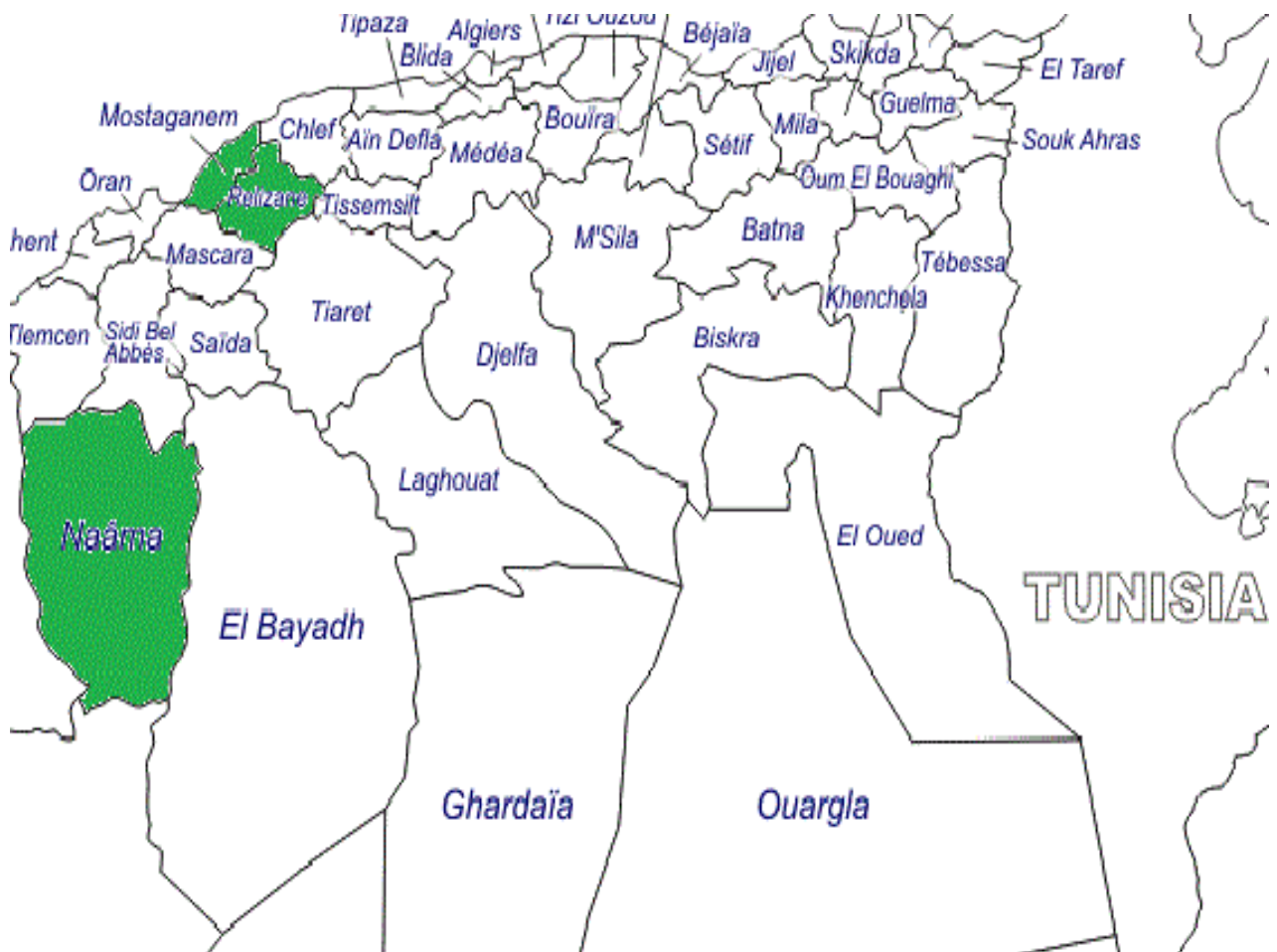


Figure 11 : Zones des prélèvements des échantillons du lait de brebis.

La wilaya de Mostaganem est située sur le littoral Ouest de l'Algérie au sud de la méditerranée (latitude 36 ° 6'2 "N et longitude 0 ° 25'11" E, altitude 373 m), caractérisé par un climat humide tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350 mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra.

Pour la wilaya de Relizane, c'est une région semi-aride du centre-ouest de l'Algérie (35 ° 54'00 "N, 00 ° 47'00" E, 91 m d'altitude) avec une précipitation annuelle de 349 mm.

Pour la 3^{ème} région de Naâma qui est située dans la steppe aride dans le sud-Ouest de l'Algérie (34 ° 55'59.0 "N 0 ° 25'59.0 "W altitude 1177 m, précipitation annuelle 268 mm). **Anonyme 2**

Tableau 09. Données climatiques de zones étudiées. (Anonyme 3).

Wilaya	Printemps 2015	Été 2015	Automne 2015	Hiver 2016
Mostaganem				
Température °C	16.36	25.56	18.76	12.46
Précipitation mm	39.36	4.31	80.35	55.88
Relizane				
Température °C	20.7	31.33	20.26	14.26
Précipitation mm	40.14	3.05	86,11	59,7
Naâma				
Température °C	18,83	28.9	19.2	10.26
Précipitation mm	16.76	64.8	45.21	9.65

2.2. Situation et importance de plantes fourragères

L'Algérie, par la diversité de ses milieux et de ses terroirs, constitue un immense réservoir de plantes diverses en particulier d'intérêt pastoral et fourrager. La valorisation des sous-produits de la céréaliculture, de l'arboriculture et des cultures maraîchères constitue également un élément déterminant dans l'alimentation du cheptel. Les graminées fourragères comme l'orge, l'avoine et parfois le triticale constituent des ressources très importantes utilisées en vert (pâturage et/ou fauche) ou

en conserve (foin rarement ensilage). Ces graminées et leurs associations avec les légumineuses (vesce, pois, gesse) sont les cultures fourragères dominantes. Il faut souligner que l'orge sous toutes ses formes (pâturage en vert, fauchée, en grain) constitue l'un des éléments clés des systèmes fourragers de l'Afrique du Nord (Abdelguerrfi et al., 2008).

2.3. Animaux

Les expérimentations ont été réalisées dans le cadre d'un projet de recherche sur le lait et les produits laitiers issus d'une race algérienne autochtone Ouled-Djellel. La période des expérimentations s'est déroulée du printemps 2015 à l'hiver 2016. Durant les essais, 60 brebis de poids vif moyen de 40 ± 2 kg et âgées de 3 ± 1 ans au cours de la première lactation ont été utilisées réparties par un groupe de 20 brebis pour chaque région ou système alimentaire située précédemment dans des fermes expérimentales.

2.4. Régimes alimentaires

Les animaux ont reçu des régimes alimentaires différents selon chaque saison et selon leur système d'élevage de chaque région. Au cours du **printemps** les animaux ont été divisés en 3 groupes à raison de 20 sujets pour chaque groupe :

- Le groupe 1 provenant de la région de Sidi Ali, Mostaganem a été maintenu à l'extérieur sur un pâturage pendant toute la journée(H) ;
- Le groupe 2 a été alimenté avec le concentré (100% concentré) dans une ferme à Hmadna, Relizane.
- Le groupe 3 est constitué des brebis de la région de Mechria, Naâma a été alimenté avec un régime mixte d'herbe et concentré (HC).

En automne les brebis élevés dans la région de Mostaganem (groupe1) ont reçu un aliment concentré avec du foin. Dans le groupe 2 de la région Hmadna les animaux ont été laissés au pâturage d'herbe pendant toute la journée. Les brebis du 3ème groupe dans la région de Naâma ont été autorisées à faire un pâturage naturel de 08h00 à 12h00 et reçoivent ensuite un supplément d'un aliment concentré standard.

En hiver, un pâturage constitué de luzerne a été appliqué pour les brebis dans la région de Relizane (groupe 2). Les brebis du groupe 1 de la région de Mostaganem ont reçu un aliment concentré plus la paille et le groupe 3 de la région de Naâma n'ont consommé que le concentré. Le schéma suivant démontre le dispositif expérimental :

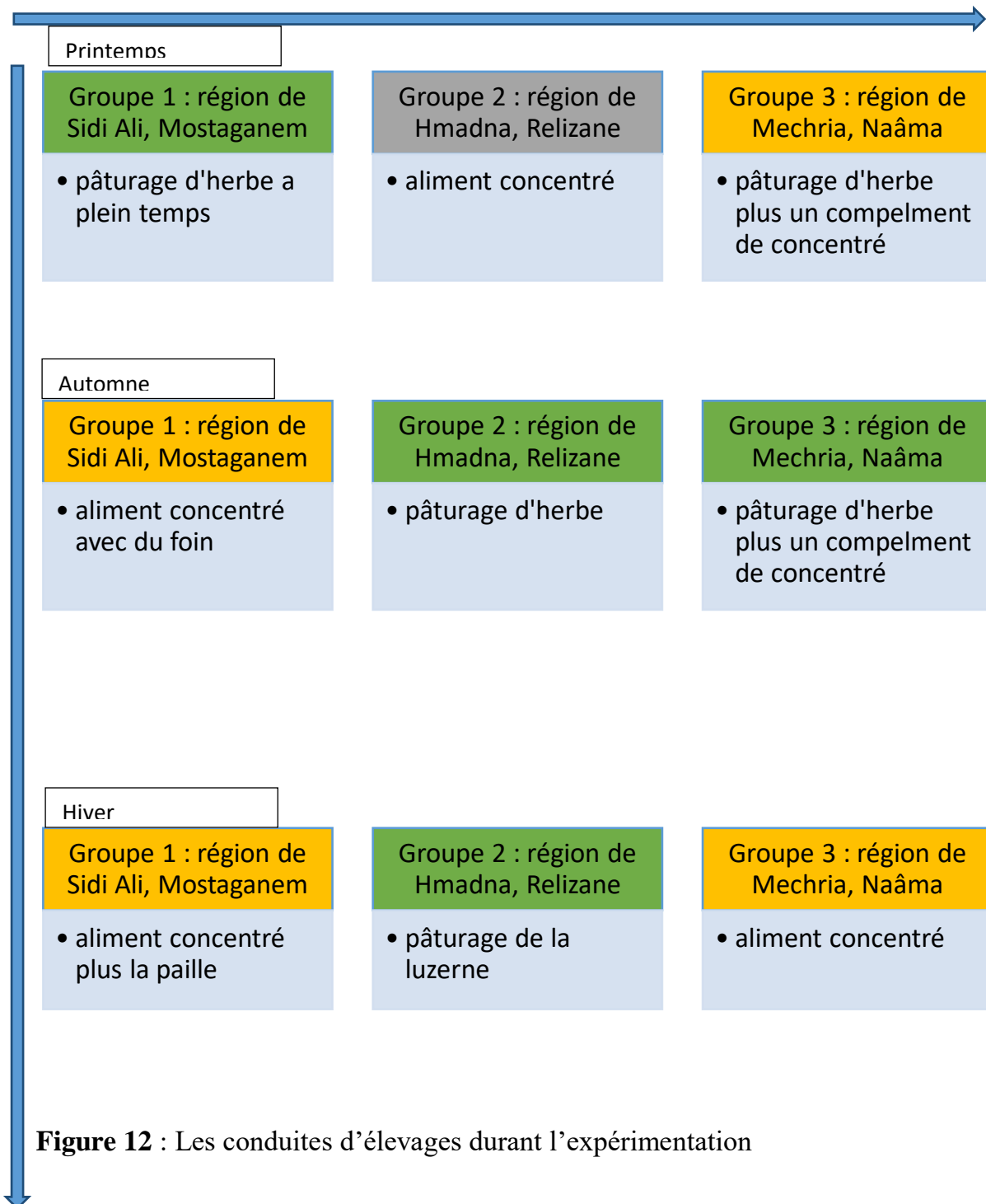


Figure 12 : Les conduites d'élevages durant l'expérimentation

2.5. Prélèvement d'échantillons

2.5.1. Prélèvements des régimes

Des échantillons représentatifs de chacun des aliments (fourrages et concentrés) ont été collectés au début, au milieu et à la fin de la période d'essai afin de déterminer leur composition chimique. Pendant chaque période d'essai, les échantillons d'herbe pâturée étaient obtenus en groupant 4 sous-échantillons (coupés à l'aide d'une faux et ciseaux) collectés aléatoirement à 4 endroits différents de la parcelle sur laquelle pâturaient les brebis. L'échantillonnage pour les plantes consiste à choisir environ 2 kg d'herbe dans toutes les zones pâturées pour une analyse plus approfondie. Les pâturages représentent un fourrage herbacé de petite à moyenne taille ou des plantes spontanées. Après avoir identifié ces plantes, les échantillons sont séchés, broyés et stockés avant d'être analysés selon les méthodes standardisées pour les déterminations des teneurs en matière sèche, matière minérale, protéines brutes (ou matières azotées totales), les lipides, les des teneurs en fibres (Neutral Detergent Fiber NDF et Acid Detergent Fiber ADF,). En outre, la composition en AG des aliments a été déterminée.

2.6. Analyse des régimes

2.6.1. Analyses physicochimiques

2.6.1.1. Détermination de la teneur en matière sèche (AOAC, 1990.)

Des échantillons de 5g sont placés, dans des creusets en porcelaine puis laissés déshydrater pendant 24 heures dans une étuve réglée à une température de 105 C°. Après le refroidissement des creusets dans le dessiccateur pendant 45 minutes, la matière sèche restante est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite.

La teneur en eau ou en matière sèche des échantillons sont exprimées en pourcentage.

$$MS (\%) = (g)/\text{masse échantillon } (g)$$

La teneur en eau de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$\text{Teneur en eau } (\%) = 100 - MS (\%)$$

2.6.1.2. Détermination de la teneur en matière minérale (AOAC, 1990.)

La teneur en cendres est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique par incinération à 550°C dans un four à moufle pendant 3 heures.

La teneur en matières minérale de l'échantillon est calculée par la relation suivante :

$$\text{Teneur en matière minérale (\%)} = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} * 100$$

Avec :

- M_0 : Masse du creuset vide (en gramme).
- M_1 : Masse totale du creuset contenant la prise d'essai (en gramme).
- M_2 : Masse totale du creuset et les minéraux bruts (en gramme).

La teneur en matière minérale est exprimée en pourcentage.

2.6.1.3. 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_3), oxydation de la MO dans l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré à haute température en présence d'un catalyseur. Le H_2SO_4 concentré a pour but d'oxyder l'azote organique et de transformer l'azote protéique en l'ammoniac (NH_3). Il sert également à piéger l'ammoniac gazeux sous forme de sulfate d'ammonium NH_3SO_4 , par action de la base avec l'acide. L'addition du sel K_2SO_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 (CuSO_4) et de sélénium.

Étape 2 : Avant de distiller l'ammoniac (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 :

$$(\text{PB en \% de produit brute}) = (V1 - V0 * TX0.014 * 6.25 * 100) / (m).$$

2.6.1.4. 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 ± 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°C . Le résidu, après le traitement acide puis basique, déduit du résidu de la calcination. Il est exprimé en g/kg.

2.6.1.4.1. 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' α amylase thermorésistante, à 98°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°C . Le NDF représente le résidu après traitement avec le détergent neutre déduit des cendres.

2.6.1.4.2. 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°C . L'ADF représente le résidu du traitement avec le détergent acide déduit des cendres.

2.6.1.4.3. Acid detergent lignin (ADL) :

Le résidu ADFB, avant calcination, est traité par une solution d'acide sulfurique 72% pendant 3h à 20-23°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.

2.6.1.5. Dosage des lipides totaux

2.6.1.5.1. Extraction des lipides

a. Principe

Les lipides totaux des échantillons ont été extraits par la méthode de Folch et al., (1957). Cette technique repose sur le principe d'une extraction à froid des lipides par un mélange de solvant chloroforme / méthanol (2/1 ; v/v ; réactif de Folch). Cette extraction s'effectue par la séparation de phases : la phase inférieure (chloroforme + lipides) et la phase supérieure (méthanol + eau). L'addition d'une solution aqueuse de NaCl à 0,58% permet la séparation des phases.

b. Mode opératoire

La phase supérieure constituée de méthanol et d'eau, contient les composés hydrophiles (glucides et protéines) dont dissolution est favorisée par la présence de sel, tandis que les lipides sont dissous dans la phase organique inférieure. La pesée du ballon contenant l'extrait lipidique après évaporation du solvant permet de calculer la teneur en lipides exprimée en pourcentage.

Un échantillon de 30g des régimes sont mis en présence de 60 ml de réactif de Folch (méthanol+ chloroforme) et broyés à l'aide d'un homogénéisateur (type ultra thurax) pendant 3 minutes. Le mélange obtenu est filtré à travers un verre fritté de porosité 1. Ainsi, ce filtrat additionné d'une solution de Na Cl à 0,73% à raison d'un volume de Na Cl pour 4 volumes de filtrat est soumis à décantation dans une ampoule à décanter. La phase inférieure (chloroforme + lipides) est soutirée puis filtrée sur du sulfate de sodium (chauffé à 80°C) et récupérer dans un ballon préalablement pesé. La phase supérieure (méthanol + eau + lipides résiduels), restée dans l'ampoule, et rincée avec une solution contenant 20% de Na Cl à 0.58% + réactif de Folch. Après agitation, on

laisse décanter à nouveau environ 20 minutes. La phase inférieure est récupérée et ajoutée au premier filtrat.

Le chloroforme est ensuite évaporé sur une colonne à distiller sous vide. Il ne reste alors dans le ballon que les lipides mis à sec.

Le pourcentage des lipides totaux peut être déterminé par la formule suivante :

% lipides totaux = (poids ballon plein – poids ballon vide) x 100/poids de l'échantillon

2.6.1.5.2. Analyse des acides gras

a. Préparation des esters méthyliques

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 (BF₃) selon **Morrison et Smith, (1964)**.

Une fraction des lipides totaux extraits (25 à 30 mg) est saponifiée à chaud (70°C) pendant 15 min dans NaOH (0,5 N) dissoute dans du 1 ml de solution de méthanol. L'acide margarique (C17 :0) sert d'étalon interne et est rajouté à cette étape. Les acides gras saponifiés sont convertis en esters méthyliques au cours d'une méthylation (15 min à 70°C) dont le catalyseur est le BF₃. 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 avec une pipette dans un pilulier annoté et adéquat pour une analyse en CPG.

b. Analyses chromatographique en phase gazeuse

Les esters méthyliques d'acides gras sont analysés par le chromatographe Perkin Elmer Autosystem XL. Cet appareil est équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (air hydrogène) et muni d'un passeur automatique d'échantillons, et d'une colonne capillaire polaire en silice (longueur de 30 mètres et diamètre de 0,25 mm ; Supelco) avec une phase stationnaire de 80% de biscyanopropyl et 20% de cyanopropylphénylsiloxane. L'échantillon liquide d'acides gras est injecté dans la colonne à l'état vaporisé (la température de l'injection est de 220°C. La température de la colonne s'élève par des plateaux (T°1 : 45°C ; T°2 : 195°C ; T°3 : 220°C ; T°4 : 240°C) suivie d'un programme de refroidissement. La durée totale d'analyse est de 22 minutes. Les acides gras sont brûlés dans la flamme du détecteur (T° = 240°C). Les

signaux émis à la sortie des AG sont enregistrés sous forme de pics qui constituent le chromatogramme. Le temps de rétention permet d'identifier les acides gras extraits et la quantité de chaque AG est calculée en référence à l'étalon interne, qui est le C17 : 0 (c'est lui qui permet la quantification des AG). Les acides gras sont exprimés en pourcentage des AG identifiés et en milligrammes par 100 grammes de régime.

2.6.1.6. Pouvoir antioxydant des régimes

Les molécules d'intérêt biologique, de nature photochimique 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 (Elaffifi, 2015).

2.6.1.6.1. Dosage des polyphénols et flavonoïdes (Annexes 4 et 5)

Les polyphénols ont été dosés par spectrophotométrie selon Milliauskas et al., (2004). 1ml de l'extrait méthanolique (10g de la poudre dans 100 ml de méthanol-eau (8v/2v)/20min) est mélangé avec 5ml de réactif Folin ciocalteu. Cette solution est diluée 10 fois et on prend par la suite 4ml de Na₂CO₃ à concentration 75g/l. Une gamme étalon est préparée à partir d'une solution d'acide gallique de 1g/l avec les dilutions de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 et 100µg/ml. Les solvants d'extraction emportent des substances non-phénoliques comme les sucres, les protéines et les colorants qui peuvent interférer pendant toute évaluation phénolique (Djeridane et al., 2006). L'absorbance est mesurée à 765 nm 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 chloridehexahydrate (AlCl₃, 6H₂O) (2%) est mélangé à un volume égal d'extrait. Après une durée d'incubation de 10mn les densités optiques sont lues à 430 nm dans un domaine UV-Visible. La teneur phénolique totale a été exprimée en mg équivalents d'acide gallique (GAE) /g MS. La quantité de flavonoïdes dans les extraits de plantes en mg Equivalent d'acide gallique (EQ) pour 100mg d'extrait était calculée par la formule suivante :

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

2.7. Prélèvement du lait de brebis

Des échantillons (N=20) individuels de laits (100 ml) ont été prélevés à partir de chaque brebis au cours de la traite du matin, répartis en 3 tubes stériles et conservés à 4°C à l'aide d'une glacière électrique au moment du transport jusqu'au laboratoire pour assurer la conservation du lait. Ces méthodes de prélèvement ont été utilisées lors de chaque saison. Le lait a été conservé par congélation et stockés à -18 °C pour des analyses plus ultérieures.

2.7.1. Analyses physico-chimiques

2.7.1.1. Mesure du pH

La mesure du pH a une importance exceptionnelle par l'abondance des indications quelle donne sur la richesse du lait en certains de ces constituants, sur son état de fraîcheur ou sur sa stabilité (**Mathieu, 1998**). Nous avons déterminé le pH à l'aide de pH-mètre après la traite directement.

2.7.1.2. Détermination de l'acidité Dornic

L'acidité peut être titrée de façon précise à l'aide de la soude Dornic (N/9). Un échantillon précis de 10 ml de lait est placé dans un bécher de 100 ml en présence de 0,1 ml de phénolphtaléine à 1% dans l'alcool à 95%. La soude Dornic (N/9) est rajoutée (à la burette) jusqu'au virage au rose. La coloration rose doit persister au moins 10 secondes (**Guiraud, 1998**). L'acidité du lait peut être exprimée de plusieurs façons :

- En degré Dornic (°D) : le degré Dornic correspond au nombre de 1/10e de ml de soude Dornic N/9 nécessaire pour assurer le virage de la phénolphtaléine.

En gramme d'acide lactique (PM= 90), il faut une mole de soude (1litre de NaOH 1 XN) pour neutraliser 1g d'acide lactique, il faudra 1/90, 1 ml de soude Dornic correspond donc à 10mg d'acide lactique. Pour une prise d'essai de 10 ml, le titre de l'acide lactique en g/l sera donné par le volume de soude Dornic en ml nécessaire pour la neutralisation (**I'AOAC, 1990**).

2.7.1.3. Extrait sec total (E.S.T)

Dans un creuset en porcelaine préalablement pesée on introduit 5 ml de lait à l'aide d'une pipette jaugée puis on la place dans une étuve réglée à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 24 heures puis dans un dessiccateur. Après dessiccation les creusets refroidies sont pesées, la différence entre les deux poids est multipliée par 100, (l'AOAC, 1990).

2.7.1.4. Détermination de l'extrait sec dégraissé ESD

L'extrait sec dégraissé (ESD) a été calculée par la différence entre l'extrait sec total et la teneur en matière grasse.

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{MG}$$

2.7.1.5. Détermination de la densité

Nous avons mesuré la densité à l'aide de densimètre sur le lait maintenu au repos (Benlahcen et al., 2013). Le principe consiste à plonger un densimètre dans une éprouvette de 100ml remplie de lait à analyser. Lorsqu'il se stabilise, une lecture directe, nous donne le résultat (AFNOR, 1986).

2.7.1.6. Détermination de la matière grasse

La matière grasse a été mesuré par un mélange chloroforme-méthanol (2v/1v) selon la méthode de Folch et al., (1957) qui est décrite dans le même chapitre de la partie expérimentale (analyses des régimes).

2.7.1.7. Détermination du taux de cendre

Nous avons déterminer le taux de cendre par incinération de l'échantillon (5 ml du lait) à 550°C pendant 3 heures dans un four électrique à moufle avec thermostat (AOAC, 2000).

$$\text{Teneur en matière minérale (\%)} = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_2} * 100$$

Avec :

- M_0 : Masse du creuset vide (en gramme).
- M_1 : Masse totale du creuset contenant la prise d'essai (en gramme).

- M_2 : Masse totale du creuset et les minéraux bruts (en gramme).

2.7.1.8. Point de congélation, les protéines et le lactose

Le point de congélation, les protéines et le lactose ont été déterminés par analyse infrarouge en utilisant un instrument Milkoscan (FT 120, FossElectric, Hilleroed, Danemark).

2.7.1.9. Analyse des acides gras

Cette partie a été réalisée dans un laboratoire de recherche de l'école technique supérieure d'ingénierie agronomique, université de Séville en Espagne.

La séparation et la quantification des esters méthyliques des acides gras ont été réalisées avec un chromatographe gazeux Agilent 6890N Network GS System (Agilent, Santa Clara, CA, USA), équipé d'un détecteur à ionisation de flamme et équipé d'une colonne capillaire HP-88 (100 m, 0,25 mm id, épaisseur de film de 0,2 μ m).

L'ester méthylique non-acétique (C9 : 0 ME, 4 mg / mL) a été utilisé comme étalon interne. L'extraction et la méthylation directe ont été réalisées en une seule étape selon la méthode publiée par **Sukhija et Palmquist (1998)** et révisée par **Juárez et al. (2008)** afin de minimiser l'isomérisation et l'épimérisation dans le CLA. Brièvement, 1 ml de n-hexane et 3 ml de HCl méthanolique fraîchement préparé à 5% en poids ont été ajoutés aux échantillons de lait, vortexés et chauffés pendant 90 minutes dans un bain-marie à 70 ° C. Après que le contenu a été refroidi à température ambiante, 5 ml de K_2CO_3 à 6% en poids ont été ajoutés, suivis de 2 ml de n-hexane. Le contenu des tubes a été vortexé, suivi d'une centrifugation à 3500 tr / min pendant 10 min.

La phase organique supérieure a été transférée dans un tube de culture et additionnée de 1 ml de $NaSO_4$ et enfin dissoute dans 1 ml de n-hexane pour l'analyse par chromatographie en phase gazeuse. Les acides gras individuelle ont été identifiés en comparant leurs temps de rétention avec ceux d'un mélange standard AG authentifié Supelco 37 (Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, UK). L'identification des isomères de CLA a été faite en comparant les temps de rétention avec ceux d'un autre mélange

standard authentifié. (Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, Royaume-Uni). La teneur en acides gras a été exprimée en pourcentage d'esters méthyliques totaux identifiés.

Après analyse, les données de composition des acides gras ont été regroupées comme suit : AG saturée (AGS), AG mono insaturée (AGMI), AG polyinsaturée (AGPI), AG insaturée (AGI), AGPI n-3, AGPI n-6. Les ratios entre les différentes fractions, à savoir AGPI / AGS, AGI / AGS et n-6 / n-3, ont été calculés. Enfin, l'indice d'athérogénicité (AI) $[C12 : 0 + 4 \times 14 : 0 + C16 : 0] / [AGMI + AGPI]$ a été calculé selon **Ulbricht et Southgate (1991)**.

Deuxième étude. Effets du régime alimentaire et de la saison sur la composition et le profil en acides gras et la stabilité du beurre pendant la conservation

1. Préparation des échantillons des beurres

Le beurre a été fabriqué traditionnellement pour chaque groupe pendant les 3 saisons à partir de chaque région (Figure 13) dans le laboratoire Technologie Alimentaire et Nutrition de l'université de Mostaganem.

Un nombre de 27 échantillons de beurre a été fabriqué pendant la période d'étude à partir d'un mélange du lait de brebis pour chaque groupe. Le lait est placé dans un récipient propre et laissé à la température ambiante trois jours pour le déclenchement d'une fermentation lactique spontanée. Cette fermentation qui a abouti à la formation d'un lait caillé appelé localement Raib, et est suivi d'un barattage durant 60 minutes. Une quantité d'eau tiède est ajoutée afin de favoriser le rassemblement des grains de beurre. Enfin, le beurre est récupéré, le liquide obtenu est appelé Leben. Le beurre a été emballé manuellement dans des récipients en plastique. Des échantillons ont été conservés à -20°C pour l'extraction de graisse, la composition en acides gras ; les autres ont été conservés à 4°C pendant 21 jours afin de réaliser les analyses physico-chimique et pour l'évaluation de sa stabilité pendant la conservation.

2. Analyse physicochimique du beurre

2.1. Matière sèche

Pour la détermination des paramètres physicochimiques tel que : la matière sèche et la matière minérale les même techniques décrites dans le chapitre 1 de la partie expérimentale (analyses du lait) ont été utilisés.

2.2. Extraction et détermination de la matière grasse

La matière grasse a été mesurée par un mélange chloroforme-méthanol (2v/1v) selon la méthode de **Folch et al., (1957)** avec une modification de la prise d'essai (prise d'essai utilisée 5g). Les extraits lipidiques ont été conservés à -18°C pour le

dosage des acides gras du beurre. La figure 13 illustre succinctement le procédé traditionnel de fabrication du beurre à partir du lait de brebis.

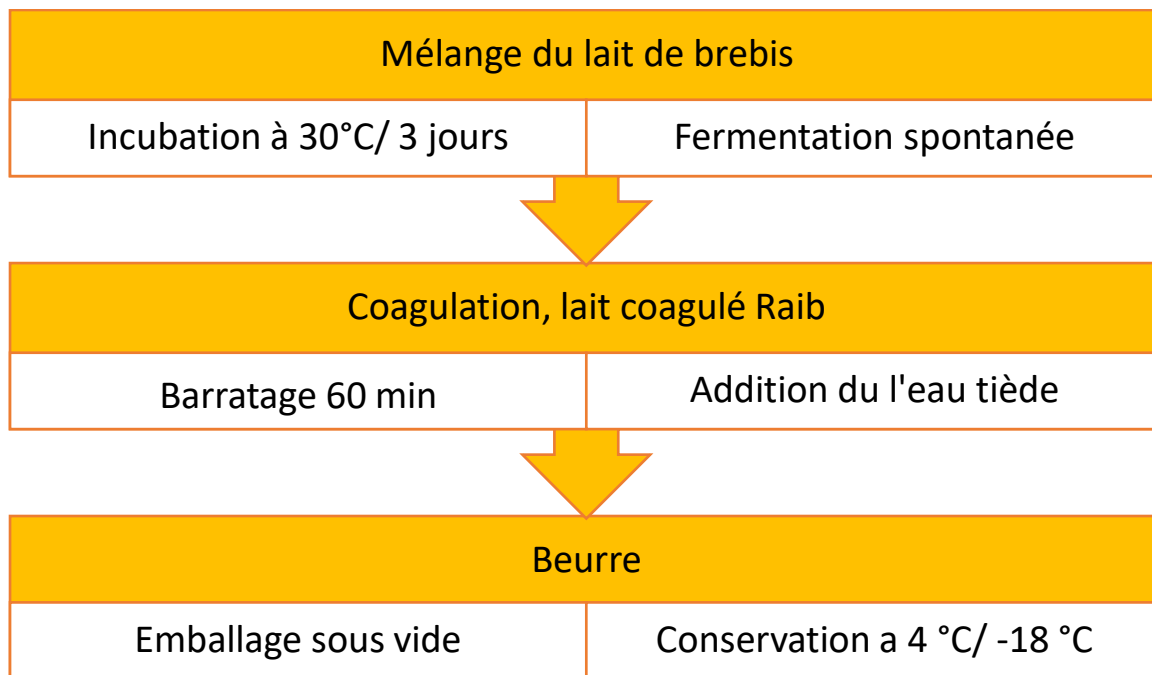


Figure 13 : Schéma de la fabrication du beurre traditionnel.

2.3. Analyse des acides gras dans le beurre

La méthylation directe a été réalisée en utilisant la méthode de **Sukhija et Palmquist (1998)**. La technique et les conditions dans le chromatographe gazeux Agilent 6890N Network GS System (Agilent, Santa Clara, CA, USA) sont décrites dans le chapitre concernant les analyses du lait de brebis.

2.4. Estimation du degré d'oxydation des lipides

Les produits secondaires de l'oxydation des lipides les plus couramment dosés sont les aldéhydes. L'acide thiobarbiturique (TBA) réagit avec le malonaldéhyde (MDA) pour former un complexe de couleur rose et/ou jaune possédant un maximum d'absorption à une longueur d'onde de 532 nm. 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 trichloroacétique (TCA). La méthode est adaptée par **Génot (1996)**.

Un échantillon de beurre de 2 gr est placé dans un tube de 25 ml contenant 16 ml d'acide trichloroacétique à 5% (p/v) et 100µl d'acide ascorbique (Vitamine C 0,1%). Le mélange est homogénéisé 3 fois pendant 15 secondes à l'aide d'un homogénéisateur (Ultra-Thurax) à une vitesse d'environ 20 000 tpm. 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 thiobarbiturique. Pour les blancs, 2 ml d'acide thiobarbiturique sont ajoutés à 2 ml d'acide trichloroacétique. Les tubes fermés sont plongés dans un bain-marie à 70°C pendant 30 minutes et placés dans un bain marie d'eau froide. La lecture se fait à l'aide d'un spectrophotomètre à 532 nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent MDA (malonaldehyde) /kg. La coloration reste stable pendant 1 heure.

Les résultats dégagés au cours de ces expériences sont obtenues par les formules suivantes :

$$\text{mg équivalent MDA/ kg de l'échantillon} = \frac{(0,72 / 1,56) \times (A532 \text{ cor} \times V \text{ solvant} \times Vf)}{PE}$$

A532 cor: l'absorbance

V solvant: volume de solution de dilution TCA en ml

PE : prise d'essai

Vf : volume du filtrat prélevé

0,72 / 1,56 : correspond à la prise en compte du coefficient d'extinction moléculaire du complexe TBA-MDA à la valeur de : 1,56. 105 M-1. cm-1 (Buedge et coll., 1978) et au poids moléculaire du MDA d'une valeur de 72 g/mol.

2.5. Indice de peroxyde

Indice de peroxyde indique la teneur en milliéquivalent d'oxygène actif par mg de corps gras. En présence de l'oxygène de l'air les acides gras insaturés s'oxydent en donnant des peroxydes.

Le principe repose sur le traitement d'une prise d'essai en solution d'iodure de potassium puis titrage de l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium. Cette méthode est décrite par la norme **NE1.2.50-1985** qui est en concordance technique avec la norme internationale **ISO 3960-1977**.

Une prise d'essai de 2g de corps gras avec 10 ml de chloroforme, dissoudre rapidement le corps gras en agitant, et en ajoutant 15ml d'acide acétique puis 1 ml de solution d'iodure de potassium. On bouche aussitôt le flacon, en l'agitant pendant 1 minute et l'abandonner pendant 5 minutes à l'obscurité, puis on ajoute environ 75 ml d'eau distillé, titrer en agitant vigoureusement et en présence d'empois d'amidon comme indicateur d'iode libéré avec la solution de thiosulfate de sodium 0.01N.

L'indice de peroxyde est exprimé en microgramme d'oxygène actif par gramme est donné, par la relation suivante :

$$IP = 8000 \times (TxV)/M$$

V : le nombre de ml de la solution titré de thiosulfate de sodium corrigé par l'essai à blanc

M : masse en gramme de la prise d'essai

T : la normalité (0.01N) exacte de la solution de thiosulfate de solution utilisée pour l'essai à corps gras corrigé compte tenu de l'essai blanc.

2.6. Indice d'acide

Indice acide c'est le nombre de milligramme d'hydroxyde de potassium nécessaire pour neutraliser les acides gras libre présents dans un gramme de corps gras Cette technique est basé sur la mise en solution de la prise d'essai dans un mélange de solvant (éthanol chaud) suivi d'un titrage des acides gras libres présent à l'aide d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium. La méthode découle de la norme NFT 60-204 De décembre 1985.

Une prise d'essai de 5 à 10 g de l'échantillon est mélangée avec 100ml d'éthanol, neutralisé, porté avec précaution au voisinage d'ébullition avant l'emploi. On titre, en agitant énergiquement avec la solution éthanolique d'hydroxyde de potassium 0.1N jusqu'au virage de l'indicateur (coloration rose de la phénolphthaléine).

L'indice d'acide est exprimé par la relation suivante :

$$I_a = 56.1 \times T \times V/M$$

V : nombre de ml de la solution de KOH

T : normalité de la solution de KOH

M : masse en gramme de la prise essai 56.1 : la masse molaire exprimée (en gramme) par mole de KOH.

2.7. Indice de saponification

L'indice de saponification d'un corps gras est le nombre de milligramme d'hydroxyde de potassium nécessaire pour saponifier un gramme de produit. La méthode utilisée est celle décrite dans la norme NFT 60-206 de décembre 1968.

Prendre 2g de l'échantillon avec 25 ml de solution éthanolique d'hydroxyde de potassium 0.5N ; Adopter au réfrigérant à reflux en présence de pierre ponce, et porter à léger ébullition en agitant de temps en temps Après 60 min, on arrête le chauffage et on ajoute 4 à 5 gouttes de solution de phénolphthaléine, la solution savonneuse est titrée encore chaude avec la solution d'acide chlorhydrique 0.5N

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

$$I_s = 56.1 \times T \times (V_0 - V)/M$$

V₀ : nombre de ml de la solution d'HCL utilisée pour l'essai à blanc

V : nombre de ml de la solution d'HCL utilisée pour le corps gras

T : normalité (0.1N) exacte de la solution d'HCL utilisée

M : masse en gramme de la prise essai

3. Analyse statistique des résultats

Le traitement des résultats obtenus a été effectué par une analyse de la variance, organisé en bloc et suivie d'une comparaison des moyennes selon la méthode de Newman-Keuls logiciel de Stat box 2006 et par le test de Bonferroni à l'aide d'un système d'analyse statistique IBM SPSS Software® version 20.0 (2012). Les résultats sont présentés en termes de Valeurs p, considéré comme le seuil de signification, $p < 0,05$.

Résultats et Discussion

1. Composition des régimes

La variation de la qualité nutritionnelle des systèmes alimentaires est exprimée par les quantités des pâturages et par la nature de leurs compositions qui dépend généralement des conditions bioclimatiques, des types des sols et la disponibilité des ingrédients. Dans ce travail nous avons remarqué que la différence dans la composition des régimes des trois régions étudiées est (humide, semi-aride et aride) a influencé dans le niveau de consommation des régimes par les brebis (tableau 10) :

Tableau 10. Composition des régimes alimentaires des animaux selon les différents étages bioclimatiques.

	Mostaganem (humide)	Relizane (semi-aride)	Naâma (aride)
Printemps	Pâturage d'herbe 100%	Aliment concentré 100%	Pâturage 40 % Aliment concentré 60%
Automne	Aliment concentré 70% Foin 30%	Pâturage d'herbe 100%	Pâturage 60 % Aliment concentré 40%
Hiver	Aliment concentré 60% Paille 40	Pâturage de la luzerne 100%	Aliment concentré 100%

Aliment concentré : (60% de maïs, 22% de tourteau de soja, 17% de d'orge et 1% de minéraux).

La disponibilité de l'herbe est conditionnée généralement par les conditions climatiques (précipitation annuelle, humidité). Toutefois, lorsque la quantité d'herbe disponible diminue, les brebis reçoivent des compléments constitués d'aliment concentré pour plus ou moins équilibrer la ration des animaux. Un complément de foin est aussi utilisé et parfois des autres pâturages tel que : la luzerne pour remplacer herbe lorsque les éleveurs pendant les périodes de la rareté d'herbe.

2. Détermination des espèces fourragères dans chaque système alimentaire

Le pâturage est un espace constitué à base de prairies naturelles dont les herbes et les plantes sont consommées sur place par les animaux, il se diversifie par le taux et la disponibilité d'herbe, la composition botanique (nature des espèces fourragères) et le type de pâturages.

Dans cet essai nous avons fait une étude phytosociologique pour étudier les communautés végétales et leur relation avec le milieu, en se basant sur des listes floristiques les plus exhaustives possibles.

Tableau 11. Les espèces fourragères pour chaque région

	Mostaganem (humide)	Relizane (semi-aride)	Naâma (aride)
Les espèces Fourragères	<i>Trifolium repens,</i> <i>Scolymu shispanicus,</i> <i>Medicago sativa,</i> <i>Daucus carota,</i> <i>Malaria sylvestris,</i> <i>Avenasativa</i>	<i>Chrysanthemum</i> <i>segetum</i> <i>Lolium</i> <i>multiflorumvar.</i> <i>italicum</i> <i>Agropyrum repens</i> <i>pisumsp</i>	<i>Trifoliu mrepens</i> <i>Stipamaritima</i> <i>Stipa tenacissima,</i> <i>Artemisia herba-</i> <i>alba</i> <i>Lygeum spartum,</i> <i>Atriplex halimus</i>

Après avoir identifié les plantes prélevées à partir de ces 3 régions (Mostaganem, Relizane et Mechria) nous avons remarqué une certaine diversité floristique entre les espèces identifiés, ainsi qu'une différence dans la disponibilité en biomasse dont une disponibilité importante a été enregistrée dans la région méditerranéenne humide (Mostaganem) par rapport aux deux autres régions semi-aride et aride Relizane et Mechria respectivement. Cette différence s'explique d'une part par la pauvreté de ces régions en pâturage et d'autre part par la nature de climat et de sol.

Les variations saisonnières ont aussi des effets sur la disponibilité et la diversité floristique, ce qui entraîne l'utilisation des compléments dans les saisons où les pâturages sont rares tel que le foin et de fourrages verts (luzerne).

3. Composition chimique des régimes expérimentaux

La composition chimique, la teneur en AG d'herbe et de concentré des différentes saisons figurent dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 12. Composition chimique et pourcentage des acides gras dans les régimes pour la saison de printemps (Annexe 1).

Régime	H	C	HC
Composition (%)			
Matière sèche	82,3	88,4	86,5
Lipides totaux	2,8	4,9	3,2
Cendres	7,5	8,4	3
Protéines brutes	15,3	16,5	12,4
NDF	38,52	17,25	35,5
ADF	22,3	5,20	24,74
ADL	8,46	1,86	6,97
Analyse AG (Pourcentage de l'AG identifié)			
C14:0	1.73	1.81	1.54
C16:0	45.11	52.48	37.89
C16:1	0.55	0.30	0.28
C18:0	27.15	34.10	19.28
C18:1 n-9c	7.84	3.43	12.24
C18:2 n-6c	9.66	34.61	26.41
C18:3 n-3	7.50	2.26	1.90
AGS	74.34	89.04	58.94
AGMI	8.39	3.73	12.52
AGPI	17.16	6.96	28.31
n-6	9.77	34.85	26.64
n-3	7,50	2,26	1.90
n-6/n-3	1.3	15.42	14.02
AGPI/AGS	0.23	0.07	0.48

H : herbe, C : concentré, HC : herbe+ concentré

Les résultats des différents régimes alimentaires prélevés au cours de la saison du printemps (Tableau 12) ont montré des variations dans la composition de la matière sèche et minérale, dans les lipides, mais aussi dans la composition des acides gras en raison de la proportion d'herbe et de chaque régime. Les quantités d'acides gras observées varient en fonction de la proportion d'herbe et en fonction du concentré.

Nous avons enregistré un taux plus élevé des lipides dans le régime à base de concentré (4,9%) contre les deux régimes à base d'herbe, par contre des teneurs plus ou moins similaires pour les protéines.

La quantité de C18 : 3 n-3 (ALA) était plus grande avec la grande proportion, tandis que la quantité de C18 : 2 n-6 ingérée était plus élevée avec la complémentation du concentré.

La quantité des AGPI n-3 augmente avec la part de l'herbe dans le régime par une teneur de 7,5% dans le groupe H contre 2,26 et 1,90% dans le groupe HC et C respectivement, tandis que le rapport n6 / n3 est inversement lié à la quantité d'herbe consommée dans le régime, il diminue avec l'augmentation de l'herbe dans chaque régime avec les rapports suivants : 1,3, 15,42 et 14,02 dans les groupes H, HC et C respectivement.

Quantitativement, nature des espèces d'herbe, fertilisation, date / saison pâturage, le stade de maturité et conditions environnementales au moment de la coupe, tous peuvent affecter les teneurs dans AG des **herbes (Dewhurst et al., 2006 ; Elgersma et al., 2006)**.

Cependant, les conditions climatiques telles que : l'intensité de la lumière (**Witkowska et al., 2008**), la température (**Falcone et al., 2004**), mais aussi les propriétés physiques des parcours de pâturage (**Elgersma et al., 2005**) peuvent aussi agir sur la composition des acides gras des plantes.

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par **Coppa et al., (2015)** sur des herbes fraîches utilisées pour l'amélioration de la qualité du lait.

Tableau 13. Composition chimique et pourcentage des acides gras dans les régimes pour la saison d'automne (Annexe 2).

Régime	C	H	HC
Composition (%)			
Matière sèche	87,45	80,6	82,8
Lipides totaux	4,5	2,9	3,4
condres	2,7	9,1	7,3
Protéine brute	14,6	12,9	11,32
NDF	15,25	39,8	36,74
ADF	4,65	26,11	25,44
ADL	2,08	7,16	4,75
Analyse AG (Pourcentage de l'AG identifié)			
C14:0	0,66	1,61	1,51
C16:0	32,61	44,82	46,49
C16:1	0,21	0,37	1,21
C18:0	16,50	28,88	27,51
C18:1 n-9c	9,66	7,86	1,96
C18:2 n-6c	37,43	13,48	7,56
C18:3 n-3	2,71	2,46	13,25
AGS	49,86	75,67	75,95
AGMI	9,87	8,23	13,17
AGPI	40,27	16,10	20,88
n-6	37,56	13,64	7,63
n-3	2,71	2,46	13,25
n-6/n-3	13,85	5,54	0,57
AGPI/AGS	0,80	0,21	0,27

H : herbe, C : concentré, HC : herbe+ concentré

Pour la saison d'automne, la même tendance a été enregistrée pour les paramètres : composition de la matière sèche et minérale, les lipides et les pourcentages des quelques acides gras en fonction toujours de la quantité d'herbe mais aussi la typicité des espèces fourragères prélevées.

Les résultats ont montré des taux de la matière sèche plus bas (80,6%) que ceux trouvés pour les aliments concentrés soit une teneur de 87,45%, pour les lipides totaux aliment concentré avait les pourcentages les plus élevées. Concernant les teneurs en acides gras des régimes, nous avons observé une variation importante. Cette variation de la teneur en AG était principalement associée à la variation des trois principales AG, C16: 0, C18: 2n-6 et C18: 3n-3. Le contenu de C18: 3n-3, cependant, a eu la plus grande variation allant de 2,71 à 13,25g / 100g de MS pour les régimes issus de Mostaganem (concentré) et ceux de Naâma (herbe steppique + le concentré) respectivement. Ces variations ont influé les taux des acides gras saturés et polyinsaturés et leur rapport AGPI /AGS dans les régimes alimentaires.

La grande variation dans la composition chimique est affecté également par la biodisponibilité des nutriments de fourrages (**Ali et al., 2014**). La diminution de la teneur en AG avec la maturité du fourrage est compatible avec les résultats antérieurs (**Clapham et al., 2005; Khan et al., 2012**).

La quantité totale des AG dans les fourrages est donc fortement influencée par la concentration des chloroplastes. La diminution des lipides chloroplastiques avec la maturation des fourrages, due à une diminution du ratio feuilles / tige (**Boufaïed et al., 2003 ; Khan et al., 2012**), la maturation des feuilles (Khan et al., 2012), ainsi que l'initiation de la floraison (**Dewhurst et al., 2006**). Nos résultats sont soutenus par des résultats antérieurs (**Khan et al., 2012**). En revanche, **Clapham et al., (2005)** ont rapporté que les teneurs en AG des fourrages diminuaient avec la maturité, mais la proportion des AG individuelles dans les AG totales n'ont pas changé avec la maturité des fourrages. La divergence entre les deux études pourrait être liée aux différences d'espèces fourragères et conditions d'environnement. Dans les conditions tropicales, les plantes fourragères mûrissent plus vite que les milieux tempérés (**Bezabih et al., 2013**).

Tableau 14. Composition chimique et pourcentage des acides gras dans les régimes pour la saison d'hiver (Annexe 3).

Régime	CP	L	C
Composition (%)			
Matière sèche	85,3	60,5	86,3
Lipides totaux	4,2	6,85	4,45
Les cendres	3,05	8,3	2,48
Protéine brute	13,7	17,8	12,05
NDF	18,08	25,5	16,02
ADF	6,91	15,9	5,07
ADL	1,83	3,04	1,67
Analyse AG (Pourcentage de l'AG identifié)			
C14:0	0,64	0,95	1,30
C16:0	30,31	41,64	43,56
C16:1	0,11	0,27	0,74
C18:0	14,67	19,45	24,61
C18:1 n-9c	7,63	0,97	4,58
C18:2 n-9c	40,36	10,90	13,26
C18:3 n-3	6,11	25,05	11,59
AGS	45,69	62,47	69,66
AGMI	7,74	1,25	5,32
AGPI	46,57	36,28	25,02
n-6	40,46	11,24	13,43
n-3	6,11	25,05	11,59
n-6/n-3	6,62	0,44	1,15
AGPI/AGS	1.01	0,58	0,35

L : luzerne, C : concentré, CP : concentré+ paille.

Concernant la 3^{ème} saison hiver, les résultats illustrés dans le tableau 3 montrent une richesse de la luzerne par les nutriments par rapport à l'aliment concentré et la paille. Cette richesse est exprimée par les teneurs élevées obtenues des lipides, minéraux et les protéines brutes. Pour les lipides ils ont été de 6,85 g/100g dans la luzerne contre 4,45 g/100g dans le concentré, pour ce qui concerne les protéines brutes nous avons remarqué une quantité importante dans la luzerne avec un teneur de 17,8g/100g contre 13,7 et 12,05 dans les régimes à base de concentré.

Les teneurs en acides gras des aliments pour animaux et de la luzerne de grandes différences dans les niveaux d'acides gras essentiels (LA et ALA) et dans le rapport des acides gras saturés / insaturés et n-6 / n-3.

Les concentrations des AG dans le fourrage frais (g / kg MS) varient selon les espèces. Au sein d'une espèce, la concentration varie avec les plantes et les facteurs environnementaux tels que la variété / cultivât, le stade de repousse, le stade de maturité (rapport feuille / tige), la saison, l'intensité lumineuse, les conditions de croissance pendant la période de repousse précédente et la disponibilité de N. Les feuilles ont des concentrations d'AG plus élevées que les tiges. Les plantes les plus jeunes ont des concentrations d'AG plus élevées que les plantes plus anciennes. La gestion des pâturages joue donc un rôle important dans la composition en AG des fourrages. (Elgersma, 2015).

Le pâturage de luzerne a une teneur élevée en protéines brutes et une dégradabilité du rumen, un faible taux de NDF et souvent un faible pH ruminal (Rearte et Santini, 1989 ;Bargo et al., 2003). Hoffman et al., 1993 ont montrés que la maturité a une influence profonde et étendue sur la teneur en protéines de dérivation du fourrage.

Nos résultats confirment les résultats obtenus par Dal Bosco et al., 2015 sur la composition et le profil des acides gras de la luzerne notamment le C18: 3n-3 avec un teneur de 25,05 g/100g qui apparait nettement supérieure à celui de concentré.

4. Pouvoir antioxydant des régimes

Polyphénols totaux et flavonoïdes

La teneur totale en polyphénols et les flavonoïdes des extraits obtenus de différentes herbes sont montrés dans les tableaux 15 et 16. Ces résultats ont été obtenus à partir des 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 pour les polyphénols totaux et la quercitine pour le dosage des flavonoïdes, ils sont exprimés en mg Eq /g de matière sèche.

Tableau 15. Concentrations des polyphénols totaux pour chaque régime (mg Eqacide gallique/g MS)

	printemps			automne			hiver		
	HG1	CG2	H+CG3	F G1	HG2	H+C G3	CG1	LG2	C+P G3
Polyphénols Totaux mg Eq acide gallique/g MS	8,04	6,32	10,09	2,55	9,67	7,72	5,53	10,25	6,08

H : herbe, C : concentré, L : luzerne, P : paille

Les résultats des analyses des polyphénols totaux des échantillons prélevés en printemps ont montré des variations dans ces teneurs, le régime à base d'herbe + concentré dans la région de Mechria (Naâma) (groupe3) avait la teneur totale en polyphénols la plus élevée avec 10,04 mg Eq acide gallique/g MS contre 8,04 et 6,32 mg Eq acide gallique/g MS pour l'herbe (groupe1) et le concentré (groupe2) respectivement. Tandis que pour la saison d'automne, l'herbe (groupe 2) contient plus de polyphénols 9,67mg Eq acide gallique/g MS par rapport aux deux autres régimes (groupe1 : foin et groupe 3 : herbe et concentré). Enfin et pour la saison d'hiver la quantité la plus élevée a été obtenus dans la luzerne avec un taux de 10,25 mg Eq acide gallique/g MS.

Tableau 16. Concentrations des flavonoïdes pour chaque régime

	printemps			automne			hiver		
	HG1	CG2	H+C G3	F G1	HG2	H+C G3	CG1	LG2	C+P G3
Flavonoïdes mg Eq quercitine/g MS	5,87	1,64	7,39	1.46	8,33	7,52	1,68	8,07	4,01

H : herbe, C : concentré, L : luzerne, P : paille

Les flavonoïdes exprimés en mg Eq quercitine/g MS ont montré des teneurs plus élevées dans les régimes à base de pâturage d'herbe et de la luzerne. Pour la saison de printemps nous avons enregistré un taux de 5,87 mg Eq quercitine/g MS contre 1,64 et 7,39 mg Eq quercitine/g MS dans les régimes du concentré et l'herbe associée avec le concentré respectivement. Par contre une teneur plus élevée 8,33 mg Eq quercitine/g MS des flavonoïdes dans la saison d'automne a été obtenue pour les régimes à base d'herbe. Pour la saison d'hiver nous avons observés que la luzerne avait la quantité la plus importante par un pourcentage de 8,07 par rapport au concentré.

Première étude. Effets du régime alimentaire et de la saison sur la variation de la composition et le profil en acides gras du lait de brebis

Les effets des différentes proportions d'herbe dans les rations des brebis ont essentiellement été déterminés lors d'essais de courtes périodes. L'objectif de ce premier travail était de quantifier et d'évaluer au cours de la première lactation des effets d'une alimentation à base de pâturage d'herbe sur les paramètres physicochimiques, composition biochimique et la qualité des lipides des laits des brebis durant trois saisons : printemps, automne et hiver. Le pH, l'acidité, la densité, le point de congélation, extrait sec total et dégraissé (EST et ESD), le taux butyreux, les protéines, le lactose, les minéraux et le profil des acides gras du lait ont été les principaux paramètres étudiés.

1. Résultats

1.1. Saison du printemps

1.1.1 Paramètres physicochimiques du lait de brebis

Les résultats obtenus, exprimés par g/100 g de matière sèche. Ont été regroupés dans le tableau 17

Tableau 17. Paramètres physicochimiques du lait des brebis en fonction du système alimentaire pendant le printemps.

Paramètres	Régimes			signification
	H	H+C	C	
Ph	6,70±0,98	6,60±0,07	6,55±0,08	Ns
Densité	1,034±0,04	1,040±0,02	1,040±0,02	P<0,01
Point de congélation	-0,550±0,30	-0,530±0,11	-0,530±0,14	P<0,01
Acidité	23,23±1,50	26,75±1,88	23,67±0,85	P<0,01

Chaque valeur est la moyenne de 20 échantillons (n = 20) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, P<0,05= Effet significatif, P<0,01= Effet hautement significatif. H : pâturage à temps plein, HC : pâturage + concentré, C : aliment concentré.

Les résultats des analyses physicochimiques (Tableau 17) ont montré des effets hautement significatifs ($P < 0,01$) du système alimentaire sur la densité, le point de congélation et acidité Dornic. Le pH était plus ou moins stable (ns) dans le lait des brebis avec un taux maximum de 6,70 dans le régime à base d'herbe contre 6,55 dans le groupe des brebis alimentés par le concentré. Des différences hautement significatifs ($P < 0,01$) pour la densité du lait selon le système alimentaire par des valeurs plus élevés dans les échantillons obtenus à partir d'une combinaison des deux aliments : l'herbe de pâturage et le complément concentré et le concentré 1,040 contre 1,034 pour les laits des régimes d'herbe. Une même tendance pour les deux autres paramètres : point de congélation et Acidité, nous avons observés un effet hautement significatif sur ces paramètres ($P < 0,01$).

1.1.2. Composition biochimique du lait de brebis

Le tableau 18 ci-dessous rapporte les valeurs de l'extrait sec total et dégraissé, (EST et ESD), le taux butyreux, les protéines, le lactose, les minéraux du lait de brebis

Tableau 18. Composition biochimique du lait des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g de lait) en printemps.

Paramètres	Régimes			signification
	H	H+C	C	
Extrait sec total	16,40±1,54	15,93±1,20	17,30±1,63	P<0,01
Extrait sec dégraissé	11,85±0,19	11,60±0,19	11,75±0,18	Ns
Taux butyreux	4,54±0,95	4,40±0,78	5,53±1,47	P<0,01
Les protéines	4,50±0,09	4,77±0,09	4,42±0,09	P<0,05
Le lactose	4,47±0,72	4,33±0,38	4,44±0,46	Ns
Les minéraux	0,74±0,20	0,68±0,17	0,70±0,14	Ns

Chaque valeur est la moyenne de 20 échantillons (n = 20) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, $P < 0,05$ = Effet significatif, $P < 0,01$ = Effet hautement significatif. H : pâturage à temps plein, HC : pâturage + concentré, C : aliment concentré.

Il ressort à travers les résultats que le système alimentaire a une influence sur quelques paramètres qui sont l'extrait sec total, le taux butyreux et les protéines. Par contre l'extrait sec dégraissé, le lactose et les minéraux n'ont pas été affecté quel que soit le

régime alimentaire. Dans le groupe des brebis alimentés par le concentré (groupe 3) nous avons remarqué un effet hautement significatif ($P < 0,01$) sur l'extrait sec total, environ 17% de concentration contre 16 % pour les brebis ayant été autorisées à faire le pâturage d'herbe ont été observés.

De même, les brebis recevant un aliment concentré ont enregistré une augmentation du taux butyreux ($P < 0,01$) ; soit une augmentation jusqu'à 20% avec un teneur de 5,53 g / 100g et des taux de 4,54 et 4,40 g / 100g pour les groupes 1 et 2 respectivement dont l'alimentation est à base de pâturage d'herbe.

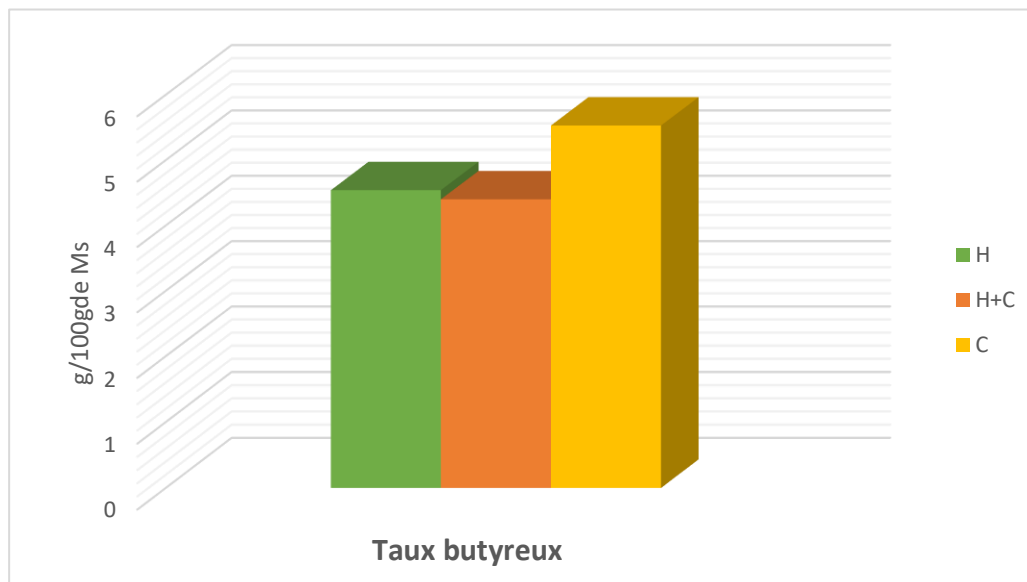


Figure 14 : pourcentages du taux butyreux dans le lait

De plus, les protéines du lait de brebis ont été influencées par le système alimentaire, d'où l'on note un effet significatif ($P < 0,05$) par un taux de 4,77 g / 100g dans le groupe des brebis recevant les deux aliments (herbe et le concentré) et 4,50 et 4,42 g / 100g pour les groupe 1 et 3 respectivement où les brebis ont été alimentés par le pâturage d'herbe et le concentré.

Par contre aucun effet du système alimentaire n'a été enregistré sur le lactose, extrait sec dégraissé et les minéraux par des valeurs qui semblent être stables pour tous les échantillons.

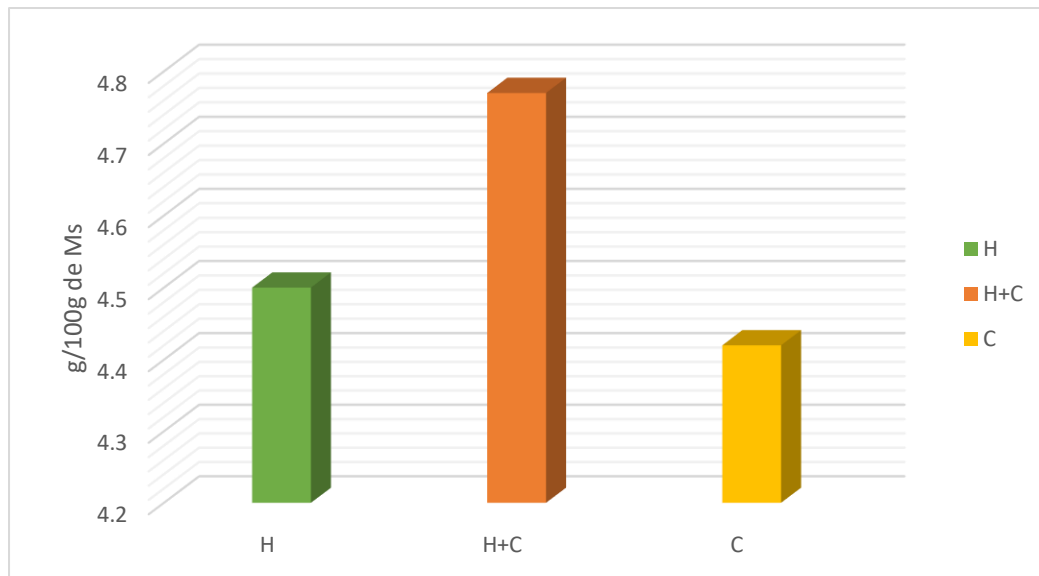


Figure 15 : pourcentages des protéines dans le lait

1.1.3. Le profil en acides gras du lait de brebis

La composition en acides gras du lait est présentée dans le tableau 19. Le lait de différents groupes de systèmes avec différentes proportions d'herbe a été associé à des changements dans certains pourcentages d'acides gras du lait. La concentration de C16:0 était stable tandis que celle de C18:0 augmente proportionnellement dans le système alimentaire avec une proportion élevée d'herbe fraîche avec une proportion enregistrée de 16,21 g / 100 g dans le système alimentaire H (100% herbe) contre 15,02 et 13,37 % dans le système H+C et C respectivement. Parmi les AGMI, le C18:1 n-9, est plus élevé ($P < 0,05$) dans le lait du système H+C 30,37% que les autres groupes H et C (26,75% vs 26,78%). L'acide Vaccénique était également plus élevé dans le lait du groupe H (1,64%) que dans les groupes C (1,08%) ou H+C (0,82%). Cependant, une augmentation de CLAc9t11 a été observée dans le régime alimentaire où l'herbe fraîche était l'ingrédient principal, avec les proportions suivantes : 0,43% groupe (H) vs 0,36 et 0,39% dans les groupes (H+C) et (C) respectivement.

Tableau 19. Composition en acides gras du lait de brebis en fonction du système alimentaire en printemps (pourcentage d'acide gras identifié)

Acide gras (g/100 g AG)	Régimes			Signification
	H	H+C	C	
LT (g/100 g)	4,54±0,95	4,40±0,78	5,53±1,47	P<0,01
C 14 : 0	7,37±0,58	7,02±0,58	8,48±0,58	Ns
C 16 : 0	26,94±0,56	26,98±0,56	28,22±0,56	Ns
C 16 : 1	1,48±0,07	1,45±0,07	1,72±0,07	P<0,05
C 16 : 1 n-9	0,36±0,01	0,28±0,01	0,34±0,01	P<0,05
C 18 : 0	16,21±1,23	15,02±1,23	13,37±1,23	P<0,05
C 18 : 1 cis 9	26,75±2,26	30,37±2,63	26,78±1,89	P<0,05
C 18 : 1t11 VA	1,64±0,11	1,07±0,11	0,82±0,11	P<0,01
C18 : 3n-3ALA	0,44±0,03	0,24±0,03	0,21±0,03	P<0,01
CLA c9 t11	0,43±0,08	0,36±0,08	0,39±0,08	P<0,05
C 20 : 0	0,23±0,01	0,14±0,01	0,21±0,01	P<0,01
C 20 : 3 n-6	0,04±0,01	0,12±0,01	0,10±0,01	P<0,05
C 20 : 5 n-3	0,01±0,01	0	0	Ns
C 22 : 5 n-3	0,13±0,02	0,07±0,02	0,08±0,02	Ns
C 22 : 6 n3	0,07±0,04	0,12±0,04	0	Ns
AGS	62,03±1,57	59,16±1,57	63,17±1,57	Ns
AGMI	35,18±1,52	37,85±1,59	34,25±1,59	Ns
AGPI	2,45±0,09	2,57±0,09	2,30±0,09	Ns
n-6	1,83±0,08	2,13±0,08	1,96±0,08	Ns
n-3	0,62±0,05	0,43±0,05	0,34±0,05	P<0,05
n6/n3	2,95±0,82	5,00±0,82	6,33±0,82	P<0,05
IA	1,55±0,21	1,41±0,30	1,77±0,16	P<0,05

Chaque valeur est la moyenne de 5 échantillons (n = 5) suivie de l'écart-type. H: pâturage à plein temps, H+C: pâturage + concentré, C: aliment concentré, CLA: acide linoléique conjugué, VA: acide vaccénique, AGS: acides gras saturés, AGMI: acides gras mono insaturés, AGPI: acides gras polyinsaturés ns: non significatif P<0.05= effet significatif, P<0.01 = effet hautement significatif, IA= indice d'athérogénicité

Une tendance similaire pour C18: 3n-3, la forte proportion d'herbe dans le groupe de pâturage à temps plein induit une augmentation de C18: 3n-3 dans ce groupe contre H+C et C avec des teneurs de 0,24 et 0,21%.

Cependant, aucun effet significatif n'a été détecté du système alimentaire sur les acides gras à longue chaîne, en particulier : C 20: 5 n-3, C 22: 5 n-3, C 22: 6 n-3. L'augmentation de la proportion d'herbe dans l'alimentation a eu un grand effet ($P < 0,05$) sur l'augmentation du taux d'AGPI n-3 (deux fois dans le système H par rapport au groupe C) par des proportions plus élevées dans le groupe des brebis broutant avec un taux de 0,62% contre 0,43 et 0,34% dans les groupes H+C et C respectivement. Les variations de AGPI n-3 et n-6 conduisent à une diminution du rapport n-6 / n-3 à une valeur de 2,95 dans le groupe (H) avec la proportion élevée d'herbe, alors que ce rapport était de 5 et 6,33 dans le PC et C respectivement. Pour l'indice d'athérogénicité, ce paramètre varie de 1,41 à 1,77 et présente des différences significatives ($p < 0,05$) entre les régimes alimentaires dans cette étude.

1.2. Saison d'automne

1.2.1. Paramètres physicochimiques du lait de brebis

Les résultats des analyses physicochimiques du lait de brebis sont illustrés dans le tableau 20 en g/100g.

Les mesures des analyses physicochimiques du lait de brebis durant la saison d'automne ont montré un effet significatif du régime alimentaire consommé sur le pH, la densité, le point de congélation et l'acidité Dornic. Le pH est plus acide (6,40) dans les échantillons qui proviennent de la région de Mechria (groupe H+C). Le régime alimentaire a augmenté la densité significativement par des valeurs (1,038 et 1,034) plus élevées dans les groupes des brebis ayant reçus un aliment concentré comme complément contre 1,032 pour le lait du groupe dont l'alimentation à base d'herbe. De même les deux paramètres : point de congélation et acidité du lait ont aussi montré une variation significative.

Tableau 20. Paramètres physicochimiques du lait des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g de lait) durant la saison d'automne.

Paramètres	Régimes			signification
	C+F	H	H+C	
pH	6,60±0,15	6,75±0,26	6,40±0,34	P<0,05
Densité	1,038±0,06	1,032±0,07	1,034±0,04	P<0,01
Point de congélation	-0,530±0,22	-0,580±0,18	-0,560±0,33	P<0,01
Acidité	24,23±0,87	22,59±1,15	26,67±2,05	P<0,01

Chaque valeur est la moyenne de 20 échantillons (n = 20) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, P<0,05= Effet significatif, P<0,01= Effet hautement significatif. H : pâturage à temps plein, H+C : pâturage + concentré, C +F : aliment concentré+ foin.

1.2.2. Composition biochimique du lait de brebis

La variation de la composition du lait de brebis conduites selon différents systèmes alimentaires au cours de la saison d'automne est rapportée dans le tableau 21.

Tableau 21. Composition biochimique du lait des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g de lait) durant la saison d'automne.

Paramètres	Régimes			signification
	C+F	H	H+C	
Extrait sec total	16,80±1,29	15,16±1,71	17,27±1,83	P<0,01
Extrait sec dégraissé	12,56±0,20	11,32±0,22	12,14±0,23	Ns
Taux butyreux	4,24±0,75	3,84±0,63	5,13±1,17	P<0,01
Les protéines	5,43±0,11	4,31±0,19	5,42±0,07	P<0,05
Le lactose	4,67±0,65	4,71±0,24	4,73±0,47	Ns
Les minéraux	0,69±0,11	0,73±0,15	0,75±0,08	Ns

Chaque valeur est la moyenne de 20 échantillons (n = 20) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, P<0,05= Effet significatif, P<0,01= Effet hautement significatif, H : pâturage à temps plein, H+C : pâturage + concentré, C +F : aliment concentré+ foin.

Les régimes alimentaires des brebis dans la saison d'automne ont impacté les principaux composants du lait. L'extrait sec total représente le premier paramètre influencé

($P < 0,01$) par le régime alimentaire avec un taux plus élevé (17,27 %) dans le groupe des brebis qui ont consommé de l'herbe et le concentré comparativement aux autres groupes.

Par ailleurs, le régime alimentaire n'a eu aucun effet sur l'extrait sec dégraissé, le lactose et les minéraux avec des teneurs maximales de 12,56 et 4,73 et 0,75 g/100g respectivement.

Les teneurs en protéines s'avèrent significativement ($P < 0,05$) plus importantes dans le groupe 1 et 3 dont le régime alimentaire été complété par un aliment concentré, une teneur de 5,43 et 5,42 g /100g pour le groupe 1 et 3 respectivement contre 4,31 g /100g dans le groupe 2(H).

Cependant, le taux butyreux a été influé ($P < 0,01$) par le régime alimentaire avec une prédominance enregistrée dans le groupe (H+C) en comparaison avec le groupe C+F et le groupe H (5,13 g/100g contre 4,24 et 3,84 g/100g respectivement).

1.2.3. Le profil en acides gras du lait de brebis

La teneur en lipides et la composition en acides gras du lait de brebis nourris par les différents régimes alimentaires est présentée dans le tableau 22. Les acides gras saturés comme le C16 :0, le C18 :0 et le C :20 par des sont dans des pourcentages équivalents entre les différents groupes alimentaires. Par contre, les régimes alimentaires ont induit une augmentation de l'acide palmitoléique dans le groupe des brebis nourris par l'herbe soit une quantité de 1,60 contre 1,13 et 1,19 % respectivement pour le groupe C+F et H+C.

Pour ce qui concerne les AGM et AGPI ; l'acide Vaccénique était également plus élevé dans le lait dans le groupe C+F (1,42 %) que dans les groupes H (1,04%) ou H+C (0,68g/100g). Néanmoins, une augmentation de CLA c9t11 a été observée dans le régime alimentaire où l'herbe fraîche était l'ingrédient principal et dans le groupe des brebis qui a consommé l'herbe et le concentré, avec les proportions suivantes : 0,40% groupe (H) et groupe le (H+C) vs 0,36% dans le (C+F).

Tableau 22. Composition en acides gras du lait de brebis en fonction du système alimentaire, saison d'automne (pourcentage d'acide gras identifié)

Acide gras (g/100 g AG)	Régimes			Signification
	C+F	H	H+C	
LT (g/100 g)	4,24±0,75	3,84±0,63	5,13±1,17	P<0,01
C 14 : 0	9,43±0,36	9,75±0,37	9,49±0,36	Ns
C 16 : 0	28,22±0,47	29,17±0,43	28,61±0,43	Ns
C 16 : 1	1,13±0,04	1,60±0,05	1,19±0,05	P<0,05
C 16 :1 n-9	0,29±0,02	0,28±0,01	0,24±0,02	Ns
C 18 : 0	11,17±0,96	11,51±0,87	11,64±0,86	Ns
C 18 : 1 cis 9	20,96±1,24	21,12±2,51	23,59±1,67	P<0,05
C 18 : 1t11 VA	1,42±0,10	1,04±0,12	0,68±0,11	P<0, 01
C18 :3n-3ALA	0,30±0,02	0,37±0,02	0,48±0,02	P<0,01
CLA c9 t11	0,36±0,07	0,40±0,08	0,40±0,07	P<0,05
C 20 : 0	0,15±0,03	0,18±0,02	0,12±0,02	Ns
C 20 :3 n-6	0,06±0,01	0,08±0,01	0,15±0,01	P<0,01
C 20 :5 n-3	0,06±0,02	0,03±0,01	0,04±0,01	P<0,05
C 22 :5 n-3	0,11±0,02	0,12±0,02	0,10±0,02	Ns
C 22 :6 n3	0,07±0,04	0,08±0,04	0,09±0,03	Ns
AGS	70,39±1,84	70,44±1,97	68,65±1,92	Ns
AGMI	25,09±1,43	25,85±1,47	27,51±1,52	Ns
AGPI	4,51±0,06	3,71±0,06	3,85±0,07	P<0,05
n-6	3,42 ±0,11	2,54 ±0,10	2,59 ±0,12	Ns
n-3	0,57 ±0,03	0,61 ±0,03	0,73 ±0,03	P<0,05
n6/n3	6,03 ±0,61	4,14 ±0,59	3,56 ±0,66	P<0,05
IA	1,38±0,24	1,41±0,18	1,27±0,15	ns

Chaque valeur est la moyenne de 5 échantillons (n = 5) suivie de l'écart-type. H: pâturage à plein temps, H+C: pâturage + concentré, C+F: aliment concentré+ foin, CLA: acide linoléique conjugué, VA: acide vaccénique, AGS: acides gras saturés, AGMI: acides gras mono insaturés, AGPI: acides gras polyinsaturés ns: non significatif P<0.05= effet significatif, P<0.01 = effet hautement significatif, IA= indice d'athérogénicité

De même, le régime alimentaire à base d'herbe (H) a généré des quantités importantes ($P < 0,01$) de C18: 3n-3 dans, un taux de 0,48 et 0,37 % dans le groupe (H+C) et (H) comparativement au groupe (C+F) par un teneur de 0,30 %. Pour la somme totale des acides gras polyinsaturés (AGPI), les résultats ont montré un effet significatif ($P < 0,05$) du régime alimentaire, environ 4,5 g/100g pour le groupe C+F et une quantité de 3,85 et 3,71 % pour les groupes H+C et H. Aucun effet n'a été observé sur la somme des acides gras saturés (AGS) et les acides gras mono insaturés (AGMI). Ainsi et pour les AGPI n-3, nous avons remarqué un effet significatif avec des quantités importantes (0,73 %) dans le régime H+C comparativement aux deux autres groupes C+F et H.

Cependant, régime alimentaire (H+C) a engendré des rapports n6/n3 plus bas dans le groupe H+C (3,56) comparativement aux 6,03 et 4,14 pour les groupes C+F et H respectivement. Les résultats ne révèlent aucun effet sur l'indice d'athérogénicité, soit un indice de 1,27 à 1,41 entre les groupes.

1.3. Saison d'hiver

1.3.1 Paramètres physicochimiques du lait de brebis

Tableau 23. Paramètres physicochimiques du lait des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g de lait) durant la saison d'hiver.

L'analyse des paramètres physicochimiques du lait est rapportée dans le tableau 23.

Paramètres	Régimes			signification
	C+P	L	C	
pH	6,59±0,16	6,84±0,18	6,52±0,26	$P < 0,05$
Densité	1,036±0,08	1,042±0,14	1,034±0,02	$P < 0,01$
Point de congélation	-0,520±0,36	-0,570±0,24	-0,545±0,40	$P < 0,01$
Acidité	23,50±0,67	22,00±0,53	24,67±1,04	$P < 0,01$

Chaque valeur est la moyenne de 20 échantillons ($n = 20$) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, $P < 0,05$ = Effet significatif, $P < 0,01$ = Effet hautement significatif, L : luzerne, C : concentré, C+P : aliment concentré+ paille.

Pour cette saison, nous avons remarqué que le régime alimentaire consommé a influé sur tous les paramètres physicochimiques étudiés. Le pH été plus stable dans le groupe L (6,84) comparativement au groupe C+P et groupe C (6,59 et 6,52 respectivement).

Le régime alimentaire affecte significativement ($P < 0,01$) la densité, le point de congélation et l'acidité Dornic par des valeurs enregistrées de 1,042 et -0,570 et 22 dans le groupe L contre 1,036 et -0,520 et 23,5 pour le groupe C+P et 1,034 et -0,545 et 24,67 pour le dernier groupe C.

1.3.2. Composition biochimique du lait de brebis

La composition biochimique des différents échantillons du lait de brebis dans la saison d'hiver sont présentés dans le tableau 24 en %.

Tableau 24. Composition biochimique du lait des brebis en fonction du système alimentaire (% de lait) durant la saison d'hiver.

Paramètres	Régimes			signification
	C+P	L	C	
Extrait sec total	16,51±1,35	18,84±1,62	16,12±1,72	P<0,01
Extrait sec dégraissé	11,49±0,18	11,93±0,26	11,95±0,31	Ns
Taux butyreux	5,02±0,62	6,91±0,95	4,17±0,53	P<0,01
Les protéines	4,97±1,24	5,06±1,22	4,89±1,16	Ns
Le lactose	4,43±0,44	4,59±0,29	4,37±0,47	Ns
Les minéraux	0,76±0,07	0,81±0,12	0,79±0,06	Ns

Chaque valeur est la moyenne de 20 échantillons ($n = 20$) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, $P < 0,05$ = Effet significatif, $P < 0,01$ = Effet hautement significatif, L : luzerne, C : concentré, C+P : aliment concentré+ paille.

Dans cette partie, des différences significatives ont été constatées sur l'extrait sec total et le taux butyreux tandis que le régime alimentaire des brebis n'a exercé aucun effet sur les autres composants du lait : extrait sec dégraissé, les protéines, le lactose et les minéraux.

L'Extrait sec total obtenu est inférieur dans le régime alimentaire des brebis ayant fait le pâturage de la luzerne par un taux de 18,84 g/100g comparativement aux groupes C+P et C des brebis alimentés par le concentré (16,51 et 16,12 g/100g dans le groupe C+P et C respectivement).

Les taux butyreux sont variables, la luzerne dans ce cadre, a augmenté significativement ($P < 0,01$) dans le lait jusqu'à un taux d'environ 7 g/100g contre des quantités qui varient de 5,02 g/100g pour le groupe C+P et 4,17 g/100g pour groupe C. Par contre, le taux des protéines dans le lait semble être stable entre les différents groupes, une quantité (5,06g/100g) plus élevée a été enregistrée dans le groupe L.

De même, le régime alimentaire n'a présenté aucun effet (Ns) sur le lactose et les minéraux par des teneurs qui varient de 4,59 vs 4,37 g/100g pour le lactose et de 0,81 vs 0,76 g/100g pour les minéraux.

1.3.3. Le profil des acides gras du lait de brebis

Le profil moyen en acides gras des échantillons du lait des différents régimes alimentaires est illustré dans le tableau 25.

Aucune différence significative n'a été révélée pour les deux acides gras saturé, l'acide palmitique C16 :0 et l'acide stéarique C18 :0 entre les 3 groupes des brebis. Par contre, le régime alimentaire a influé significativement sur la quantité C16 :1.

L'acide trans vaccénique C 18 : 1t11 est beaucoup plus présent dans le lait de groupe L, il est relativement supérieur à ceux des deux groupes C+P et C ($P < 0,01$). L'influence du régime alimentaire à base de la luzerne se manifeste également sur l'augmentation de l'acide linoléique C18 :3n-3 (environ 1g/100g) comparativement aux autres régimes de concentré (0,50 et 0,36 g/100g dans le groupe C+P et C respectivement).

L'expression de l'acide rumérique CLA c9 t11 en g/100g identifiées sont majoritaires dans le lait produit par les brebis alimentées par le pâturage de la luzerne comparativement aux laits produits en utilisant le concentré dans le groupe C+P et C (0,59 g/100g vs 0,55 et 0,49 g/100g respectivement).

Tableau 25. Composition en acides gras du lait de brebis en fonction du système alimentaire, saison d'hiver (pourcentage d'acide gras identifié)

Acide gras (g/100 g AG)	Régimes			Signification
	C+P	L	C	
LT (g/100 g)	5,02±0,62	6,91±0,95	4,17±0,53	P<0,01
C 14 : 0	9,70±0,41	10,28±0,45	8,92±0,37	Ns
C 16 : 0	29,79±1,62	26,02±1,75	28,30±1,66	Ns
C 16 : 1	1,63±0,06	1,08±0,08	1,39±0,06	P<0,05
C 16 :1 n-9	0,23±0,02	0,38±0,02	0,41±0,03	P<0,05
C 18 : 0	11,24±0,88	12,17±0,79	12,20±0,92	Ns
C 18 : 1 cis 9	23,34±1,02	19,86±1,35	21,95±1,83	P<0,05
C 18 : 1t11 VA	0,71±0,14	2,06±0,14	1,89±0,12	P<0, 01
C18 :3n-3ALA	0,50±0,06	0,93±0,07	0,36±0,06	P<0,01
CLA c9 t11	0,55±0,11	0,59±0,10	0,40±0,10	P<0,05
C 20 : 0	0,20±0,01	0,17±0,01	0,17±0,02	Ns
C 20 :3 n-6	0,13±0,02	0,15±0,04	0,10±0,02	Ns
C 20 :5 n-3	0,09±0,02	0,10±0,03	0,03±0,01	P<0,05
C 22 :5 n-3	0,14±0,04	0,12±0,02	0,07±0,01	P<0,05
C 22 :6 n3	0,07±0,02	0,05±0,01	0,06±0,01	Ns
AGS	67,67±2,19	69,69±1,97	69,38±1,86	Ns
AGMI	27,80±1,61	24,77±1,52	27,10±1,48	Ns
AGPI	4,53±0,18	5,55±0,11	3,52±0,12	P<0,05
n-6	0,84±0,08	1,23±0,13	0,53±0,07	P<0,05
n-3	2,94±0,06	3,58±0,09	2,46±0,08	P<0,05
n6/n3	3,50±0,12	2,91±0,11	4,63±0,16	P<0,05
IA	1,28±0,28	1,42±0,16	1,28±0,21	ns

Chaque valeur est la moyenne de 5 échantillons (n = 5) suivie de l'écart-type. L: luzerne, C: concentré, C+P: aliment concentré+ paille, CLA: acide linoléique conjugué, VA: acide vaccénique, AGS: acides gras saturés, AGMI: acides gras mono insaturés, AGPI: acides gras polyinsaturés ns: non significatif P<0.05= effet significatif, P<0.01 = effet hautement significatif, IA= indice d'athérogénicité

Les AGPI à longue chaînes C 20:3 n-6, C 20:5 n-3, C 22:5 n-3 et C 22:6 n3 sont faiblement représentées dans le lait des brebis de 3 groupes, quoique des différences significatives sont observées entre les laits pour le EPA (C 20:5 n-3), qui apparaît relativement prédominant dans le groupe L et C+P ($P < 0,05$) comparativement au groupe C. Une même tendance pour le DPA (C 22:5 n-3) qui est représenté par des teneurs plus élevées dans les deux groupes L et C+P ($P < 0,05$) comparativement aux groupe C.

Les proportions totales des acides gras saturés (AGS) et mono insaturés (AGMI) sont plus ou moins variables. Cependant, des différences significatifs ($P < 0,05$) ont été obtenus pour les AGPI, où le lait des brebis du groupe L apparaît en contenir plus que ceux du groupe C+P et C (5,55 g/100g contre 4,53 et 3,52 g/100g). Le même effet des AGPI a été observé pour la somme des AGPI n-3 (n3) qui apparaît par des quantités plus importantes dans le groupe L comparativement au groupe C+P et C. Cette variation des omégas 3 a engendré à une variation remarquable du rapport n6/n3, ce dernier a diminué jusqu'à 2,91 dans le groupe L et il atteindra 4,63 dans le groupe C. L'Indice d'athérogénicité présente des valeurs faibles et reste stable entre les groupes des brebis.

2. Discussion

2.1. Paramètres physicochimiques du lait de brebis

Le système d'alimentation a fortement affecté la composition du lait de brebis dans des conditions de pâturage à temps plein et avec un supplément, le lait produit avec une densité et un point de congélation plus proches de ceux trouvés par **Martini et al., (2008a)** (1040 g / ml) et **Park et al., 2007** (-570 C °), Ces deux paramètres dépendent essentiellement des composants du lait. D'un autre côté, le pH du lait reste stable et se situe dans la fourchette des valeurs trouvées par **Yabrir et al., (2013)** ; **Abdallah et al., (2011)**.

Nos résultats ont montrés des variations sur les paramètres physicochimiques du lait de brebis, ce qui est en désaccord avec les résultats trouvés par **Thomson et al., (1982)** avec le changement de la saison. L'acidité d'un lait de brebis se situe entre 18 et 22°D (**Croguennec et al., 2008**), Ces résultats sont plus bas que ceux obtenus dans notre travail.

2.2. Composition biochimique du lait de brebis

Ces résultats montrent également que l'élevage des brebis en stabulation peut augmenter significativement le total de l'extrait sec total (EST). L'augmentation observée des lipides peut être attribuée à plusieurs facteurs de variation tels que la conduite d'élevage et d'alimentation. Ce dernier variant selon les plantes. Par exemple, *Trifolium repens*, *Phleumpratense*, *Taraxacum officinale* (Coppa et al., 2015). Ces teneurs en lait ont été observées dans les fourchettes rapportées par Mierlita et al., (2011a) ; Hilali et al., (2011) avec des teneurs en matières grasses de 4,7 et 5,9% dans le lait.

Le système alimentaire a une influence significative sur la teneur en matière grasse du lait, qui s'explique par la proportion élevée de lipides dans le régime jusqu'à 5% (Richesse du régime H+C et C dans les lipides) et lorsque le temps de pâturage diminue ne consomment pas moins d'énergie et mobilisent ces nutriments ce qui est en accord avec Chilbroste et al., (2001). Ces valeurs sont sensiblement similaires à celles obtenues par Ochea-cordero et al., (2002), Abdallah et al., (2011).

La mise à l'herbe en fin d'hiver et printemps a conduit à une augmentation du taux butyreux (Coulon et al., 1986). La présence et l'utilisation de l'herbe jeune durant l'hiver a conduit à une légère diminution du taux butyreux, ce résultat est similaire de celui de Murphy, (1985).

L'utilisation d'une forte proportion de concentrés dans les régimes (> 60% de matière sèche) peut soutenir à la fois les teneurs en premiers mois de lactation (Eyal et Folman, 1978). Le lactose est le sucre spécifique du lait et est l'un des constituants importants de sa matière sèche. Selon les valeurs rapportées par la bibliographie, cet hydrate de carbone ne subit que de faibles variations. Ces teneurs en lactose sont relativement proches de celles relevées par Sahan et al., (2005) et Anifantakis et al., (1986). Le lactose est l'élément le plus stable entre les saisons. Nos résultats sont en accord avec ceux de Heck et al., (2009) où la concentration est resté constante au cours des saisons.

Morsy, (2002) a signalé que brebis agnelées en hiver avaient les valeurs les plus élevées de pourcentage de matières grasses, protéines et énergie par rapport aux brebis agnelage en saison estivale.

La teneur en matière grasse du lait et la composition peuvent également être fortement affecté par le bilan énergétique (EB) des brebis, surtout en début de lactation. Lorsque l'EB est négatif, la concentration de graisse du lait et sa concentration en chaîne préformée augmente en raison de l'absorption de AG non estérifiée provenant de la mobilisation de graisse corporelle de la glande mammaire (**Bocquier et Caja, 2001; Cannas et Avondo, 2002; Pulina et al., 2006**).

2.3. Le profil en acides gras du lait de brebis

Il a été démontré à travers nos résultats que le système alimentaire a eu un effet global sur les acides gras dans le lait de brebis, ce qui est cohérent avec les résultats de **Coppa et al., (2013); Couvreur et al., (2006)**. Dans le même temps, certains chercheurs ont montré que le régime alimentaire n'affecte pas la proportion de certains acides gras tels que C14: 0 et C16: 0, ils ont montré que l'inclusion de AGS alimentaire dans le régime alimentaire des ruminants réduit généralement le néo synthèse de ces acides gras en raison de l'effet inhibiteur de grandes quantités de AG à longue chaîne en circulation sur l'expression des gènes impliqués dans l'AF (**Shingfield et al., 2013**).

Une augmentation de la proportion de C18: 1cis dans l'alimentation à base d'herbe résulte de la mobilisation des réserves corporelles par rapport à la disponibilité de l'énergie (**Palmquist et al., 1993**). **Chilliard et al., (2000) ; Hurtaud et al., (2008)** ont rapporté que C18: 1 cis9 est plus lié au bilan énergétique des vaches que la proportion d'herbe dans les régimes et est donc un bon indicateur de la mobilisation des animaux qui est compatible avec notre test .

Le pourcentage de concentré dans le régime alimentaire affecte également la composition du AG dans le lait, l'augmentation du concentré de 3% à 35% dans un régime basé sur le pâturage a favorisé l'augmentation des isomères trans C4: 0-C14: 0, C18: 1 (sauf VA) et LA, et une diminution de C18: 1 cis9, AV , AR et ALA (**Bargo et al., 2006**).

La proportion d'herbe dans la ration augmente ($P < 0,01$) C18: 3 n-3 dans le lait (0,44 contre 0,24 et 0,21% dans le groupe H+C et C respectivement), ces résultats correspondent à ceux trouvés par **Couvreur et al., (2006)** qui souligne l'importance de

l'herbe. Une alimentation avec 60% d'herbe totale en pâturage augmente les teneurs en CLA C18: 2 c9 t11. Cette teneur est très fortement liée à C18: 1 t11 (**Ferlay et al., 2008**). Dans notre étude une tendance similaire a été observée pour : CLA et l'acide vaccénique VA avec des proportions élevées (CLA : 0,43% et VA: 1,64%) dans le groupe H. **Hurtaud et al., (2009)** avec l'herbe en automne, ont déjà démontré cet effet spécifique de l'herbe verte (plus de 6% de C18: 1 t11).

Le pâturage vert est une excellente source d'oméga 3 et l'un des aliments les plus efficaces pour enrichir le lait avec sa composition en acides gras vers un spectre sain (**Nudda et al., 2003 ; Gómez-Cortés et al., 2009a**). La matière sèche d'herbe fraîche contient 1 à 3% d'acides gras, les valeurs les plus élevées au printemps et en automne et environ 50% à 75% de ces acides gras comme ALA (**Bauchart, 1993; Elgersma et al., 2006**).

Les effets marqués du broutage sur les niveaux ALA, VA avec des différentiels allant jusqu'à 50% sont liés à la teneur élevée en ALA dans les pâturages verts, partiellement biohydrogénés en VA dans le rumen puis sécrétés dans le lait et partiellement convertis en C18: 2 C9, t11 CLA dans le tissu mammaire par l'action de la stéaroyl-CoA désaturase (**Nudda et al., 2014**).

Les régimes à base d'ensilage de maïs et d'ensilage de luzerne ont entraîné une augmentation de la teneur en AG trans de la matière grasse **Kalscheur et al., (1997)**. L'augmentation du concentré alimentaire de 36% à 66% de la matière sèche dans un régime à base de foin d'herbe a entraîné une augmentation des concentrations de gras dans le lait de tous les isomères trans-C18: 1, AR et AL, et la diminution de C14: 0, C16: 0 et C18: 0 (**Loor et al., 2005b**).

La composition du lait a été améliorée en augmentant la disponibilité des pâturages (**Nudda et al., 2003**) ou en incluant des espèces fourragères spécifiques dans le pâturage (**Addis et al., 2005 ; Atti et al., 2006**) . En Italie, où la plupart des brebis laitières se nourrissent de pâturages, les concentrations de RA, VA et ALA dans les graisses laitières étaient plus élevées en fin d'hiver, au début du printemps où la disponibilité était la plus élevée et diminuait à mesure que la lactation diminuait (**Nudda et al., 2005**). La variation majeure de la composition en AG du lait a été obtenue par la quantité et le

type de fourrage, en particulier le pâturage, dans l'alimentation des brebis (**Nudda et al., 2014**). Les AGPI dans l'herbe sont principalement C18: 3n-3, localisées dans les cellules chloroplastiques. avec des galactolipides, et sont donc quelque peu protégés contre la lipolyse et la biohydrogénation subséquente par la paroi cellulaire végétale (**Dewhurst et al., 2006**). Cela permet une plus grande absorption de C18: 3n-3, conduisant à une augmentation des dérivés AGPI n-3 (C20: 5n-3, C22: 5n-3, C22: 6n-3), tels que les résultats observés dans l'étude de **Bernes et al., (2012)**. Lorsque les pâturages verts ne sont pas disponibles, la source de fourrage et la forme physique peuvent changer la teneur en AG dans les matières grasses laitières. En fait, **Reynolds et al., (2006)** ont signalé que la concentration de CLA t9, t11 était plus élevée et que l'ALA était plus faible dans le lait des brebis nourris à l'ensilage de maïs que dans celui nourris par la luzerne. Lorsque l'ensilage de maïs a été remplacé par l'ensilage de luzerne, il y a eu aussi un effet globalement positif sur le profil d'acide gras, avec une augmentation de la teneur en ALA et en c9, t11 CLA dans le lait.

En conséquence, les AGPI n-3 ont augmenté ($P < 0,05$) avec l'augmentation (gain de 55%) de la proportion de graminées dans le régime alimentaire, inversement aux groupes PC et C, cette variation étant attribuée aux effets du concentré teneur en graisse (PUFA n-3, \geq C18: 0) transférée à la glande mammaire (**Chilliard et al., 2007**). De plus, les lipides du concentré sont principalement des AGPI triglycérides C18, plus accessibles à la biohydrogénation ruminale que les lipides des fourrages (**Bernes et al., 2012**).

Nos résultats confirment ceux obtenus par **Schroeder et al., 2003** qui ont montré que les régimes alimentaires basés sur les pâturages augmentent les concentrations d'AGPI à longue chaîne et d'ALC dans les matières grasses laitières comparativement à une ration mixte, et ces effets étaient plus importants lorsque le pâturage était complété par un concentré où une partie du grain de maïs était remplacée par des sels de Ca d'acides gras. La plus forte proportion d'espèces dicotylédones dans les pâturages pourrait avoir induit une inhibition partielle de la microflore du rumen, favorisant ainsi une augmentation des concentrations de C18: 3n - 3 ainsi que des concentrations élevées. dans tous leurs produits intermédiaires de biohydrogénation (**Leiber et al., 2005**).

Pendant la production de foin, la flétrissure est associée à des diminutions des concentrations d'AG et d'ALA dans les graminées en raison de la perte oxydative ainsi qu'à la fonte des feuilles pendant la fenaison puisque les feuilles contiennent plus d'AG que les tiges (**Dewhurst et al., 2006**).

Le rapport n-6 / n-3 diminuait avec le pourcentage d'herbe totale dans l'alimentation, il était très élevé (jusqu'à 6,33) avec des rations avec peu d'herbe. Il a atteint des valeurs inférieures à 5 ce qui confirme les résultats trouvés par **Joy et al., (2014)** dès que l'alimentation contenait au moins 20% de l'herbe totale, elle est directement liée à l'alimentation selon **Hurtaud et al., (2008)**. Bien que l'augmentation des AGMI dans le lait trouvée dans cette étude soit souhaitable du point de vue de la nutrition humaine (**Gillingham et al., 2011**), l'indice d'athérogénicité a diminué de façon marquée avec 50%. Cet indice est inférieur à celui trouvé par **Vargas-Bello-Pérez et al., (2013)**. D'un autre côté, **Chiofalo et al., (2004)** ont rapporté des indices d'athérogénicité inchangés lorsque les brebis étaient nourries avec des feuilles d'olivier. L'indice d'athérogénicité a été défini pour la première fois par **Ulbricht et Southgate, (1991)** pour mettre en relief l'effet négatif des acides gras saturés en C12, C14 et C16. Malgré son importance mise en cause, il semble être pertinent pour le consommateur en matière des acides gras saturés (**Castro et al., 2009**).

Deuxième étude. Effets du régime alimentaire et la saison sur la composition en acides gras et la stabilité pendant la conservation du beurre de brebis

L'objectif de cette partie est de montrer les effets des différents régimes à base de pâturage d'herbe des plusieurs systèmes alimentaires correspondant à différentes régions, de concentré et de la luzerne sur la composition et la qualité des lipides et l'aptitude à la conservation des beurres traditionnelles produit à partir du lait de brebis. Les paramètres concernés par cette étude sont : la matière sèche, la teneur en eau, le taux de la matière grasse, le profil des acides gras, les indices de qualité (indice d'acide, indice de saponification), les indices pour évaluation la stabilité du beurre pendant le stockage (indice de peroxyde, taux de malondialdéhyde MDA).

1. Résultats

1.1 Saison du printemps

1.1.1 Paramètres physicochimiques du beurre

Les résultats des analyses de la matière sèche, teneur en eau et matière grasse sont présentés dans le tableau 26.

Tableau 26. Paramètres physicochimiques du beurre des brebis en fonction du système alimentaire durant la saison du printemps.

Paramètres mesurés	Régimes			signification
	H	H+C	C	
Matière sèche (g/100g de beurre)	76,83±3,07	82,09±2,45	85,25±2,67	P<0,05
Teneur en eau (g/100g de beurre)	23,17±1,52	17,91±1,44	16,75±1,82	P<0,05
Matière grasse (g/100g de beurre)	70,41±1,98	74,11±2,12	78,38±2,35	P<0,05

Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n = 3) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, P<0,05= Effet significatif. H : pâturage à temps plein, HC : pâturage + concentré, C : aliment concentré.

L'examen de la variance a fait ressortir un effet significatif du système alimentaire sur le taux de la matière sèche (MS) et la teneur en eau des beurres issus de différents systèmes alimentaires. Une teneur de MS plus élevée de plus de 85g/100g pour le groupe C contre 82 et 76 pour le groupe H+C et H respectivement. Contrairement à la MS, la teneur en eau a été plus élevée dans le groupe H que dans les groupes H+C et C (23,17 g/100g vs 17,91 et 16,75 g/100g respectivement).

La quantité de la matière grasse est significativement plus élevée dans le beurre du groupe 3 jusqu'à plus de 58 g/100g, comparativement à 74,11 et 70,41 g/100g contenues dans le groupe H+C et H respectivement.

1.1.2 Les indices de la qualité du beurre

Les taux des indices de qualité du beurre produit à partir de différent système alimentaire lors la saison de printemps sont présentés dans le tableau 27.

Tableau 27. Indices de la qualité du beurre des brebis en fonction du système alimentaire (mg Eq g beurre) durant la saison du printemps.

indice mg Eq g beurre	Régimes			signification
	H	H+C	C	
Indice d'acide	21,63±0,07	23,74±0,05	30,89±0,07	P<0,05
Indice de saponification	162,57±1,91	141,33±1,75	139,08±1,68	P<0,01

Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n = 3) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, P<0,05= Effet significatif. H : pâturage à temps plein, HC : pâturage + concentré, C : aliment concentré.

Le régime alimentaire a impacté significativement (P<0,05) sur l'indice d'acidité du beurre. Nous avons enregistré à cet effet une teneur en cet indice plus élevée (30,89 mg) dans le groupe C que dans le groupe H+C (23,74 mg) et le groupe H (21,63 mg). De même, les valeurs enregistrées pour l'indice de saponification sont

significativement différentes par un indice plus élevé dans le groupe H contre le groupe H+C et C (162,57mg Eq g beurre vs 141,33 et 139,08 mg Eq g beurre).

1.1.3 Les indices de la stabilité du beurre

Les résultats d'évaluations de la stabilité du beurre durant sa conservation pendant 15 jours après la production sont illustrés dans les figures 16 et 17.

a. Indice de peroxyde

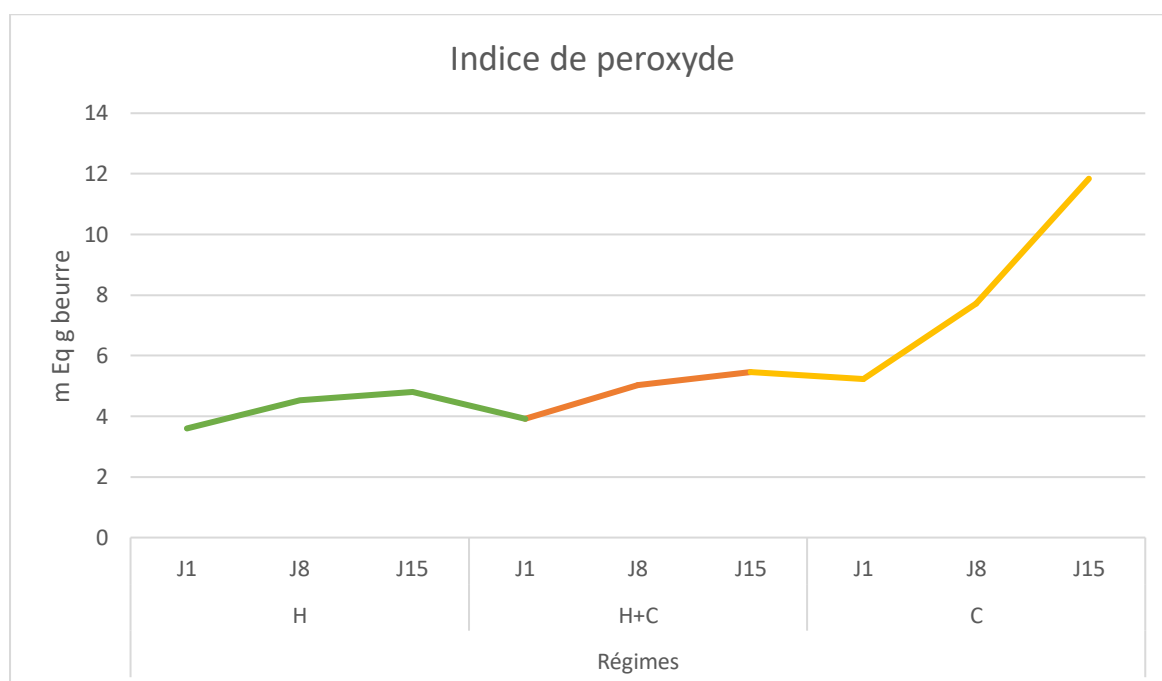


Figure 16. Evolution de l'indice de peroxyde du beurre selon le système alimentaire

L'analyse de variance a montré que le système d'alimentation et la durée de conservation exercent un effet hautement significatif ($P < 0.01$) sur l'évolution de l'indice de peroxyde du beurre des 3 groupes. Nous avons constaté une augmentation de l'indice de peroxyde durant la durée conservation du jour 1 au jour 15 pour tous les échantillons mais avec une faible quantité dans le premier jour pour le groupe H (3,6 mg Eq g beurre) contre 4,53 et 4,81 mg Eq g beurre après 8 jours et 15 jours respectivement.

b. Degré de peroxydation lipidique du beurre (MDA)

Le degré de la peroxydation (figure 17) des lipides du beurre, est estimé par la quantité du malondialdéhyde (MDA) /Kg de Beurre.

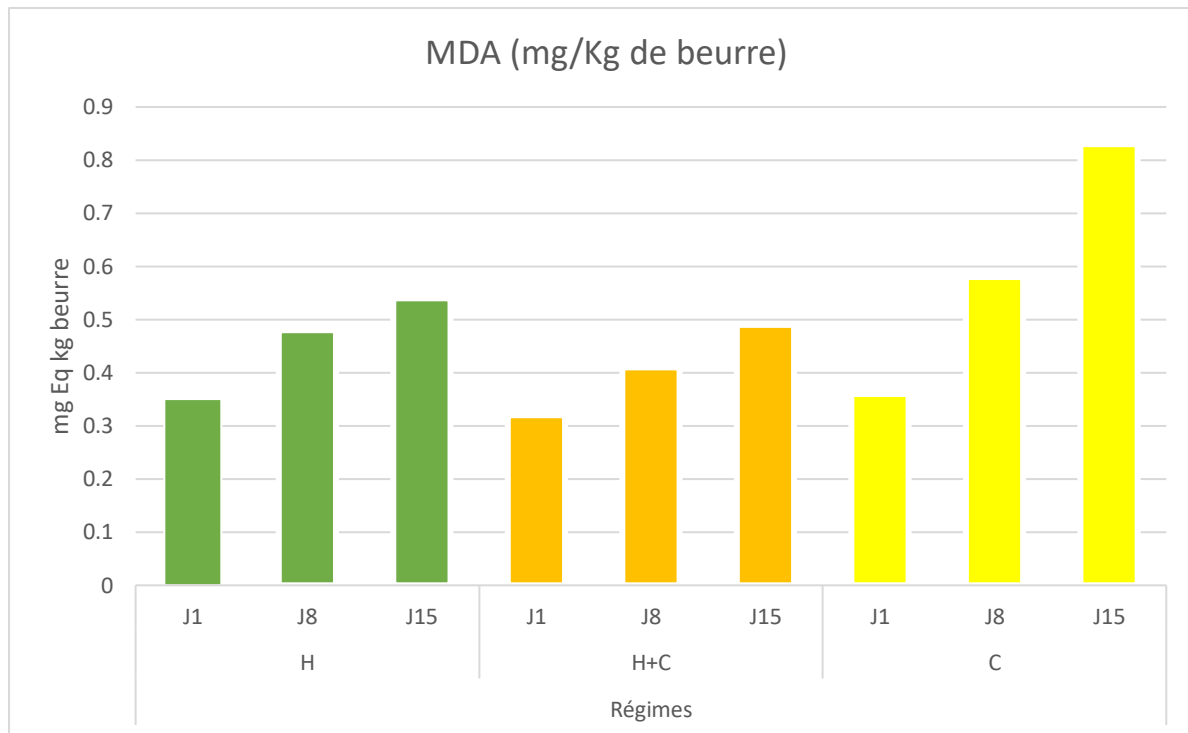


Figure 17. Evolution de taux du MDA du beurre selon le système alimentaire pendant la saison du printemps

L'analyse de variance des teneurs en malondialdéhyde (MDA) a montré que le système alimentaire a un effet hautement significatif ($P < 0,01$) sur le taux de MDA produit dans le beurre. Nous avons constaté aussi une augmentation significative de ce paramètre pendant la durée de conservation du jour 1 au jour 15 dans tous les groupes. Au premier jour de conservation la proportion du MDA a été plus ou moins stable entre les groupes. Cependant après 8 jours de conservation ce paramètre a augmenté significativement dans tous les échantillons même si on dénote une faible augmentation dans le groupe H+C (0,41 mg Eq g beurre).

Au 15^{ème} jour de conservation, nous avons enregistré un taux plus élevé du MDA dans le beurre pour le groupe C avec une valeur de 0,83 mg Eq g beurre soit une augmentation de 100 %.

1.1.4 Composition en acides gras du beurre

Les teneurs (en g/100g AG) des acides gras (AG) du beurre des différents systèmes alimentaires sont représentées dans le tableau 28 en g/100g AG. Une variation importante entre les acides gras dans le beurre a été observée.

Tableau 28. Composition en acides gras du beurre de brebis en fonction du système alimentaire en printemps (en g/100g AG)

Acide gras (g/100 g AG)	Régimes			Signification
	H	C	H+C	
Lipides totaux g/100g	70,41±1,98	74,11±2,12	78,38±2,35	P<0,05
C 14 : 0	9,48±0,71	9,84±0,70	11,02±0,75	Ns
C 16 : 0	31,56±0,92	31,56±0,90	31,82±0,92	Ns
C 16 : 1	1,18±0,08	1,50±0,06	1,92±0,04	P<0,05
C 18 :1 n-9 t	0,36±0,02	0,43±0,02	0,43±0,02	Ns
C 18 : 0	11,06±0,53	11,10±0,55	9,82±0,61	Ns
C 18 : 1 cis 9	22,17±1,04	22,01±1,03	21,91±1,04	Ns
C 18 : 1t11	0,59±0,14	0,57±0,10	1,56±0,12	P<0, 01
C18 :3n-3ALA	0,81±0,10	0,38±0,08	0,60±0,06	P<0,01
CLA c9 t11	0,61±0,02	0,39±0,02	0,44±0,04	P<0,05
C 20 : 0	0,10±0,01	0,10±0,01	0,16±0,02	P<0,05
C 20 :3 n-6	0,10±0,02	0,12±0,03	0,07±0,02	P<0,05
C 20 :5 n-3	0,06±0,01	0,04±0,01	0,02±0,01	P<0,05
C 22 :5 n-3	0,10±0,02	0,06±0,02	0,07±0,02	P<0,05
C 22 :6 n3	0,04±0,01	0,04±0,01	0,06±0,01	Ns
AGS	68,49±1,76	69,54±1,73	68,09±1,74	Ns
AGMI	25,97±0,95	26,34±1,04	27,67±0,98	Ns
AGPI	5,54±0,12	4,12±0,12	4,24±0,10	P<0,05
n-6	3,89±0,09	2,94±0,08	2,80±0,08	P<0,05
n-3	1,02±0,07	0,55±0,07	0,76±0,06	P<0,05
n6/n3	3,80±0,14	5,38±0,16	3,67±0,14	P<0,05
IA	2,79±0,22	2,81±0,21	2,85±0,22	Ns

Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n = 3) suivie de l'écart-type. H: pâturage à plein temps, H+C: pâturage + concentré, C: aliment concentré, CLA: acide linoléique conjugué, VA: acide vaccénique, AGS: acides gras saturés, AGMI: acides gras mono insaturés, AGPI: acides gras polyinsaturés ns: non significatif P<0.05= effet significatif, P<0.01 = effet hautement significatif, IA= indice d'athérogénicité.

L'acide palmitique et l'acide stéarique exprimés ont été stables dans les échantillons du beurre des 3 groupes, ces deux acides gras n'ont pas montré de différences significatives, alors que le régime alimentaire a influé significativement sur la quantité du C16 :1 dans le beurre par des teneurs de 1,92 et 1,50 et 1,18 dans les groupes H+C et C et H respectivement.

Le C18 :3n-3ALA affiche une valeur supérieure dans le groupe H par rapport au groupe H+C et C (0,81 vs 0,60 et 0,38 g/100g). Le C 18 : 1t11 VA a été plus élevé dans le groupe H+C (1,65g/100g) comparativement au groupe H et C où nous avons enregistré des valeurs plus proches 0,57 et 0,59 g/100g.

Les CLA sont majoritaires dans le groupe (H) du beurre produit par le lait des brebis nourris par l'herbe, soit une quantité de 0,61 g/100g contre 0,44 et 0,39 g/100g dans le groupe H+C et C respectivement. De même et dans le groupe H le taux du C 20 :5 n-3 et C 22 :5 n-3 sont plus élevés par des teneurs de 0,06 et 0,10 g/100g comparativement au groupe C (0,04 et 0,06 g/100g) et le groupe H+C (0,02 et 0,07 g/100g).

Les AGS et AGMI des différentes beurres n'ont pas présenté des différences entre les valeurs enregistrées, en revanche les AGPI ont montré un effet significatif du régime alimentaire qui a augmenté ces acides gras dans le groupe H jusqu'à 5,54 g/100g. Le contenu en AGPI n-3 et n-6 ont été plus élevés dans le groupe H. Ces modifications apportées ont eu pour effet de diminuer le rapport n-6/n-3 dans le même groupe (3,80) et dans le groupe H+C (3,67) contre 5,38 dans le groupe C.

1.2 Saison Automne

1.2.1 Paramètres physicochimiques du beurre

Les résultats des paramètres physicochimiques du beurre issus à partir du lait de brebis selon le système alimentaire sont présentés dans le tableau 29. L'analyse de la variance globale a montré des différences significatives ($P < 0,05$), la matière sèche dans le groupe H+C avait la moyenne la plus importante (81,49 g/100g) contre le groupe H et C+F (75,17 et 79,22 g/100g).

Tableau 29. Paramètres physicochimiques du beurre des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g du beurre) durant la saison d'automne.

Paramètres	Régimes			signification
	C+F	H	H+C	
Matière sèche	79,22±3,07	75,17±2,45	81,49±2,67	P<0,05
Teneur en eau	20,78±1,48	24,83±1,54	18,51±1,71	P<0,05
Matière grasse	71,62±1,17	69,18±2,09	75,08±1,84	P<0,05

Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n = 3) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, P<0,05= Effet significatif, P<0,01= Effet hautement significatif, H : pâturage à temps plein, H+C : pâturage + concentré, C +F: aliment concentré+ foin.

Par contre, le beurre du groupe H a présenté la teneur en eau la plus élevée comparativement aux deux autres groupes H+C et C+F (24,83vs 18,51 et 20,78 g/100g). La matière grasse observée laisse apparaître un taux plus dominant dans le groupe H+C avec une moyenne de 75,08 g/100g, alors que les deux groupes H et C+F ont présentés des valeurs comparables.

1.2.2 Les indices de la qualité du beurre

L'examen des résultats consignés dans le tableau 30 laissent constater un effet significatif du régime alimentaire sur l'indice de saponification du beurre, sa teneur varie de 184,02 mg Eq g beurre pour le groupe H a environ 148 et 149 pour les groupes H+C et C+F respectivement. Contrairement, le régime alimentaire n'a pas exercé un effet sur l'indice d'acide du beurre avec des moyennes similaires (22,67 et 21,59 et 23,66 mg Eq g beurre dans les groupes C+F, H et H+C.

Tableau 30. Indices de la qualité du beurre des brebis en fonction du système alimentaire pendant la saison d'automne.

indice (mg Eq g beurre)	Régimes			signification
	C+F	H	H+C	
Indice d'acide	22,67±0,04	21,59±0,05	23,66±0,04	Ns
Indice de saponification	149,18±1,42	184,02±1,45	148,23±1,53	P<0,05

Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n = 3) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, P<0,05= Effet significatif, P<0,01= Effet hautement significatif, H : pâturage à temps plein, H+C : pâturage + concentré, C +F : aliment concentré+ foin.

1.2.3 Les indices de la stabilité du beurre

Les moyennes des résultats des indices pour le suivi de la stabilité du beurre pendant sa conservation sont présentées dans les figures 18 et 19.

a. Indice de peroxyde

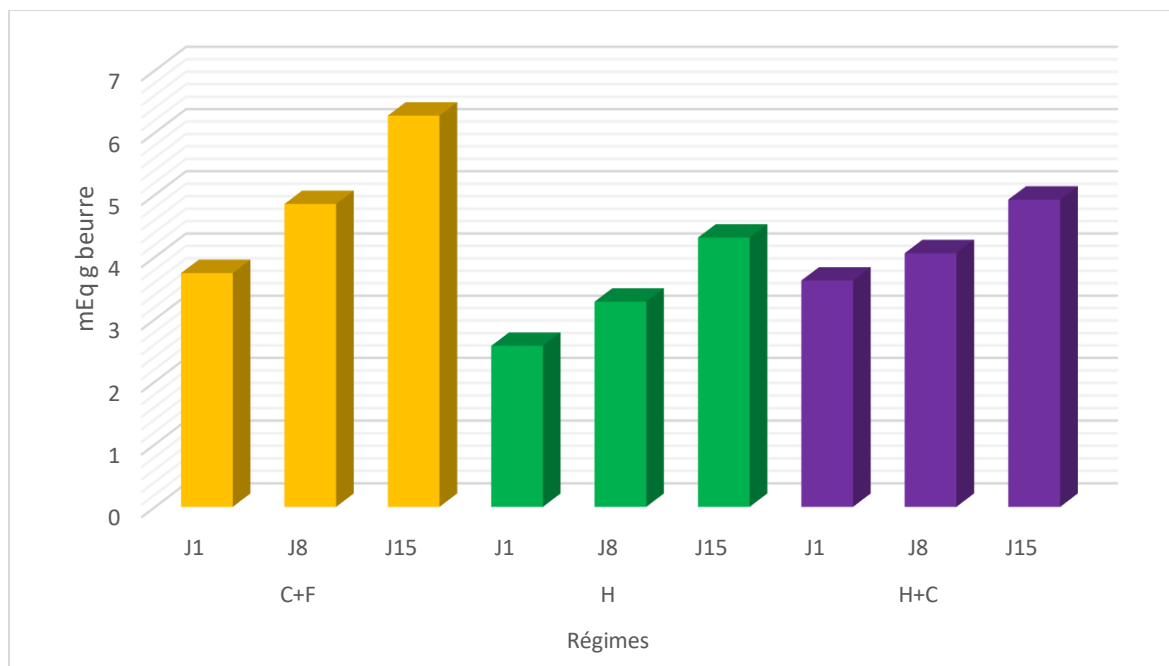


Figure 18. Indice de peroxyde du beurre selon le système alimentaire pendant la saison d'automne

Les valeurs de l'indice de peroxyde dans le beurre entre les différents groupes ont évolué significativement durant les 15 jours. Nous avons remarqué un taux plus supérieur dans le groupe C+F qui est de 3,74 mg Eq /g beurre dans le J1 et qui atteindra 6,27 mg Eq /g beurre après 15 jours de conservation. Ainsi, pour le groupe H et H+C, l'indice de peroxyde a augmenté durant la durée de conservation mais avec des faibles quantités par rapport au groupe C+F avec des valeurs de 2,57 à 4,31 mg Eq /g beurre dans le groupe H et 3,62 à 4,92 mEq /g beurre dans le groupe H+C.

b. Degré de peroxydation lipidique du beurre (indice TBARS)

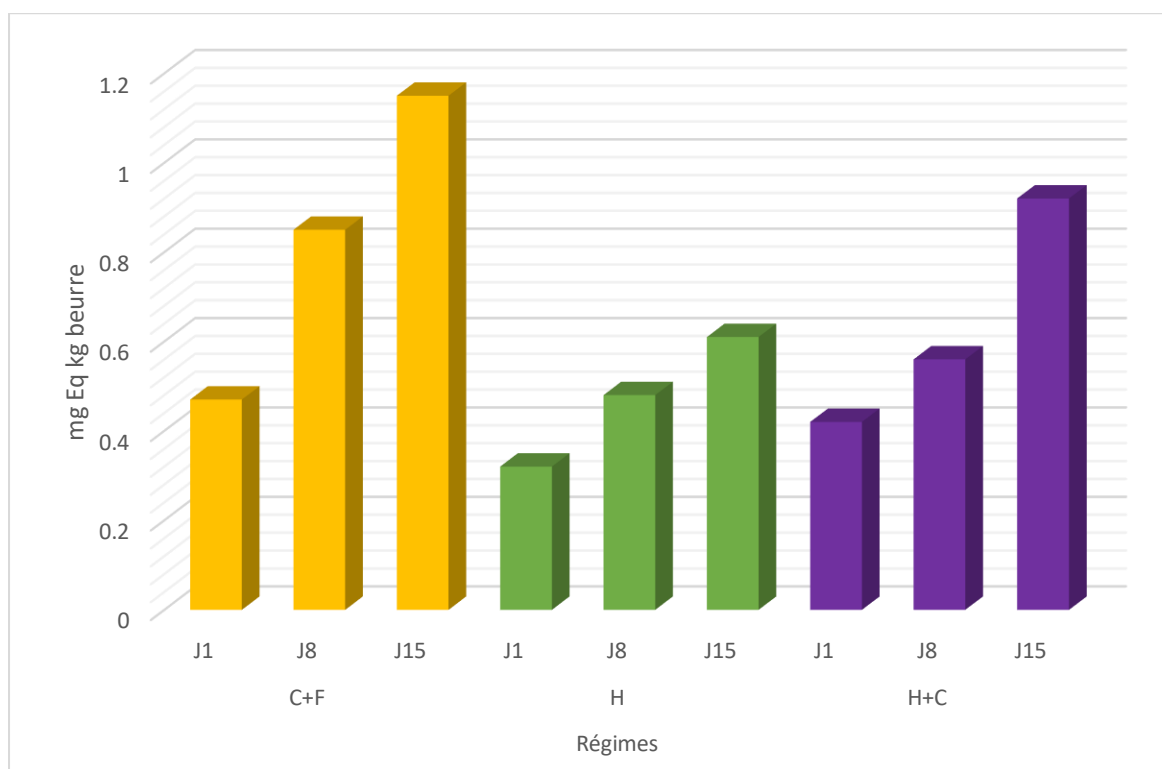


Figure 19. Evolution de taux du MDA du beurre selon le système alimentaire pendant la saison d'automne

Pour cette saison nous avons observé un effet significatif du régime alimentaire sur la variation du taux du MDA dans le beurre. Ce paramètre avait des faibles quantités et une légère augmentation dans le groupe H avec une teneur de 0,32 mg Eq kg beurre dans le premier jour (J1) et 0,41 et 0,49 mg Eq kg beurre dans le J8 et J15 respectivement.

Pour les deux groupes H+C et C+F, une augmentation importante durant les 15 jours de conservation (plus que le double) a été remarqué pour le taux du MDA dans le beurre issu de différents régimes alimentaires.

1.2.4 Composition en acides gras du beurre

Les résultats des proportions des acides gras dans le beurre issu de plusieurs régimes alimentaires sont illustrés dans le tableau 31.

Les lipides totaux des beurres ont montré un effet significatif des régimes alimentaires avec une quantité plus dominante dans le groupe H+C (75,08 g/100g). L'acide palmitique (C 16 : 0) et l'acide stéarique (C 18 : 0), exprimés en g/100g, avaient des proportions comparables dans les échantillons du beurre dans les 3 groupes, ces deux acides gras n'ont pas montré de différences significatives. Nous avons également observé que le régime alimentaire a un effet significatif sur la quantité du C 18 :1 n-9 t dans le beurre exprimée par des teneurs de 0,55 et 0,31 et 0,52 g/100g respectivement dans les groupes C+F et H et H+C respectivement.

Les acide vaccénique (C 18 : 1t11 VA) et rémuniqué (CLA C 18 : 2 c9 t11) sont majoritaires dans le groupe H+C comparativement aux groupe C+F et H, d'où l'on remarque un effet significatif du régime alimentaire ($P < 0,05$) avec des teneurs de 1,13 et 0,47 g/100g dans le groupe H+C contre (0,75 et 0,34 g/100g) et (0,84 et 0,46 g/100g) dans le groupe H et C+F respectivement.

Pour ce qui concerne le C18 :3n-3ALA, il est significativement inférieur ($P < 0,01$) dans le groupe H comparativement aux groupes C+F et H+C, 0,96 vs 0,84 et 0,52 g/100g AG. Par contre le régime alimentaire n'a présenté aucun effet significatif sur les quantités des C 22 :5 n-3 et C 22 :6 n3.

Par ailleurs, les proportions d'AGS, AGMI et AGPI sont peu variables dans cette saison avec des quantités qui sont plus ou moins similaires entre les 3 groupes. Tandis que le contenu en AGPI n-3 a été plus élevé dans le groupe H avec une moyenne de 1,14 g/100g ce qui a permis d'obtenir un rapport n6/n3 de 2,6.

Tableau 31. Composition en acides gras du beurre de brebis en fonction du système alimentaire pendant la saison d'automne (g/100 g AG)

Acide gras (g/100 g AG)	Régimes			Signification
	C+F	H	H+C	
Lipides totaux	71,62±1,17	69,18±2,09	75,08±1,84	P<0,05
C 14 : 0	11,29±0,85	9,45±0,89	10,90±0,86	Ns
C 16 : 0	31,47±0,97	32,02±0,95	30,83±1,04	Ns
C 16 : 1	1,62±0,08	1,58±0,09	1,69±0,08	Ns
C 18 : 1 n-9 t	0,55±0,06	0,31±0,02	0,52±0,04	P<0,05
C 18 : 0	11,29±1,52	10,72±1,54	10,84±1,52	Ns
C 18 : 1 cis 9	18,93±0,73	21,87±0,81	21,12±0,80	Ns
C 18 : 1 t11	0,85±0,06	0,75±0,05	1,13±0,08	P<0,05
C18 : 3n-3ALA	0,52±0,02	0,96±0,02	0,84±0,02	P<0,01
CLA c9 t11	0,46±0,01	0,34±0,02	0,47±0,02	P<0,05
C 20 : 0	0,14±0,01	0,19±0,01	0,19±0,02	Ns
C 20 : 3 n-6	0,10±0,03	0,11±0,03	0,12±0,03	Ns
C 20 : 5 n-3	0,04±0,01	0,02±0,01	0,09±0,02	P<0,05
C 22 : 5 n-3	0,08±0,02	0,07±0,02	0,10±0,02	Ns
C 22 : 6 n3	0,07±0,02	0,05±0,01	0,06±0,02	Ns
AGS	68,47±2,43	71,77±2,66	68,80±2,52	Ns
AGMI	23,73±1,18	26,67±1,31	26,96±1,34	Ns
AGPI	4,86±0,14	4,24±0,12	4,50±0,14	Ns
n-6	2,79±0,04	2,97±0,04	3,22±0,04	P<0,05
n-3	1,09±0,02	1,14±0,04	0,70±0,02	P<0,05
n6/n3	2,56±0,06	2,60±0,08	4,6±0,08	P<0,05
IA	3,39±0,21	2,88±0,24	2,72 ±0,24	P<0,05

Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n =3) suivie de l'écart-type. H: pâturage à plein temps, H+C: pâturage + concentré, C+F: aliment concentré+ foin, CLA: acide linoléique conjugué, VA: acide vaccénique, AGS: acides gras saturés, AGMI: acides gras mono insaturés, AGPI: acides gras polyinsaturés ns: non significatif P<0.05= effet significatif, P<0.01 = effet hautement significatif, IA= indice d'athérogénicité.

1.3 Saison hiver

1.3.1 Paramètres physicochimiques du beurre

Les différents résultats des analyses physicochimiques des échantillons du beurre sont illustrés dans le tableau 32.

Tableau 32. Paramètres physicochimiques du beurre des brebis en fonction du système alimentaire (g / 100g du beurre) durant la saison d'hiver.

Paramètres	Régimes			signification
	C+P	L	C	
Matière sèche	82,14±2,33	74,68±2,64	84,29±2,82	P<0,05
Teneur en eau	17,86±1,40	25,32±1,61	15,71±1,19	P<0,01
Matière grasse	70,62±1,84	68,27±1,73	72,34±1,76	P<0,05

Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n = 3) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, P<0,05= Effet significatif, P<0,01= Effet hautement significatif, L : pâturage de la luzerne, C+P : concentré + paille, C +: aliment concentré.

La matière sèche et la teneur en eau du beurre sont significativement modifiées par l'alimentation, une augmentation de la matière sèche jusqu'à plus de 84 g/100g dans le groupe C, une quantité de 82,14 et 74,68 g/100g dans les groupe C+P et L. Contrairement à la Ms, le beurre du groupe L était plus riche en eau atteignant un taux de 25,23 g/100g comparativement au groupe C et C+P (15,71 et 17,86 g/100g).

Le régime alimentaire pratiqué a exercé un effet significatif sur la matière grasse du beurre fabriqué, nous avons obtenu une faible proportion dans le groupe L : 68,27 contre 72,34 et 70,62 g/100g dans les groupes C et C+P respectivement.

1.3.2 Les indices de la qualité du beurre

La qualité des lipides du beurre a été caractérisée par le dosage des indices : d'acide, saponification (tableau 33).

Tableau 33. Indices de la qualité du beurre des brebis en fonction du système alimentaire durant la saison d'hiver.

indice mg Eq g beurre	Régimes			signification
	C+P	L	C	
Indice d'acide	30,73±0,08	24,42±0,06	28,68±0,07	P<0,01
Indice de saponification	193,07±2,70	153,09±1,97	159,42±1,83	P<0,05

Chaque valeur est la moyenne de 3 échantillons (n = 3) suivie de l'écart-type. NS= Effet non significatif, P<0,05= Effet significatif, P<0,01= Effet hautement significatif, L : pâturage de la luzerne, C+P : concentré + paille, C +: aliment concentré.

L'indice d'acide se caractérise par des moyennes respectives 24,42 –28,68 et 30,73 mg/100g dans les groupes L – C et C+P., Ces résultats ont montré un effet hautement significatif du régime alimentaire. De même l'indice de saponification a été plus élevé dans le groupe C+P (193,07 mg/100g beurre) par rapport au groupe L et C.

1.3.3 Les indices de la stabilité du beurre

Les résultats des deux indices qui nous permettent d'évaluer le beurre durant sa conservation pendant 15 jours après la production sont illustrés dans les figures 5 et 6.

a. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde dans le beurre entre les groupes a évolué significativement durant les 15 jours. il en ressort que le groupe C+P 'est le plus affecté par un taux plus élevé de 2,82mg Eq /g beurre dans le J1 et qui a atteint 6,41 mg Eq /g beurre après 15 jours de conservation.

Pour les groupe L et C, nous avons constaté une augmentation de 40 % d'indice de peroxyde durant la durée conservation du jour 1 au jour 15 pour tous les échantillons mais avec une moindre quantité par rapport au groupe C.

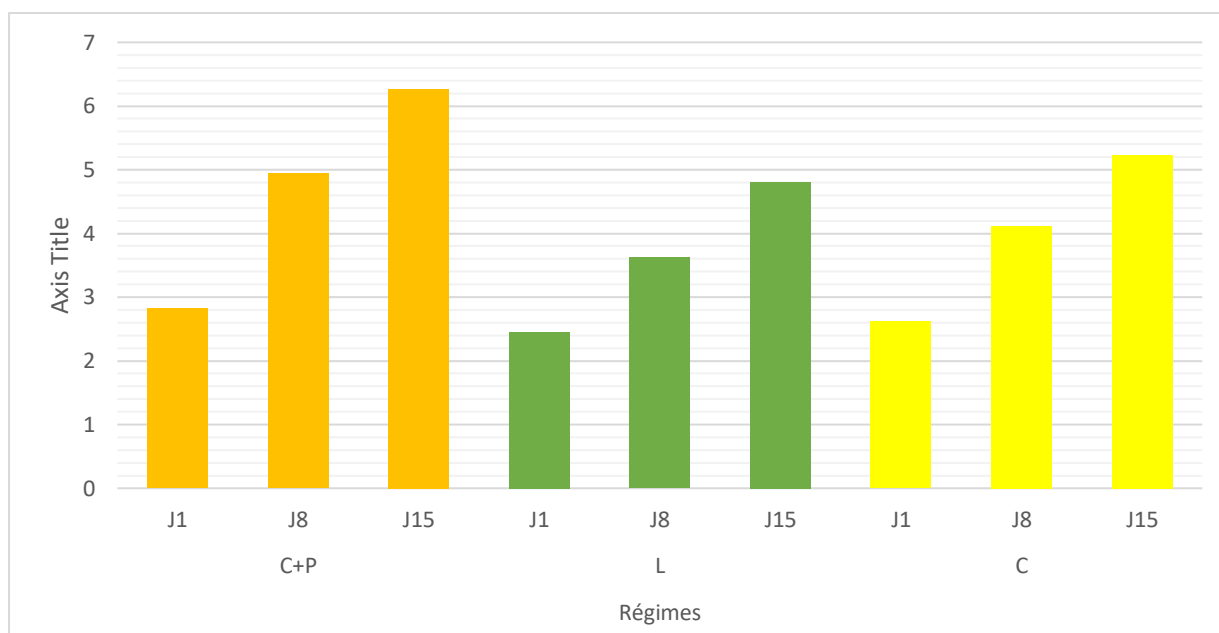


Figure 20. Indice de peroxyde du beurre selon le système alimentaire pendant la saison d'hiver

b. Degré de peroxydation lipidique du beurre (MDA)

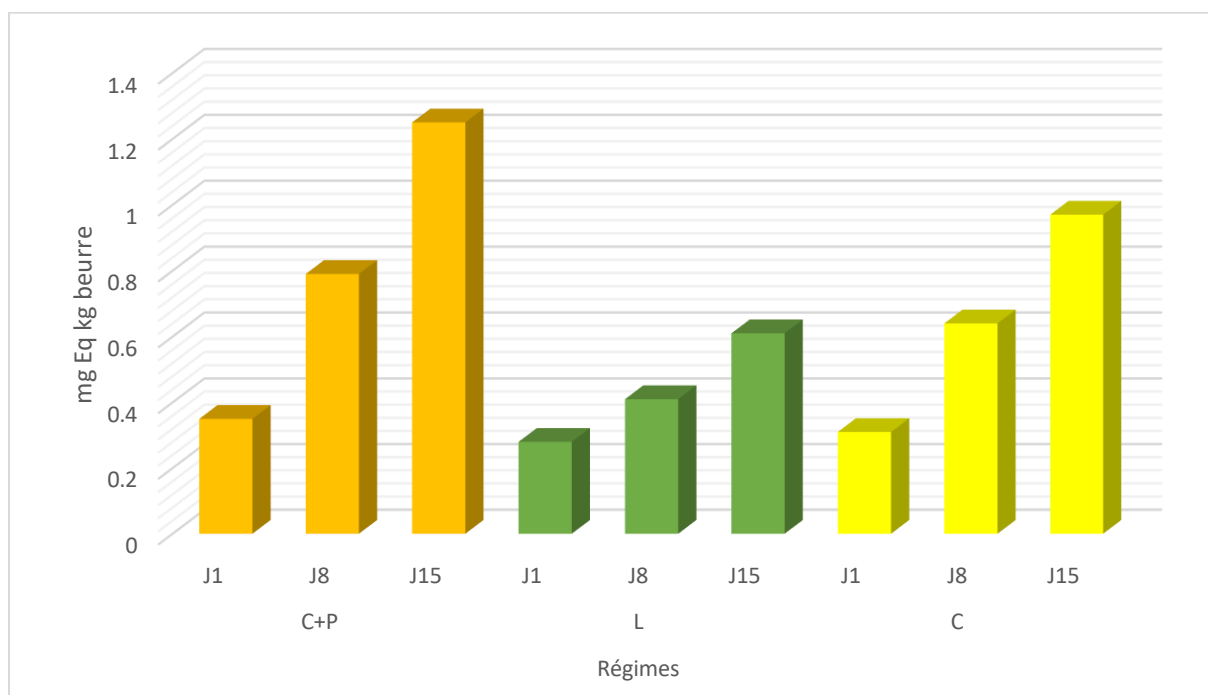


Figure 21. Evolution de taux du MDA du beurre selon le système alimentaire pendant la saison d'hiver

Les résultats de la teneur en malondialdéhyde (MDA) ont montré que le système alimentaire dans la saison d'hiver a exercé un effet hautement significatif ($P < 0,01$) sur le taux de MDA formé dans le beurre. Nous avons constaté, à cet effet, une augmentation significative de ce paramètre pendant la durée de conservation du jour 1 au jour 15 dans tous les groupes. Pour le groupe L, le degré de peroxydation lipidique varie de 0,28 mg à 0,61 mg Eq/Kg et de 0,31 mg à 0,97 mg/Eq Kg dans le groupe C donc une évolution importante plus du double par rapport au premier groupe. Au groupe C+P la peroxydation varie de 0,35 mg à 1,25 mg/Eq Kg, ce qui montre une évolution de 3,5 fois par rapport au premier jour de conservation.

1.3.4 Composition en acides gras du beurre

Les résultats du profil des acides gras (AG) des beurres produits selon différents systèmes alimentaires. Dans la saison (l'hiver) (tableau 34) montrent une même tendance comme pour les autres saisons. Les deux acides l'acide palmitique et l'acide stéarique n'ont pas présenté de différences significatives. L'acide palmitoléique est plus élevé dans le groupe C par rapport aux groupes L et C+P avec des proportions de 2,13 vs 1,80 et 1,19 g/100g.

La présence de la luzerne dans le régime du groupe L a augmenté significativement ($P < 0,01$) la quantité du C18 :3n-3ALA. Nous avons enregistré à ce propos une teneur de 0,86 g/100g contre 0,45 et 0,40 g/100g dans le groupe C+P et C respectivement. Par ailleurs, l'acide vaccénique (C 18 : 1t11 VA) et l'acide rémunique (CLA C 18 : 2 c9 t11) ont présenté des différences significatives suite à l'influence du régime alimentaire. Des quantités plus élevées de C 18 : 1t11 VA et CLA C 18 : 2 c9 t11 ont été observées (de 1,37 et 0,59 g/100g) respectivement dans le groupe L contre 1 et 0,42 g/100g dans le groupe C et 0,59 et 0,53 g/100g dans le groupe C+P.

Les sommes des AGS et AGMI sont comparables dans le beurre des 3 groupes, mais les AGPI présentent un écart significatif ($P < 0,05$) avec une teneur plus élevée dans le groupe C+P. Cependant, aucun effet significatif ($P < 0,01$) a été détecté du système alimentaire sur le contenu AGPI n-3, une augmentation dans le groupe L (deux fois la quantité) jusqu'à 0,95 g/100g et une teneur de 0,59 et 0,52 g/100g dans le groupe C+P et C respectivement.

Tableau 34 : Composition en acides gras du lait de brebis en fonction du système alimentaire en hiver (pourcentage d'acide gras identifié)

Acides gras (g/100 g AG)	Régimes			Signification
	C+P	L	C	
LT (g/100g)	70,62±1,84	68,27±1,73	72,34±1,76	P<0,01
C 14 : 0	9,58±0,55	10,99±0,54	10,60±0,55	Ns
C 16 : 0	31,91±1,16	32,41±1,23	31,35±1,49	Ns
C 16 : 1	1,19±0,11	1,80±0,10	2,13±0,12	P<0,01
C 18 :1 n-9 t	0,37±0,04	0,66±0,08	0,44±0,10	P<0,05
C 18 : 0	11,19±0,48	10,85±0,53	10,64±0,51	Ns
C 18 : 1 cis 9	22,42±0,88	19,70±0,81	21,17±0,92	Ns
C 18 : 1t11	0,59±0,06	1,37±0,08	1,00±0,10	P<0, 01
C18 :3n-3ALA	0,45±0,02	0,86±0,02	0,40±0,08	P<0,01
CLA c9 t11	0,53±0,04	0,59±0,12	0,42±0,08	P<0,05
C 20 : 0	0,10±0,02	0,15±0,02	0,15±0,01	P<0,05
C 20 :3 n-6	0,10±0,01	0,10±0,01	0,11±0,02	P<0,05
C 20 :5 n-3	0,04±0,01	0,06±0,02	0,02±0,01	P<0,05
C 22 :5 n-3	0,08±0,02	0,10±0,03	0,08±0,03	Ns
C 22 :6 n3	0,04±0,01	0,02±0,01	0,02±0,01	Ns
AGS	69,31±2,29	70,71±2,76	68,47±2,51	Ns
AGMI	26,26±1,49	25,48±1,11	27,17±1,28	Ns
AGPI	4,42±0,59	3,80±0,53	4,36±0,55	P<0,05
n-6	2,98±0,27	3,21±0,34	3,12±0,41	Ns
n-3	0,59±0,08	0,95±0,12	0,52±0,08	P<0,01
n6/n3	5,05±0,04	3,37±0,06	5,96±0,06	P<0,05
IA	2,83±0,32	2,79±0,29	3,13±0,48	Ns

Chaque valeur est la moyenne de 5 échantillons (n = 5) suivie de l'écart-type. L : pâturage de la luzerne, C+P : concentré + paille, C +: aliment concentré, CLA: acide linoléique conjugué, VA: acide vaccénique, AGS: acides gras saturés, AGMI: acides gras mono insaturés, AGPI: acides gras polyinsaturés ns: non significatif P<0.05= effet significatif, P<0.01 = effet hautement significatif, IA= indice d'athérogénicité.

Le groupe L a présenté un rapport n-6/n3 le plus bas 3,37 comparativement aux groupes C+P et C. Pour l'indice d'athérogénicité, ce paramètre varie de 2,97 à 3,13 et ne présente aucune différence entre les régimes alimentaires dans cette étude.

2. Discussion

2.1 Caractéristiques physicochimiques du beurre

Dans l'ensemble, des résultats indiquent que le taux de la matière sèche et la teneur en eau ont été significativement différents. La teneur élevée en humidité des beurres traditionnels est justifié par la méthode traditionnelle de préparation des beurres. Contrairement à la méthode de préparation industrielle, la graisse du lait ne disparaît pas complètement et l'eau se substitue à la graisse comme substitut à la formulation du beurre (Saremnezhad et al., 2008; Idoui et al., 2013). Une forte activité de lipase prédispose à l'humidité, stimule la croissance des microorganismes et l'hydrolyse des triglycérides (Idoui et al., 2013).

Dans notre travail, une augmentation dans les beurres issus des brebis alimentés par le concentré. Le manque d'effet d'augmentation de la proportion d'herbe fraîche dans l'alimentation sur la production de graisse est en accord avec la littérature, qui met en évidence une diminution de la production de graisse (Dhiman et al., 1999; Agena et al., 2002; Schroeder et al., 2003). Cependant, en raison de son effet positif sur le rendement en lait, l'herbe a induit une diminution linéaire de la teneur en graisse selon sa proportion dans le régime alimentaire par dilution de la même quantité de graisse dans un plus grand volume de lait. Cette diminution de la teneur en matière grasse est conforme à la recherche précédemment citée et peut s'expliquer par une inhibition de l'effet de l'AGS à longue chaîne sur la synthèse de novo (Bauman et Griinari, 2001). Le régime avec le concentré a augmenté la teneur en protéines du lait par rapport au pâturage, ce qui pourrait être lié aux effets alimentaires sur l'apport en acides aminés dans le rumen (Wu et Huber, 1994), tandis que le pâturage augmentait la teneur en matières grasses et en matières solides.

2.2 Les indices de la qualité et de la stabilité du beurre pendant sa conservation

L'Indice d'acide et l'indice de saponification des échantillons de beurre variaient selon le régime alimentaire consommé dans chaque saison. L'indice d'acide était de l'ordre de 21 à 30 mg KOH / g alors que l'indice de peroxyde avait un taux de 1 à 6 meq / kg dans le beurre.

Dans le beurre cru marocain et smen, **Benkerroum et Tamime, (2004)** ont rapporté que les valeurs de l'indice de peroxyde étaient respectivement de 0,5 et 3,7 meq O₂ / kg de graisse. Les mêmes auteurs ont rapporté que certaines protéolyses des protéines du lait résiduel dans la phase aqueuse peuvent se produire, la lipolyse est le mécanisme principal qui détermine l'arôme typique du produit et une telle activité pourrait provenir de l'activité microbienne des cellules et / ou des lipases libres. L'oxydation chimique aussi contribue à un moindre degré à la saveur de smen ; cela est évident que la valeur de peroxyde augmente à 3,7 meq / kg de graisse comparé à 0,5 meq / kg beurre cru. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par **Benkerroum et Tamime, (2004)**. Des valeurs hautes de peroxyde observées dans les échantillons du groupe du concentré pourraient être attribuées à l'oxydation chimique des acides gras insaturés (**Schreckenber, 2004**).

L'oxydation des lipides conduisant au rancissement est souvent un facteur déterminant pour déterminer la durée de conservation des produits alimentaires (**Manglano et al., 2006**).

Dans notre étude, la teneur du MDA dans le groupe de brebis qui ont consommé l'herbe représente la moitié par rapport au groupe du concentré. Les principales études répertoriées dans la littérature mettent en évidence une diminution du caractère de rancidité de beurres produits issus des vaches nourries avec l'herbe fraîche et avec l'ensilage de maïs (**Deeth et Fitz-Gerald, 1983**). La lipase, ou enzyme de lipolyse, catalyse les triglycérides hydrolysés. Il peut être d'origine endogène (**Deeth et Fitz-Gerald, 1983**), ou d'origine microbienne (c'est-à-dire introduit dans le lait pendant le stockage, le transport ou fabrication). Indépendamment de son origine, par hydrolyse de triglycérides, il libère les acides gras libres. Le plus court (en particulier C4: 0 et C6: 0, dans le cas du beurre) est principalement responsable du caractère rance

(Walstra et al., 1999). Ainsi, seule la proportion d'herbe fraîche dans le régime pourrait induire une variation du caractère rance du beurre. En effet, l'herbe a diminué linéairement la teneur en C4: 0 dans le lait et la graisse de beurre.

La présence d'acides gras insaturés accélère la détérioration du beurre si les conditions hygiéniques, la production, la maintenance et l'approvisionnement étaient incorrects (Saremnezhad, 2008 ; Samet-Bali, 2009). L'auto-oxydation peut être inhibée ou retardée par l'ajout de faibles concentrations d'antioxydant.

L'oxydation des produits laitiers réduit leur nutrition, qualité et propriétés organoleptiques (Havemose et al., 2006). Cet effet était plus prononcé pour le beurre qui avait été exposé aux rayons UV et qui était produit à partir du lait de vache recevant le concentré, ce qui prouve que l'alimentation pourrait produire du lait avec des niveaux d'antioxydants inférieurs à ceux des pâturages. Le milieu anhydre du beurre peut empêcher l'oxydation par rapport au milieu aqueux du lait. L'oxydation des lipides dans les émulsions est initiée à ou près de l'interface huile-eau, où la concentration en ions métalliques est plus élevée (Venkateshwarlu et al., 2004), et donc la production de composés volatils peut être plus rapide dans les émulsions que dans les huiles. Des autres paramètres que les produits d'oxydation (pigments ou protéines) qui interagissent avec le malonaldéhyde peuvent également produire un changement de couleur (Frankel, 2005), et parce que le régime avec le concentré produisait des taux plus élevés de protéines lactiques, il est possible que cela ait contribué à l'effet du concentré. La viande et le lait à base de pâturage ont une teneur naturelle accrue en ALC, qui peut également agir comme antioxydant. La recherche sur les carcasses de bœuf montre que l'ALC réduit TBARS (Hur et al., 2007); des niveaux plus élevés de CLA dans le pâturage de cette étude peuvent avoir un grand effet sur l'abaissement des taux de TBARS dans le beurre par les antioxydants dans le fourrage.

La stabilité oxydative des produits laitiers est influencée par de nombreux facteurs tels que les concentrations d'oxygène, les métaux (Cu^{+2} , Fe^{+3}), les antioxydants, l'activité de l'eau, etc. (O'Conner et O'Brien, 1995).

Cela peut résulter de la formation de malondialdéhyde résultant de la dégradation des peroxydes (**Fernandez, 1997**). De plus, les hydroperoxydes ne sont pas stables, car ils se décomposent en d'autres composés tels que les carbonyles savoureux (**O'Connor et O'Brien, 2006**). L'indice de peroxyde de tous les échantillons était supérieur à la fin du stockage (8 et 15 jours) par rapport au jour de stockage ($P < 0,05$). Ces résultats sont en accord avec **Dagdémir et al., (2009)** ; **Ozturk et Cakmaci, (2006)** et **Simsek, (2011)**, qui ont indiqué que les valeurs d'indice de peroxyde du beurre étaient les plus élevées au fin du temps de stockage ; dans la présente étude, les valeurs étaient plus faibles que ceux rapportés par ces auteurs.

2.3. Composition en acides gras du beurre

Le lait et les produits laitiers sont l'un des groupes les plus importants dans la pyramide alimentaire quotidienne. Des aspects économiques, commerciaux, de qualité et de sécurité de ces produits sont très importants. Beurre comme les produits laitiers les plus anciens ont un rôle important dans la nutrition (**Tvrzicka et al., 2011**).

La comparaison de la composition moyenne en AG du beurre et du lait du printemps ainsi que du beurre et du lait d'hiver a confirmé que les teneurs en AG dans les échantillons de beurre sont très semblables à celles des matières grasses laitières. En général, les acides gras trans sont associés à des effets cancérigènes, mais le VA, qui est le plus fréquent des acides gras trans dans les matières grasses laitières, n'est pas cancérigène. Il a été suggéré qu'une augmentation de la teneur en CLA dans le beurre printemps par rapport au beurre d'hiver pourrait partiellement compenser l'impact de l'augmentation de la teneur en AG trans sur le consommateur (**Couvreur et al., 2006**).

De plus, le beurre du printemps a une meilleure valeur nutritionnelle que le beurre d'automne en raison du quartile indice d'athérogénicité réduit. Les beurres d'été et d'hiver ont montré des teneurs similaires de 4: 0 et 6: 0 FA, ainsi que la saveur et l'odeur (caractère rance) des deux beurres étaient similaires. Ceci contraste avec les données publiées par **Couvreur et al., (2006)** qui ont suggéré une diminution du rancissement avec une proportion croissante d'herbe fraîche dans l'alimentation consommée par les vaches. Selon ces auteurs, la plus grande tartinabilité du beurre

durant le printemps était corrélée à une teneur plus élevée en acides gras libres dans le beurre.

Chilliard et al., (2001b) ont examiné les effets du type de fourrage sur la composition du lait et observé que le lait de vaches issue de pâturage était significativement plus élevé dans le contenu CLA comparé avec des vaches nourries fourrages ensilés. Les niveaux des AGPI et CLA ont également été élevés par rapport l'étude actuelle.

L'inclusion de graisses dans les régimes, en particulier à des niveaux supérieurs à 7%, peut compromettre la dégradation des fibres due à la combinaison de facteurs, notamment la formation d'une barrière physique qui enrobe les fibres, entrave la réaction des microorganismes dans le rumen et la toxicité des AGPI envers les bactéries gram positive. (**Palmquist, 1989; Jenkins, 1993**). Il existe d'autres méthodes pour rendre le gras inerte dans l'environnement ruminal, pour protéger les acides gras insaturés et pour incorporer les acides gras insaturés dans le lait, tels que l'utilisation de sels de calcium et les traitements thermiques.

Selon **Bauman et Griinari, (2003)** et **Harvatine et Allen, (2006)**, la réduction des graisses laitières est associée à une biohydrogénation incomplète des acides gras polyinsaturés, qui stimule les flux duodénaux C18: 1 et C18: 2 10t 12c et affecte la réduction des gènes liés à la lipogénèse.

L'augmentation du rapport oméga 6: oméga 3 peut être dû à une augmentation de la libération ruminale d'acides gras par le procédé de granulation (**Mohamed et al., 1988**). Le rapport oméga 6: oméga 3 observé dans la présente étude était 2,5 dans le groupe des beurres des brebis nourris par l'herbe comparativement aux groupes nourris par le concentré jusqu'à 5. Ces rapports sont aux niveaux recommandés pour la consommation humaine (**Sim, 1998 ; Martin et al., 2006**).

D'après les données de **Cabiddu et al., (2006)**, nous avons estimé la production quotidienne de VA et de C9, t11 CLA dans le lait, en supposant que la composition du fromage AG reflète celle du lait cru, ils ont montré une relation linéaire entre l'apport quotidien total estimé d'ALA et la quantité quotidienne estimée de VA et de C9, t11 CLA dans le lait . Ces résultats confirment que chez les brebis allaitantes, l'herbe verte

est une source précieuse d'ALA, qui peut être utilisée comme un outil pour améliorer la quantité de composés gras sains dans le lait et le fromage ovins. Cela implique que dans les systèmes laitiers-ovins où l'herbe est le constituant de base du régime alimentaire, la matière grasse laitière peut contenir des quantités significatives d'acides gras sains, qui peuvent être affectées par la disponibilité et la composition saisonnières des pâturages.

Le statut antioxydant des laits issus des régimes riches «en concentré » ou« ensilage de maïs » est inférieur à celui mesuré sur des laits obtenus avec un régime à base d'herbe pâturée. L'herbe pâturée a également été à l'origine des laits les plus riches en acide oléique et en isomère cis⁹, trans¹¹ du CLA (acide rémuniqué) par rapport aux rations riches en concentré ou à base d'ensilage de maïs. Toutefois, l'effet du pâturage semble variable selon le stade de l'herbe : l'herbe pâturée à un stade précoce a conduit à des laits dont la teneur en acide rémuniqué a été deux fois plus élevée comparativement à une herbe pâturée à un stade tardif. Les premiers dosages de polyphénols, semblent également révéler une variabilité selon la nature des fourrages distribués aux animaux : les laits issus du pâturage ont été les plus riches en composés phénoliques comparativement aux laits issus des régimes à base de concentré (**Martin et al., 2002**).

Precht et Molkentin, (1999b) ont rapporté une moyenne annuelle de l'ALC le contenu d'environ 0,75 g CLA / 100 g de matières grasses laitières en Allemagne. Ces auteurs ont observé des variations saisonnières variations, avec des moyennes de 0,45 g de CLA / 100 g de matières grasses laitières en hiver, de 0,76 au printemps et de 1,20 en été. Dans notre étude, le contenu en CLA du beurre a également augmenté de l'hiver au printemps. Ces différences entre les teneurs régionales en CLA au cours d'une même saison sont principalement attribuées aux teneurs en acides gras polyinsaturés des régimes alimentaires, liées à un certain nombre de facteurs qui diffèrent d'une région à l'autre. En fait, plusieurs paramètres affectaient les niveaux de CLA dans la matière grasse du lait : nature du fourrage, qualité du broyage du fourrage, additif nutritionnel ou concentré aux proportions fourragères et ajout d'oléagineux (tournesol, soja, colza, graines de lin) (**Jiang et al., 1996 ; Kelly et al., 1998a ; Lawless et al., 1998 ; Dhiman et al., 1999**).

La transition de l'étable à la pâture a eu un effet prononcé sur la composition en acides gras des beurres fabriqués à partir de laits produits à différentes saisons, comme le montrent nos résultats. Ces observations ont confirmé des rapports antérieurs de divers auteurs dans d'autres pays (**Wolff et al., 1995 ; Precht et Molkentin, 1999b ; Collomb et Bulher, 2000**). La transition de l'étable à l'alimentation des pâturages a entraîné une augmentation des isomères trans-18: 1, en particulier l'acide vaccénique (18: 1 trans-11). Plusieurs facteurs d'alimentation ont déjà été signalés affecter la teneur en isomères trans-18: 1 (**Jiang et al., 1996 ; Kalscheur et al., 1997 ; Ledoux et al., 2002**). Nous avons observé une augmentation des teneurs en acides gras du beurre n-3, tandis que les niveaux d'acides gras n-6 sont restés plus ou moins constants quelle que soit la saison. Cela a également été rapporté par **Collomb et Bulher, (2000)**.

Dans le cadre de cette étude, les systèmes alimentaires des brebis ont montrés une influence sur les paramètres physicochimiques, la composition biochimique notamment les lipides et les protéines et sur la composition en acides gras du lait.

La densité et le point de congélation du lait ont été fortement influencés par le régime alimentaire, l'augmentation de ces deux paramètres est expliquée par augmentation des composants dans le lait par rapport à la teneur en eau. Le point de congélation trouvé dans notre étude était similaire à ceux trouvés par **Assenat et al., (1991)** en France (-0,570 à -0,575 ° C), et inférieur à ceux trouvés par **Mayer et Fiechter, (2012)** en Autriche (-0,544 ° C).

La densité trouvée dans la présente étude était supérieur à celle observée par **Brito et al., (2006)** au Brésil (1,036 mg / ml) et par **Simos et al., (1996)** en Grèce (1,037 mg / mL). La densité moyenne du lait de brebis est 1,036 mg / mL, il augmente jusqu'au milieu et diminue jusqu'à la fin de la période de lactation, atteignant une densité de 1,034 mg / ml (**Assenat et al., (1991)**).

L'acidité du lait de brebis était légèrement plus élevée dans notre étude que dans la littérature. L'augmentation de l'acidité titrable indique l'accumulation d'acide lactique provenant de la fermentation du lactose par les bactéries lactiques. Une série de composants du lait différents sont responsables du niveau d'acidité du produit, y compris les acides, les sels et les protéines (principalement les caséines) (**Walstra et al., 2006**). Pour cette raison, les modifications de la concentration de ces composants dans le lait affectent également le niveau d'acidité titrable.

Le système alimentaire à base de concentré ou luzerne augmente la teneur en matière grasse dans lait, qui s'explique par la proportion élevée de lipides dans le régime. La graisse est le composant qui peut plus facilement présenter des variations dans la composition du lait. L'alimentation est l'un des facteurs pouvant favoriser ce changement (**Assena et al., 1991**). La diminution du temps de pâturage chez les brebis provoque une mobilisation des nutriments (**Chilibroste et al., (2001)**). Cependant, la saison a modifié la quantité de matière grasse. La présence et l'utilisation de l'herbe jeune durant l'hiver a conduit à une légère diminution du taux butyreux, ce résultat est similaire à ceux de **Murphy, (1985)**.

La saison modifie la composition du lait directement (durée de la journée) (**Bocquier et al., 1997**) ou indirectement (effet sur l'alimentation pour les brebis nourries essentiellement au pâturage) (**Pulina et al., 1993**). Par contre, **Thomson et al., (1982)**, ne voient pas d'effet des températures élevées sur la composition chimique du lait.

Les différences de teneur en matière grasse et en protéines du lait entre les systèmes intérieur et mixte / extérieur étaient en accord avec **Bargo et al., (2002)**. Cependant, nos résultats contrastent avec d'autres auteurs, qui ont signalé des teneurs plus faibles en matières grasses et en protéines dans le lait des troupeaux nourris avec du fourrage conservé (ensilage de maïs, ensilage d'herbe et paille de céréales) et des concentrés **Butler et al., (2008)** que dans les troupeaux dont l'alimentation comprenait du fourrage frais.

Actuellement, le régime RTM des troupeaux élevés à l'intérieur reposait sur du fourrage conservé et un niveau élevé de concentrés. Cela aurait pu augmenter l'apport en énergie métabolisable (EM) ainsi que la concentration de propionate dans le rumen, ce qui entraînerait une augmentation des protéines de lait (**Sutton, 1989**).

En général, la première limite à la synthèse des protéines du lait dans les systèmes de pâturage est la quantité de EM disponible car l'herbe contient un excès de protéines dégradables (**Walker et al., 2004**). Ainsi, les différences de concentration en protéines du lait des troupeaux en pâturage par rapport à celle des troupeaux en intérieur pourraient être dues principalement au faible apport en EM et / ou en protéines dégradables (**Latham et al., 1974**).

D'après **Morand-Fehr et al., (2007)**, les macro et micronutriments la composition du lait de brebis dépend de le système de production: caractéristiques sanitaires des animaux, conditions agro-climatiques, environnementales sociales et économiques et des méthodes agricoles telles que l'alimentation et la traite.

Le lait de différents groupes de systèmes avec différentes proportions d'herbes a été associé à des changements dans certains pourcentages d'acides gras du lait. La composition en AG du lait dans les systèmes basés sur les pâturages est soumise à des

variations saisonnières qui et influencés par la quantité et la qualité des fourrages disponibles (**Elgersma, 2015**).

L'acétate et le b-hydroxybutyrate sont nécessaires pour la synthèse de novo des acides gras dans la glande mammaire (**Bauman et Griinari, 2003**). Des variations de la concentration dans le lait des acides gras à chaîne courte et moyenne ont été rapportées, bien que certains auteurs ne signalent aucune différence dans la production de lait des troupeaux soumis à des systèmes de pâturage et de gestion intensive (**White et al., 2001**).

Les faibles concentrations d'acides palmitique et palmitoléique dans le lait pour les troupeaux mixtes et les troupeaux en pâturage à plein temps pourraient être une conséquence d'un faible apport en énergie ou d'une mobilisation du pool corporel (**Palmquist et al., 1993**). Par conséquent, le taux d'acide rumérique et vaccénique élevés dans le lait de troupeau en pâturage et mélangé sont associé à la consommation de fourrage frais. Ceci confirme les résultats de plusieurs auteurs qui ont étudiés l'effet des systèmes de gestion basés sur le pâturage sur la concentration en AG du lait (**Butler et al., 2008**).

La forte proportion d'herbe dans le groupe de pâturage à temps plein induit une augmentation de C18 : 3n-3. **Wachira et al., (2000)**, ont montré qu'à forte proportion d'AGPI en particulier d'acide linoléique, dans les fourrages frais expliquerait l'augmentation de l'acide linoléique dans le lait des vaches se nourrissant d'herbe, bien qu'il s'agisse de l'AGPI le plus sensible à la biohydrogénation ruminale . Jusqu'à 99% de l'apport alimentaire en acide linoléique peut être totalement ou partiellement hydrogéné dans le rumen, synthétisant les acides vaccénique et stéarique (**Song, 2000**).

Une augmentation de CLA c9 t11 a été observée dans le régime alimentaire où l'herbe fraîche était l'ingrédient principal L'acide vaccénique est désaturé dans la glande mammaire produisant de l'acide rumérique avec addition d'une double liaison entre le carbone 9 et 10 (**Griinari et al., 2000**). La consommation de fourrage frais peut améliorer la concentration de AG ayant des effets positives sur la santé dans le lait, tandis que les animaux nourris avec fortes proportions de concentrés et que le fourrage conservé réduit leur contenu (**Dewhurst et al., 2006**).

La plus faible concentration en acides gras saturés et la concentration plus élevée en acides gras insaturés dans le lait de troupeau dont l'alimentation a été à base de pâturage d'herbe concordent avec les résultats d'autres études dans lesquelles le fourrage frais était inclus dans l'alimentation (**Dewhurst et al., 2006 ; Morales-Almaraz et al., 2010**).

La concentration de n-3 AG a augmenté de manière significative dans le lait de et le groupe des animaux nourris avec herbe fraîche, tandis que la concentration en AG n-6 n'a pas été affectée par le système de gestion. Cependant, le rapport n-6/ n3 dans le lait dans ce groupe était plus bas que le groupe de groupe nourris avec le concentré dépassant ainsi les recommandations alimentaires de la FAO concernant l'apport essentiel en AG (**Anonyme 4, 1997**).

Les régimes à base de pâturage d'herbe des plusieurs systèmes alimentaires correspondant à différentes régions, de concentré et de la luzerne ont exercés des modifications sur la composition et la qualité des lipides et l'aptitude à la conservation des beurres traditionnelles.

La graisse du lait ne disparaît pas complètement et l'eau se substitue à la graisse comme substitut à la formulation du beurre (**Saremnezhad et al., 2008; Idoui et al., 2013**), ce qui explique la teneur élevée en humidité des beurres traditionnels.

Dhiman et al., (1999); Agena et al., (2002); Schroeder et al., (2003) ont trouvé qu'aucun effet d'augmentation de la proportion d'herbe fraîche dans l'alimentation sur la production de graisse est en accord avec ce travail, qui met en évidence une diminution de la production de graisse dans le beurre des groupes des brebis alimentés avec l'herbe.

Le régime alimentaire avec une grande proportion d'herbe a conduit à la fabrication des beurres avec une matière grasse plus stable, des valeurs hautes de peroxyde observées dans les échantillons du groupe du concentré pourraient être attribuées à l'oxydation chimique des acides gras polyinsaturés (**Schreckenber, 2004**). Les principales études répertoriées dans la littérature mettent en évidence une diminution du caractère de rancidité de beurres produits issus des vaches nourries avec l'herbe fraîche et avec l'ensilage de maïs (**Deeth et Fitz-Gerald, 1983**).

Hurtaud et al., (2002a) ont suggéré que les effets de l'herbe sur les propriétés lipidiques du lait et les caractéristiques sensorielles et nutritionnelles du beurre sont établis dès le début de la période de transition, avant que les animaux ne soient au pâturage complet ce qui est en accord avec le présent travail.

Le système alimentaire a entraîné que des changements mineurs dans les taux des acides gras entre le lait et le beurre. Ces résultats suggèrent que seuls des changements mineurs dans la composition en acides gras du lait se produisent au cours du processus de fabrication du beurre, ce qui a été rapporté précédemment (**Baer et al., 2001**).

Les produits laitiers dérivés des ruminants sont une source naturelle d'ALC et leur régime alimentaire est un facteur majeur affectant la concentration de ALC dans le lait et les produits laitiers (**Kelly et al., 1998 ; Elgersma et al., 2006**).

Le régime alimentaire à base d'herbe ou luzerne a permis d'obtenir des beurres avec des quantités importantes des ALC et ALA, ces résultats confirme ceux trouvés par **Cabiddu et al., (2006)**, qui ont montré que l'herbe verte est une source précieuse d'ALA, qui peut être utilisée comme un outil pour améliorer la quantité de composés gras sains dans le lait et le fromage de lait de brebis.

A la lumière des résultats obtenus, ce travail nous a permis d'évaluer les effets des systèmes d'élevage des brebis autochtones vivant dans différents systèmes alimentaires algériens dans des régions avec des climats différents (humide, semi-aride et aride) selon 3 trois saisons (printemps, d'automne et d'hiver) sur la qualité nutritionnelle du lait et ces aptitudes à la transformation technologique.

Dans la première partie, les résultats des paramètres étudiés durant les trois saisons ont montré des améliorations d'une part sur le plan quantitatif et d'autre part sur le plan qualitatif des composants du lait et du beurre traditionnel et sur sa stabilité (qualité de matière grasse) pendant le stockage.

Les régimes alimentaires utilisés dans la saison du printemps ont exercé des effets sur les principaux paramètres physicochimiques et sur la composition en acides gras du lait. Ces effets observés sont similaires à ceux observés dans des travaux antérieurs. La quantité importante du concentré dans la ration des brebis a permis d'améliorer les quantités de l'extrait sec total, la matière grasse et les protéines dans le lait. Par contre, aucune influence du régime alimentaire n'a été enregistrée sur le lactose et les minéraux. Pour la saison d'automne, les mêmes effets ont été observés du régime alimentaire sur l'extrait sec total, la matière grasse et les protéines dans le lait avec des teneurs comparables obtenues pour la saison du printemps.

L'utilisation de la luzerne dans la saison d'hiver pour l'alimentation des brebis a montré une amélioration des taux de matière grasse dans le lait en augmentant en parallèle l'extrait sec total. Les protéines du lait ont été stables dans les échantillons du lait des brebis nourris par la luzerne ou le concentré mais avec quantités remarquables par rapport aux autres saisons printemps et automne. De même, le lactose et les éléments minéraux avaient des quantités comparables dans le lait, aucun effet statistique n'a été enregistré sur ces deux paramètres.

En outre, la composition en acides gras du lait de brebis a montrée des valeurs remarquables des acides gras essentiels. Le pâturage à plein temps en printemps dans une région méditerranéenne (Mostaganem) a augmenté les proportions des principaux acides gras polyinsaturés notamment ALA et CLA dans le lait, l'effet de la proportion d'herbe dans le régime alimentaire a aussi modifié le contenu en AGPI n-3 ce qui a

permis de diminuer le rapport n6/n3 jusqu'à des valeurs souhaitables par les nutritionnistes. Cependant, les sommes des acides gras AGS et AGPI ont été plus ou moins stables entre les groupes étudiés tandis que l'indice d'athérogénicité dans le lait a diminué avec l'augmentation de la part d'herbe consommé. La qualité du lait de brebis issu d'une alimentation de pâturage à plein temps en printemps est qualifiée comme intéressante sur le plan nutritionnel vu sa richesse en oméga 3 et les CLA qui pourraient être associés à des effets positifs en réduisant les risques des maladies cardiovasculaires.

Les laits des brebis élevées dans la saison d'automne avec des régimes à base d'herbe et/ ou complété par le concentré semblent être améliorés par la consommation d'herbe par rapport à l'utilisation du foin dans le régime. Une augmentation de l'acide vaccénique qui est considéré comme intermédiaire important de la biohydrogénation ruminale. Les teneurs du lait en ALA et CLA apparaissent dépendantes de la nature du régime, d'où l'on observe une quantité importante avec la présence d'herbe ce qui confirme l'impact d'herbe en printemps. L'apport de l'herbe a ainsi augmenté plus fortement la teneur du lait en n-3, ceci confirme effet d'herbe sur amélioration des omégas 3.

D'autre part, d'importants effets ont été observés de la consommation de la luzerne durant la saison d'hiver. En outre, en comparaison avec les deux premières saisons le pâturage à base de a luzerne à augmenter les taux du lait en ALA, CLA d'une façon ou elle a permet d'obtenir le double des quantités obtenus avec des régimes à base de pâturage en printemps et l'automne. Cet effet pourrait être lié à la teneur des ALA et les intermédiaires de la biohydrogénation ruminale dans le régime consommé. De même la somme des AGPI avait des teneurs importante dans le lait des brebis nourris par la luzerne, ce qui recommandé par les scientifiques et les consommateurs.

Pour ce qui concerne la seconde partie, l'évaluation de la qualité physicochimique, la composition en acides gras du beurre et sa stabilité durant le stockage a montré des effets positifs des régimes alimentaires à base de pâturage soit d'herbe ou de la luzerne sur les qualités étudiés.

La composition des beurres a été significativement influencée par le régime alimentaire en printemps. Une corrélation négative de la part d'herbe du régime avec le taux de la matière sèche et la matière grasse dans le beurre a été observée. De plus, les lipides du beurre produit à partir des laits de brebis ayant consommé l'herbe a été plus saponifiable et moins acide. De plus, l'oxydation des lipides du beurre qui s'exprime par la quantité du MDA et l'indice de peroxyde, semble être induite dans les groupes ayant consommé le concentré contre le régime à base d'herbe. Cet effet de stabilité engendré par la présence des antioxydants d'herbe tel que les polyphénols contribue à une meilleure préservation des acides gras polyinsaturés. De même, les résultats sont trouvés dans les beurres issus des régimes alimentaires des brebis en automne et hiver, avec un effet plus efficace de la luzerne par augmentation de la quantité de la matière grasse dans le beurre et sa richesse en antioxydants naturels qui a inhibé la peroxydation lipidique (AGPI).

L'analyse approfondie de la composition en acides gras du beurre produit dans le cas de diverses situations alimentaires, nous a permis d'obtenir des différences très nettes. D'une part, les teneurs du beurre en ALA et CLA ont été dépendantes de la part d'herbe dans le régime alimentaire du printemps et automne avec des quantités plus élevés avec augmentation d'herbe. Pour la saison d'hiver, la luzerne a augmenté le taux de ces deux acides gras par rapport aux régimes alimentaire à base de concentré mais aussi mieux que le pâturage d'herbe dans la saison du printemps. D'autre part la somme des AGS et AGPI ont été stables dans le beurre malgré les variations des régimes alimentaires.

Le rapport n-6/n3 du beurre dans ce travail a été plus élevé lorsque les brebis n'ont pas consommés herbe, ce dernier a induit à des rapports demandés par les nutritionnistes. Contrairement les lipides du beurre n'ont pas été athérogène avec des taux qui ne posent des risques sur la santé humaine.

En fin, ce travail a permis de confirmer que le pâturage d'herbe et de luzerne modifie la composition en acides gras du lait qui va améliorer par son tour cette composition dans le beurre dans un sens qui peut être qualifié de positif d'un point de vue nutritionnel.

Il confirme aussi que la composition du lait de brebis et son dérivé (le beurre) dépend à la fois de la composition de la ration, il est donc possible de produire des beurres intéressants au niveau nutritionnel et ayant une certaine traçabilité en maîtrisant le régime alimentaire.

La richesse du beurre en matière grasse implique de penser aux facteurs antioxydants pour pouvoir inhiber la peroxydation lipidique, cette problématique est relativement résolue par la présence des antioxydants dans l'herbe. Le choix du système alimentaire pour produire du beurre constitue une opération nécessaire en vue d'obtenir les meilleures qualités des produits laitiers.

Toutefois, pour des perspectives à longs et à moyens termes ce genre d'étude s'avère insuffisant s'il n'est pas parachevé par d'autres études plus basées sur d'autres races et sur les facteurs qui influent sur la qualité nutritionnelle du lait et du beurre de brebis : le stade de lactation ou une incorporation des apports nutritionnels riches en AGPI tel que le gland mais aussi un dosage plus approfondi des intermédiaires comme les ALnC serait souhaitable afin de compléter les connaissances sur ce patrimoine d'Algérie et également d'une meilleure valorisation.

Références bibliographiques

- Abd Allah, M., Abbas, S.F., Allam, F.M. 2011.** Factors affecting the milk yield and composition of Rahmani and Chios sheep. *Int. J. Livest. Prod.*, 2(3) : 24-30.
- Abdelguerfi, A., Abdelguerfi –laour M. 2004.** Les ressources génétiques d'intérêt fourrager et- ou pastoral : diversité, collecte et valorisation au niveau méditerranéen. *Cah. Options. Mediterr.* 62,29-41.
- Abdelguerfi, A., Laouar, M., Bouzina, M. 2008.** Les productions fourragères et pastorales en Algérie : Situation et possibilités d'amélioration", *Agriculture et développement*, n° 6,72 p.
- AbuGhazaleh, A.A., Jenkins, T.C. 2004.** Disappearance of docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids from cultures of mixed ruminale microorganisms. *J. Dairy Sci.*, 87, 645-651.
- Addis, M., Cabiddu, A., Pinna, G., Decandia, M., Piredda, G., Pirisi, A., Molle, G. 2005.** Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed Mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11. *Journal of Dairy Science* 88:3443-3454.
- Adib, A., Bertrand, S. 2009.** Analyse des risques de transferts de produits phytosanitaires vers le lait. Institut de L'élevage. P : 9.
[http://www.quasaprove.org/moodle/pluginfile.php/973/mod_resource/content/1/rapport INST ITUT_transfert_lait.pdf](http://www.quasaprove.org/moodle/pluginfile.php/973/mod_resource/content/1/rapport_INST ITUT_transfert_lait.pdf)
- Adler, S.A., Dahl, A.V., Jensen, S.K., Thuen, E., Gustavsson, A.M., Steinshamn, H. 2013.** Fatty acid composition, fat-soluble vitamin concentrations and oxidative stability in bovine milk produced on two pastures with different botanical composition. *Livest. Sci.* 154, 93–102.
- Afnor., 1986.** Association française de normalisation, lait et produits laitiers, méthodes d'analyse.
- Agenas, S., Holtenius, K., Griinari, M., Burstedt, E. 2002.** Effect of turnout to pasture and dietary fat supplementation on milk fat composition and conjugated linoleic acid in dairy cows. *Acta Agric. Scand., A Anim. Sci.* 52:25–33.
- Albenzio, M., Santillo, A., Avondo, M., Nudda, A., Chessa, S., Pirisi, A., Banni, S. 2016.** Nutritional properties of small ruminant food products and their role on human health. *Small Ruminant Res* 135:3–12.
- Albenzio, M., Santillo, A., Caroprese, M., Marino, R., Trani, A., Faccia, M. 2010.** Biochemical patterns in ovine cheese: influence of probiotic strains. *J Dairy Sci* 93:3487–96.
- Ali, M., Cone, J. W., Hendriks, W. H., Struik, P.C. 2014.** Starch degradation in rumen fluid as influenced by genotype, climatic conditions and maturity stage of maize, grown under controlled conditions. *Animal Feed Science and Technology* 193:58-70.

Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R. 2002. Composition, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, in : « Science et Technologie du Lait » Ed. Presses Internationales Polytechnique. Canada.

Angers, P. 2010. Beurre et fractions de matière grasse laitière. Dans : VIGNOLA C.L. Science et Technologie du Lait. Fondation de technologie laitière, Presses internationales polytechnique : Québec, p. 323-347.

Anifantakis, E.M. 1986. Comparison of the physico-chemical properties of ewe's and cow's milk. In: International Dairy Federation (Ed.), Proceedings of the IDF Seminar Production and Utilization of Ewe's and Goat's Milk, Bulletin No. 202. Athens, Greece, pp: 42–53.

Anonyme 1: <https://www.planetoscope.com/elevage-viande/1045-production-mondiale-de-beurre.html>.

Anonyme 2: <http://www.monographies.caci.dz/index.php?id=242>

Anonyme 3: <https://fr.tutiempo.net/algerie.html>

Anonyme 4: World Health Organization, 1997. Fats and Oils in Human Nutrition, Experts FAO/WHO. FAO Study Feeding and Nutrition 57. FAO, Rome, Italy

AOAC, (1990). Official methods of analysis association of official analytical chemists (15th ed). Virginia, Arlington.

Arbouche, R., Arbouche, H.S., Arbouche, F., Arbouche, Y. 2013. Facteurs influençant les paramètres de reproduction des brebis OULED DJELLAL. Arch. Zootec. 62 (238): 311-314.

Assenat, L. 1991. Composición e propiedades, in: Luquet FM. (Ed.), Leche y productos lácteos: vaca–oveja– cabra. Zaragoza, Spain: Acribia. p.277-313.

Atti, N., Rouissi, H., Othmane, M. H. 2006. Milk production, milk fatty acid composition and conjugated linoleic acid (CLA) content in dairy ewes raised on feedlot or grazing pasture. Livestock Science 104:121-127.

Baer, R. J., Ryali, J., Schingoethe, D. J., Kasperson, K. M., Donovan, D. C., Hippen, A. R., Franklin, S. T. 2001. Composition and properties of milk and butter from cows fed fish oil. J. Dairy Sci. 84:345–353.

Balthazar, CF., Conte-Junior, C A., Moraes, J., Costa, M.P., Raices, R.S.L., Franco, R.M., Cruz, A.G., Silva, A.C.O. 2016. Physicochemical evaluation of sheep milk yogurts containing different levels of inulin. J Dairy Sci 99:4160–8.

Bargo, F., Delahoy, J.E., Schroeder, G.F., Muller, L.D. 2006. Milk fatty acid composition of dairy cows grazing at two pasture allowances and supplemented with different levels and sources of concentrate. Anim. Feed Sci. Technol. 125, 17–31.

Bargo, F., Muller, L.D., Delahoy, J.E., Cassidy, T.W. 2002. Performance of high producing dairy cows with three different feeding and systems combining pasture and total mixed rations. Journal of Dairy Science. 85:2948–2963.

- Bargo, F., Muller, L.D., Kolver, E.S., Delahoy, J.E. 2003.** Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 86[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73581-4](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73581-4). 1.42.
- Barłowska, J., Szwajkowska, M., Litwinczuk, Z., Krol, J. 2011.** Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Compr Rev Food Sci Food Safety* 10:291–302.
- Bates, B., Lennox, A., Prentice, A., Bates, C. 2014.** National Diet and Nutrition Survey; Results from years 1, 2, 3 and 4 (combined) of the rolling programme (2008/2009–2011/2012). London 2014.
- Bauchart, D. 1993.** Lipid absorption and transport in ruminants. *J Dairy Sci.*76, 3864-3881.
- Bauman, D. E., Griinari, J. M. 2001.** Regulation and nutritional manipulation of milk fat: Low-fat milk syndrome. *Livest. Prod.Sci.* 70:15–29.
- Bauman, D. E., Griinari, J. M. 2003.** Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition.* 23, pp. 203–227.
- Bencherif, S., 2011.** L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne Évolution et possibilités de développement, thèse de doctorat, L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech).
- Benkerroum, N., Tamime, A.Y. 2004.** Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (lben, jben and smen) to small industrial scale. *Food Microbiology* 65: 1-15.
- Benlahcen, K., Mouloudi, F., Kihal, M. 2013.** Study of The Microbiological and physicochemical quality Of Raw Milk From Cows Exposed To Environmental Pollutants In The Region Of West Algeria, *International Journal of Environmental Engineering Science and Technology Research*, 1 (9), 229-240.
- Benyoucef, M.T. 2005.** Diagnostic systématique de la filière lait en Algérie. Organisation et traitement de l'information pour analyse des profils de livraison en laiteries et des paramètres de production des élevages. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. INA. Alger, 2 tomes : 396p.
- Benyoucef, M.T., Madani, T., Abbas, K. 2000.** Systèmes d'élevage et objectifs de sélection chez les ovins en situation semi-aride algérienne », *Ciheam-Options Méditerranéennes*, INA, Alger, p101-109.
- Bergman, E. N. 1990.** Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiol. Rev.* 70:567-590.
- Bernard, L., Bonnet, M., Leroux, C., Shingfield, K.J., Chilliard, Y. 2009.** Effect of sunflower-seed oil and linseed oil on tissue lipid metabolism, gene expression, and milk fatty acid secretion in Alpine goats fed maize silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 92, 6083–6094.

- Bernard, L., Leroux, C., Chilliard, Y. 2008.** Expression and nutritional regulation of lipogenic genes in the ruminant lactating mammary gland. Pages 67-108 dans *Bioactive Components of Milk*. Vol. 606. Springer-Verlag Berlin, Berlin.
- Bernes, G., Turnerb, T., Pickova, J. 2012.** Sheep fed only silage or silage supplemented with concentrates 2. Effects on lamb performance and fatty acid profile of ewe milk and lamb meat. *Small Ruminant Research* 102 :114– 124.
- Bocquier, F., Caja, G. 2001.** Production et composition du lait de brebis : effets de l'alimentation. *INRA Production Animale*,14 (2), 129-140.
- Boerman, J.P., Lock, A.L. 2014.** Effect of unsaturated fatty acids and triglycerides from soybeans on milk fat synthesis and biohydrogenation intermediates in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 97, 7031–7042.
- Bornaz, S., Sahli, A., Attalah, A., Attia, H. 2009.** Physicochemical characteristics and renneting properties of camels' milk: A comparison with goats', ewes' and cows' milks. *International Journal of Dairy Technology*,62, 4.
- Boufaied, H., Chouinard, P.Y., Tremblay, G.F., Petit, H.V., Michaud, R., Belanger, G. 2003.** Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Canadian Journal of Animal Science*, 83, 501–511.
- Boussena, S., Bouaziz, O., Zerougui, S., Derquaoui, L., Tainturier, D. 2013.** Performance of body and testicular growth before weaning in Ouled Djellal lambs (in French). *Revue de Medecine Veterinaire* 164 (4): 191-199. Retrieved August 12 2013, http://www.revmedvet.com/2013/RMV164_191_199.pdf
- Brito, M.A., González, F.D., Ribeiro, L.A., Campos, R., Lacerda, L., Barbosa, P.R., Bergmann, G. 2006.** Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros do sul do Brasil: variações na gestação e na lactação. *Ciênc Rural*.36:942-948.
- Butler, G., Nielsen, J.H., Slots, T., Seal, C., Eyre, M.D., Sanderson, R., Leifert, C. 2008.** Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88:1431–1441.
- Cabiddu, A., Addis, M., Pinna, G., Decandia, M., Sitzia, M., Piredda, G., Pirisi, A., Molle, G. 2006.** Effect of corn and beet pulp based concentrates on sheep milk and cheese fatty acid composition when fed Mediterranean fresh forages with particular reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11. *Animal Feed Science and Technology* 31:292-311.
- Cabiddu, A., Decandia, M., Addis, M., Piredda, G., Pirisi, A., Molle, G. 2005.** Managing Mediterranean pastures in order to enhance the level of beneficial fatty acids in sheep milk. *Small Rumin. Res.* 59:169–180.
- Cannas, A., Avondo, M. 2002.** Relationship among milk fat content, energy balance and NDF intake in lactating ewes fed at pasture. Page 55 (abstr.) in *Proc. 53rd Int. Meet. EAAP, Cairo, Egypt*.

Castro, T., Manso, T., Jimeno, V., Del Alamo, M., Mantecon, A.R. 2009. Effect of dietary sources of vegetable fats on performance of dairy ewes and conjugated linoleic acid (CLA) in milk. *Small Ruminant Research*, 84, 47-53.

Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière. 2006.

Chandan, R.C., Kilara, A. 2011. Microbiological aspect of Dairy ingredients. *Dairy Ingredients for food Processing*. Ed . Black well publishing Ltd. Pp. 59-102.

Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M., 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.

Chellig R., 1992. Les races ovines algériennes. Office des Publications Universitaires. 1 Place Centrale de Ben Aknoun (Alger).

Chilibroste, P., Mattiauda, D., Bruni, M.A. 2001. Effect of the duration of the grazing session and the inclusion of a source of long fiber, on the production and composition of the milk of Holstein cows pastoreandoavena. *Revista Argentina de Production Animal*, 21 : 73-75.

Chilliard, Y., Ferlay, A., Doreau, M. 2001a. Contrôle de la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait par l'alimentation des vaches laitières : acides gras trans, polyinsaturés, acide linoléique conjugué. *INRA Prod. Anim.* 14:323-335.

Chilliard, Y., Ferlay, A., Doreau, M. 2001b. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Prod. Sci.* 70:31-48.

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. Zootech.* 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. J. Lipid Sci. Technol.* 109:828-855.

Chilliard, Y., Martin, C., Rouel, J., Doreau, M. 2009. Milk fatty acids in dairy cows fed whole crude linseed, extruded linseed, or linseed oil, and their relationship with methane output. *J. Dairy Sci.* 92, 5199-5211.

Chiofalo, B., Liotta, L., Zumbo, A., Chiofalo, V. 2004. Administration of olive cake for ewe feeding: effect on milk yield and composition. *Small Rum. Res.* 55 :169-176.

Chye, F. Y., Aminah, A., Ayob, M. A. 2004. Bacteriological quality and safety of raw milk in Malaysia. *Food Microbiology* 535-54.

Claeys, W L., Verraes, C., Cardoen, S., De Block, J., Huyghebaert, A., Raes, K., Dewettinck, K., Herman, L. 2014. Consumption of raw or heated milk from different species: an evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Contr* 42:188-201.

- Clapham, W.M., Foster, J.G., Neel, J.P.S., Fedders, J.M. 2005.** Fatty acid composition of traditional and novel forages. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 10068-10073.
- CNAnRG, 2003.** Commission Nationale des ressources génétiques animales. Rapport national sur les ressources génétiques animales, Algérie.
- Collomb, M., Bisig, W., Bütikofer, U., Sieber, R., Bregy, M., Etter, L. 2008.** Seasonal variation in the fatty acid composition of milk supplied to dairies in the mountain regions of Switzerland. *Dairy Sci. Technol.* 88:631–647.
- Collomb, M., Bulher, T., 2000.** Analyse de la composition en acides gras de la graisse de lait. *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene* 91, 306–332.
- Collomb, M., Bütikofer, U., Sieber, R., Jeangros, B., Bosset, J.O. 2002a.** Correlation between fatty acids in cows' milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder. *Int. Dairy J.* 12, 661–666.
- Collomb, M., Sieber, R., Bütikofer, U. 2002b.** CLA isomers in milk fat from cows fed diets with high levels of unsaturated fatty acids. *Lipids.* 39: 355–364.
- Coppa, M., Ferlay, A., Chassaing, C., Agabriel, C., Glasser, F., Chilliard, Y., Borreani, G., Barcarolo, R., Baars, T., Kusche, D., Harstad, O.M., Verbič, J., Golecky, J., Martin, B. 2013.** Prediction of bulk milk fatty acid composition based on farming practices collected through on-farm surveys. *J. Dairy Sci.* 96:4197–4211.
- Coppa, M., Ferlay, A., Monsallier, F., Verdier-Metz, I., Pradel, P., Didienne, R., Farruggia, A., Montel, M.C., Martin, B. 2011.** Milk fatty acid composition and cheese texture and appearance from cows fed hay or different grazing systems on upland pastures. *J. Dairy Sci.* 94, 1132–1145.
- Coulon, J.B., D'Hour, P., Garel, J.P., Petit, M. 1986.** Performances des vaches laitières à la rentrée à l'étable à l'automne : influence du type de ration de base et de la quantité de concentré offerte. *Ann. Zootech.* 35, 37-48.
- 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. *J. Dairy Sci.* 89: 1956–1969.
- Craninx, M., Steen, A., Van Laar, H., Van Nespen, T., Martin-Tereso, J., De Baets, B., Fievez, V. 2008.** Effect of lactation stage on the odd- and branched-chain milk fatty acids of dairy cattle under grazing and indoor conditions. *J. Dairy Sci.* 91, 2662–2677.
- Croguennec, T., Jeantet, R., Brule, G. 2008.** Fondements physicochimiques de la Technologie Laitière. Paris: Ed. Tec et Doc.
- Cuvelier, C., Cabaraux, J. F., Dufrasne, I., Istasse, L., Hornick, J. L. 2005.** Digestion and absorption of fatty acids in the ruminant. *Ann. Med. Vet.* 149:49-59.

- Dagdemir, E., Cakmakci, S., Gundogdu, E. 2009.** Effect of *Thymus haussknechtii* and *Origanum acutidens* essential oils on the stability of cow milk butter. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 111, 1118–1123.
- Dal Bosco, A., Castellini, C., Martino, M., Mattioli, S., Marconi, O., Sileoni, V., Ruggeri, S., Tei, F., Benincasa, P., 2015.** The effect of dietary alfalfa and flax sprouts on rabbit meat antioxidant content, lipid oxidation and fatty acid composition. *Meat Science*, 106, 31–37.
- Dario, C., Carnicella, D., Dario, M., Bufano, G. 2008.** Genetic polymorphism of β -lactoglobulin gene and effect on milk composition in Leccese sheep. *Small Ruminant Res* 74:270–3.
- De Renobales, M., Amores, G., Arranz, J., Virto, M., Barrón, L. J. R., Bustamante, M. A., Ruiz De Gordo, J. C., Nájera, A. I., Valdivielso, I., Abilleira, E., Beltrán De Heredia, I., Pérez-Elortondo, F. J., Ruiz, R., Albisu, M., Mandaluniz, N. 2012.** Part-time grazing improves sheep milk production and its nutritional characteristics. *Food Chemistry* 130:90-96.
- Debry, G., 2001.** Lait, nutrition et santé. Editions Tec et Doc, Lavoisier, 566 p.
- Deeth, H.C., Fitz-Gerald, C.H., Snow, A.J. 1983.** A gas chromatographic method for the quantitative determination of free fatty acids in milk and milk products, New Zealand. *J. Dairy Sci. Technol.* 18, 13–20.
- Dehimi, M.L. 2005.** Small ruminant breeds of Algeria. In: INGUEZ L (eds.) characterization of small ruminant breeds in west Asia and North Africa. Vol 2, North Africa International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, 196.
- DePeters, E.J., German, J.B., Taylor, S.J., Essex, S.T., Perez-Monti, H. 2001.** Fatty acid and triglyceride composition of milk fat from lactating Holstein cows in response to supplemental canola oil. *J. Dairy Sci.* 84, 929–936.
- Dewhurst, R.J., Fisher, W.J., Tweed, J.K.S., Wilkins, R.J. 2003.** Comparison of grass and legume silages for milk production. Production responses with different levels of concentrate. *J. Dairy Sci.* 86, 2598–2611.
- Dewhurst, R.J., Shingfield, K.J., Lee, M.R.F., Scollan, N.D. 2006.** Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131: 168–206.
- Dhiman, T.R., Helmink, E.D., McMahon, D.J., Fife, R.L., Pariza, M.W. 1999.** Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. *Journal of Dairy Science* 82, 412–419.
- Dillon P, Roche JR, Shalloo L, Horan B 2005.** Optimising financial return from grazing in temperate pastures. Utilisation of grazed grass in temperate animal systems. Proceedings of a Satellite Workshop of the XXth International Grassland Congress, Cork, Ireland. Wageningen, Netherlands, Wageningen Academic publishers. Pp. 131/147

- 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.
- Doreau, M., Bauchart, D., Chilliard, Y. 2010.** Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding. *Anim. Prod. Sci.*, 51, 19-29.
- Doreau, M., Ferlay, A. 1994.** Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 45:379-396.
- Doreau, M., Fievez, V., Troegeler-meynadier, A., Glasser, F. 2012.** Métabolisme ruminal et digestion des acides gras longs chez le ruminant : le point des connaissances récentes. *INRA Productions Animales*, numéro 4.
- Elaffifi, M., Boudroua, K., Mourot, M. 2015.** Effects of grass and concentrate feed on growth performances of rumbi lamb and meat fat composition. *Scientific Journal of Animal Science*, 3(9) 225-232.
- Elgersma, A. 2015.** Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: a review of the contributing factors, challenges and future perspectives. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 117, 1345–1369.
- 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., Tamminga, S., Ellen, G. 2006.** Modifying milk composition through forage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 207–225.
- Eyal, E., Folman, Y. 1978.** The nutrition of dairy sheep in Israel. In: *Milk Production in the Ewe*, Boyazoglu, J.G. and Treacher, T.T. (eds). EAAP Publication, 23: 84-93.
- 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.
- FAO. 2015.** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), *Le lait et les produits laitiers* (2015).
- FAOSTAT, 2010.** Available at: <http://faostat3.fao.org/home/index.html#HOME>
- FAOSTAT, 2013.** Available at: <http://faostat3.fao.org/home/index.html#HOME> (accessed 22 August 2013).
- Ferlay, A., Agabriel, C., Sibra, C., Journal, C., Martin, B., Chilliard, Y. 2008.** Tanker milk variability in fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in a French semi-mountain area. *J. Dairy Sci. Technol.*, 88:193–215.
- Ferlay, A., Martin, B., Pradel, P., Coulon, J.B., Chilliard, Y. 2006.** Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in Tarentaise and Montbeliarde cow breeds. *J. Dairy Sci.* 89, 4026–4041.

- Fernandez, J., Perez-Alvarez, JA., Fernandez-Lopez, JA. 1997.** Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chem.* 59 : 345-53.
- Finneran, E., Crosson, P., O’Kiely, P., Shalloo, L., Forristal, D., Wallace, M., 2010.** Simulation modelling of the cost of producing and utilising feeds for ruminants on Irish farms. *J. Farm Manage.* 14, 95–116
- Foglietta, F., Serpe, L., Canaparo, R., Vivenza, N., Riccio, G., Imbalzano, E., Gasco, P., Zara, GP. 2014.** Modulation of butyrate anticancer activity by solid lipid nanoparticle delivery: an in vitro investigation on human breast cancer and leukemia cell lines. *J Pharm Pharm Sci* 17:231–47.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S. 1957.** A simple method for the isolation and purification of lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226: 497-509.
- Frankel, E. N. 2005.** *Lipid Oxidation.* 2nd ed. The Oily Press, Bridgewater, UK.
- Gantner, V., Mijic, P., Baban, M., Zoran, S., Alka, T. 2015.** The overall and fat composition of milk of various species. *Mljekarstvo* 65:223–31.
- 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.
- Gillingham, L.G., Harris-Janz, S., Jones, P.J.H. 2011.** Dietary monounsaturated fatty acids are protective against metabolic syndrome and cardiovascular disease risk factors. *Lipids* 46:209–228.
- Givens, D.I., Shingfield, K.J. 2006.** Optimizing dairy milk fatty acid composition. In: Williams, C., Buttriss, J. (Eds.), *Improving the Fat Content of Foods.* Woodhead Publishing Limited, Cambridge, United Kingdom, pp. 252–280.
- Glasser, F., Doreau, M., Ferlay, A., Loor, J.J., Chilliard, Y. 2007.** Milk fatty acids: mammary synthesis could limit transfer from duodenum in cows. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 8, 817–827.
- Glasser, F., Ferlay, A., Chilliard, Y. 2008a.** Oilseed Lipid Supplements and Fatty Acid Composition of Cow Milk: A Meta-Analysis. *J. Dairy Sci.* 91:4687-4703.
- Glasser, F., Schmidely, P., Sauvant, D., Doreau, M. 2008b.** Digestion of fatty acids in ruminants: A meta-analysis of flows and variation factors. 2. C18 fatty acids. *Animal*, 2, 691-704.
- Gómez-Cortés, P., Frutos, P., Mantecón, A. R., Juárez, M., De La Fuente, M. A., Hervás, G. 2009.** Effect of supplementation on grazing dairy ewes with a cereal concentrate on animal performance and milk fatty acid profile. *Journal of Dairy Science* 92:3964-3972.
- Gomez-Cortes, P., Hervas, G., Mantecon, A.R., Juarez, M., de la Fuente, MA., Frutos, P. 2008.** Milk production, CLA content and in vitro ruminale fermentation in response to high levels of soybean oil in dairy ewe diet. *J Dairy Sci* 91:1560–9.

- Gonzalo, C., Blanco, M. A., Beneitez, E., Juarez, M.T., Martinez A., Linage, B., Ariznabarreta, A. 2005.** Bulk tank milk quality of dairy sheep in the Castilla-Leon region (Spain). *Rencontre Recherche Ruminants*, 12, 401.
- Gredaal. 2001.** Une première lecture des résultats préliminaires du recensement relatif aux élevages en Algérie (2000-2001).
- Griinari, J. M., Bauman, D. E. 1999.** Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. *Advances in conjugated linoleic acid research*, volume 1. AOCS Press, Champaign.
- Griinari, J.M., Corl, B.A., Lacy, S.H., Chouniard, P.Y., Nurmela, K.V.V., Bauman, D.E. 2000.** Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating cows by delta 9-desaturase. *Journal of Nutrition*. 130:2285–2291.
- Griinari, J.M., Dwyer, D.A., McGuire, M.A., Bauman, D.E., Palmquist, D.L., Nurmela, K.V. 1998.** Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81, 1251–1261.
- Guiraud, J. 1998.** *Microbiologie Alimentaire*. Ed. Dunod, Paris.
- Haenlein, G.F.W. 2001.** Past, present and future perspectives of small ruminant dairy research. *J Dairy Sci* 84:2097–115.
- Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Kokkonen, T., Lampi, A.M., Toivonen, V., Shingfield, K.J., Vanhatalo, A. 2011.** Effect of plant oils and camelina expeller on milk fatty acid composition in lactating cows fed red clover silage based diets. *J. Dairy Sci.* 94, 4413–4430.
- Harfoot, C.G., Hazlewood G.P. 1997.** Lipid metabolism in the rumen. In: *The rumen microbial ecosystem*. Hobson P.N., Stewart C.S. (Eds). Blackie Academic & Professional, London, UK, 382-426.
- Harkat, S., Lafri, M. 2007.** Effet des traitements hormonaux sur les paramètres de reproduction chez des brebis «OULED-DJELLAL». *Courrier du Savoir – N°08*, Juin 2007, pp.125-132. Université Mohamed Khider – Biskra, Algérie, 2007.
- Harvatine, K.J., Allen, M.S. 2006.** Effects of fatty acid supplements on milk yield and energy balance of lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 89(3):1081-91.
- Havemose, M. S., Weisbjerg, M. R., Bredie, W. L. P., Poulsen, H. D., Nielsen, J. H. 2006.** Oxidative stability of milk influenced by fatty acids, antioxidants, and copper derived from feed. *J. Dairy Sci.* 89:1970–1980.
- Heck, J.M.L., Van Valenberg, H.J.F., Dijkstra, J., Van Hooijdonk, A.C.M. 2009.** Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition *J. Dairy Sci.*, 92, 4745-4755.
- Hilali, M., El-mayda. Rischkowsky, B. 2011.** Characteristics and utilization of sheep and goat milk in the Middle East. *Small Ruminant Research*, 10: 92- 101.
- Hoffman, P. C., Sievert, S. J., Shaver, R. D., Welch, D. A., Combs, D. K. 1993.** In situ dry matter, protein and fiber degradation of perennial forages. *J. Dairy Sci.* 76:2632.

- Hristov, A.N., Domitrovich, C., Wachter, A., Cassidy, T., Lee, C., Shingfield, K.J., Kairenius, P., Davis, J., Brown, J. 2011.** Effect of replacing solvent-extracted canola meal with high-oil traditional canola, high-oleic acid canola, or high-erucic acid rapeseed meals on rumen fermentation, digestibility, milk production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94, 4057–4074.
- Hulshof, K.F.A.M., van Erp-Baart, M.A., Anttolainen, M., Becker, W., Church, S.M., Couet, C., Hermann-Kunz, E., Kesteloot, H., Leth, T., Martins, I., Moreiras, O., Moschandreas, J., Pizzoferrato, L., Rimestad, A.H., Thorgeirsdottir, H., van Amelsvoort, J.M.M., Aro, A., Kafatos, A.G., Lanzmann-Petithory, D., van Poppel, G., 1999.** Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on trans fatty acids: the TRANSFAIR study. *Eur. J. Clin. Nutr.* 53, 143–157.
- Hur, S. J., Park, G. B., Joo, S. T. 2007.** Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products. *Livest. Sci.* 110:221–229.
- Hurtaud, C., Agabriel, C., Dutreuil, M., Rouille, B. 2010.** Characterization composition of milks according to feeding practices in the main French dairy regions. *Rech. Ruminants*, 17. 381-384.
- Hurtaud, C., Delaby, L., Peyraud, J. L. 2002a.** Evolution of milk composition and butter properties during the transition between winter-feeding and pasture. *Grassl. Sci. Eur.* 7:574–575.
- Hurtaud, C., Delaby, L., Peyraud, J.L. 2007a.** The nature of preserved forage changes butter organoleptic properties. *Lait* 87:505–519.
- Hurtaud, C., Goudebranche, H., Delaby, L., Camier-Caudron, B., Peyraud, J.L. 2002b.** Effet de la nature du regime hivernal sur la qualité du beurre et de l'emmental. *Rencontres Recherches Ruminants*, 9,369.
- Hurtaud, C., Pérez-ramírez, E., Delaby, L., Delagarde, R. 2008.** Composition of milk fatty acids: impact of arestriction of access time to grazing dairy cows in interaction with the amount of maize at the trough. *Rech. Ruminants*, 15: 105-107.
- Hurtaud, C., Peyraud, J. L. 2007b.** Effects of feeding camelina (seeds or meal) on milk fatty acid composition and butter spreadability. *J. Dairy Sci.*, 90 (11): 5134-5145.
- Hurtaud, C., Peyraud, J.L., Michel, G., Berthelot, D., Delaby, L. 2009.** Winter feeding systems and dairy cow breed have an impact on milk composition and flavour of two protected designation of origin French cheeses. *Animal* 3: 1327–1338.
- Idoui, T., Rechak, H., Zabayou, N. 2013.** Microbial quality, physicochemical characteristics and fatty acid composition of a traditional butter made from goat milk. *Annals. Food Science and Technology*, Volume 14, Issue 1,108-114.
- Jaworski, J., Kuncewicz, A. 2008.** Właściwości fizykochemiczne mleka. In: Ziajka S, editor. *Mleczarstw.* Olsztyn, Polska: Wyd. UWM.

- Jayanegara, A., Kreuzer, M., Wina, E., Leiber, F. 2011.** Significance of phenolic compounds in tropical forages for the rumen bypass of polyunsaturated fatty acids and the appearance of biohydrogenation intermediates as examined in vitro. *Anim. Prod. Sci.* 51: 1127–1136.
- Jenkins, T.C. 1993.** Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 76, 3851.
- Jenkins, T.C., McGuire, M.A. 2006.** Major advances in nutrition: impact on milk composition. *Journal of Dairy Science* 89:1302–1310.
- Jenkins, T.C., Wallace, R.J., Moate, P.J., Mosley, E.E. 2008.** Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *J. Anim. Sci.*, 86, 397-412.
- Jiang, J., Bjoerck, L., Fonden, R., Emanuelson, M. 1996.** Occurrence of conjugated cis-9, trans-11-octadecadienoic acid in bovine milk: effects of feed and dietary regimen. *Journal of Dairy Science* 79, 438–445.
- Joya, M., Ripoll-Boscha, R., Sanza, A., Molinoa, F., Blascoa, I., Álvarez-Rodríguezb, J. 2014.** Effects of concentrate supplementation on forage intake, metabolic profile and milk fatty acid composition of unselected ewes raising lambs. *Animal Feed Science and Technology* 187:19– 29.
- Juárez, M., Horcada, A., Alcalde, M.J., Valera, M., Mullen, A.M., Molina, A. 2008.** Estimation of factors influencing fatty acid profiles in light lambs. *Meat Sci* 79, 203-210.
- Kairenius, P., Toivonen, V., Shingfield, K. 2011.** Identification and ruminal outflow of long-chain fatty acid biohydrogenation intermediates in cows fed diets containing fish oil. *Lipids*, 46, 587-606.
- Kälber, T., Meier, J.S., Kreuzer, M., Leiber, F. 2011.** Flowering catch crops used as forage plants for dairy cows: influence on fatty acids and tocopherols in milk. *J. Dairy Sci.* 94: 1477–148.
- Kalscheur, K.F., Teter, B.B., Piperova, L.S., Erdman, R.A. 1997.** Effect of dietary forage concentration and butter addition on duodenal flow of trans-18: 1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 80, 2104–2114.
- Kaminarides, S., Stamou, P., Massouras, T. 2007.** Comparison of the characteristics of set-type yoghurt made from ovine milk of different fat contents. *Int J Food Sci Tech* 42:1019–28.
- Katz, I., Keeney, M. 1966.** Characterization of the octadecenoic acids in rumen digesta and rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 49:962-966.
- Kay, J.K., Roche, J.R., Kolver, E.S., Thomson, N.A., Baumgard, L.H. 2005.** A comparison between feeding systems (pasture and TMR) and the effect of vitamin E supplementation on plasma and milk fatty acid profiles in dairy cows. *J. Dairy Res.* 72, 322–332.
- Kelly, M. L., Kolver, E. S., Bauman, D. E., Van Amburgh, M. E., Muller, L. D. 1998.** Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81:1630–1636.

- Keogh, M.K. 2006.** Advanced Dairy Chemistry, Chemistry and technology of better and milk fat spreads. 3emeEdition. Cork, Ireland: Springer Science, University College, Vol. 2 p. 333-355.
- Kepler, C. R., Tove, S. B. 1967.** Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. 3. Purification and properties of a linoleate delta-12-cis, delta-11-trans-isomerase from *Butyrivibrio fibrisolvens*. J Biol Chem 242:5686-5692.
- Kerboua, M., Feliachi, K., Abdelfettah, M., Ouakli, K., Selhab, F., Boudjakdji, A., Takoucht, A., Benani, Z., Zemour, A., Belhadj, N., Rahmani, M., Khecha, A., Haba, A., Ghenim, H. 2003.** National Report On Animal Genetic Resources: Ministry of Agriculture and Rural Development, National Committee AnGR, Algeria:1-46.
- Khan, N.A., Cone, J.W., Fievez, V., Hendricks; W.H. 2012.** Causes of variation in fatty acid content and composition in grass and maize silages. Animal Feed Science and Technology 174, 36-45.
- Khelifi, Y. 1999.** Les productions ovines et caprines dans les zones steppiques algériennes. In: Rubino R. (ed.), Morand-Fehr P. (ed.). Systems of sheep and goat production: Organization of husbandry and role of extension services. Zaragoza : CIHEAM. P : 245-247. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 38.
- Kilgour, R.J., Waterhouse, T., Dwyer, C.M., Ivanov, I.D. 2008.** Farming systems for sheep production and their effect on welfare. In: The Welfare of Sheep (ed) C.M. Dwyer. Springer Science.p 213–265.
- Klein, C.M., Jenkins, T.C. 2011.** Docosahexaenoic acid elevates *trans*-18:1 isomers but is not directly converted into *trans*-18:1 isomers in ruminal batch cultures. J. Dairy Sci., 94, 4676-4683.
- Kliem, K.E., Morgan, R., Humphries, D.J., Shingfield, K.J., Givens, D.I. 2008.** Effect of replacing grass silage with maize silage in the diet on bovine milk fatty acid composition. Animal 2, 1850–1858.
- Kliem, K.E., Shingfield, K.J. 2016.** Manipulation of milk fatty acid composition in lactating cows: opportunities and challenges. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 118, 1–16.
- Kornacki, J.L., Flowers, R.S., Robert, L., Bradley, J.R. 2001.** Microbiology of butter and related products. Dans: MARTH E.H., STEELE J.L. Applied dairy Microbiol, 2eme édition, revised and expanded, p.128.
- Kraft, J., Collomb, M., Möckel, P., Sieber, R., Jahreis, G. 2003.** Differences in CLA isomer distribution of cow's milk lipids. Lipids 38: 657–664.
- Lahsaoui, S. 2009.** Etude du procédé de fabrication d'un produit laitier traditionnel algérien (Kilila). Thèse de doctorat d'état : Département d'Agronomie : Université de Batna.Algérie.
- Larsen, M.K., Frette, X.C., Kristensen, T., Eriksen, J. 2012.** Fatty acid, tocopherol and carotenoid content in herbage and milk affected by sward composition and season of grazing. J. Sci. Food Agric. 92, 2891–2898.

- Larsen, M.K., Nielsen, J.H., Butler, G., Leifert, C., Slots, T., Kristiansen, G.H., Gustafsson, A.H. 2010.** Milk quality as affected by feeding regimens in a country with climatic variation. *J. Dairy Sci.* 93, 2863–2873.
- Latham, M.J., Sutton, J.D., Sharpe, M.E. 1974.** Fermentation and microorganisms in the rumen and the content of fat in the milk of cows given low roughage rations. *Journal of Dairy Science.* 57:803–810.
- Lawless, F., Murphy, J.J., Harrington, D., Deverry, R., Stanton, C. 1998.** Elevation of conjugated cis-9, trans-11- octadecadienoic acid in bovine milk because of dietary supplementation. *Journal of Dairy Science* 81, 3259–3267.
- Le quellec, J. L., Treal, C., Ruiz, J. M. 2006.** Maisons du Sahara : habiter le désert, éd. Hazan, Paris, p.180.
- LeDoux, M., Rouzeau, A., Sauvant, D., Bas, P. 2002.** Occurrence of trans-C18:1 fatty acid isomers in goat milk: effect of two dietary regimens. *Journal of Dairy Science* 85, 190–197.
- Lee, Y.-J., Jenkins, T. C. 2011.** Biohydrogenation of linolenic Acid to stearic Acid by the rumen microbial population yields multiple intermediate conjugated diene isomers. *J. Nutr.* 141:1445-1450.
- Leiber, F., Kreuzer, M., Nigg, D., Wettstein, H.-R., Scheeder, M.R.L. 2005.** A study on the causes for the elevated omega-3 fatty acids in cow's milk of alpine origin. *Lipids* 40: 191–202.
- Lock, A.L., Shingfield, K.J. 2004.** Optimising milk composition. In: Kebreab, E., Mills, J., Beever, D.E. (Eds.), *Dairying – Using Science to Meet Consumers' Needs*. Occasional Publication No 29 of the British Society of Animal Science Nottingham University Press, Loughborough, United Kingdom, pp. 107–108.
- Loor, J. J., Ueda, K., Ferlay, A., Chilliard, Y., Doreau, M. 2004.** Biohydrogenation, duodenal flow, and intestinal digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage: concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:2472-2485.
- Loor, J. J., Ueda, K., Ferlay, A., Chilliard, Y., Doreau, M. 2005a.** Intestinal flow and digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids (CLA) in dairy cows fed a high-concentrate diet supplemented with fish oil, linseed oil, or sunflower oil. *Animal Feed Science and Technology* 119(3-4):203-225.
- Loor, J.J., Ferlay, A., Ollier, A., Doreau, M., Chilliard, Y. 2005b.** Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *J. Dairy Sci.* 88, 726–740.
- Lordan, R., Zabetakis, I. 2017.** Invited review: The anti-inflammatory properties of dairy lipids. *J DairySci* (in press).
- Lourenço, M., Ramos-Morales, E., Wallace, R.J. 2010.** The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. *Animal*, 4, 1008-1023.

- Lourenço, M., Vlaeminck, B., Van Ranst, G., De Smet, S., Fievez, V. 2008.** Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta and ruminant meat and milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 145, 418–437.
- Luna, P., Fontecha, J., Juárez, M., & de la Fuente, M. A. 2005.** Changes in the milk and cheese fat composition of ewes fed commercial supplements containing linseed with special reference to the CLA content and isomer composition. *Lipids*, 40:445–453.
- Lupien J, 1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Organisation des Nations pour l'Alimentation et l'Agriculture. Rome. 272p.
- Lurueña-Martínez, M A., Palacios, C., Vivar-Quintana, A M., Revilla, I. 2010.** Effect of the addition of calcium soap to ewes' diet on fatty acid composition of ewe milk and subcutaneous fat of suckling lambs reared on ewe milk. *Meat Science* 84: 677–683
- MacGibbon, A.K.H., Taylor, MW. 2006.** Composition and structure of bovine milk lipids. In: Fox PF, McSweeney PLH, editors. *Advanced Dairy Chemistry*. Vol. 2, 3rd ed. N.Y., U.S.A.: Springer. p 1–42.
- Makhloufi, A. 2013.** Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. Thèse de doctorat. L'université Aboubaker Belkaid, Tlemcen.
- Manca, M G., Serdino, J., Gaspa, G., Urgeghe, P., Ibba, I., Contu, M., Fresi, P., Macciotta, NPP. 2016.** Derivation of multivariate indices of milk composition, coagulation properties, and individual cheese yield in dairy sheep. *J Dairy Sci* 99:4547–57.
- Manglano, P., Lagarda, M. J., Silvestre, M. D., Vidal, C., Clemente, G., Farré, R. 2005.** Stability of the lipid fraction of milk based infant formulas during storage. *Eur J Lipid Sci Technol.* 107, 815–823.
- Marlière, E., Costa, J.T. 2007.** Transport et stockage des denrées dans l'Afrique romaine : le rôle de l'outre et du tonneau.
http://antiquariumibiza.com/pdf/2007_outre_et_tonneau_en_Afrique.pdf
- Martin C., Morgavi D., Doreau M., Jouany J.P. 2006.** Comment réduire la production de méthane chez les ruminants ? *Fourrages*, 187, 283-300.
- Martin, B., Ferlay, A., Pradel, P., Rock, E., Grolier, P., Dupont, D., Gruffat, D., Besle, J.M., Ballot, N., Chilliard, Y., Coulon, J.B. 2002.** Variabilité de la teneur des laits en constituants d'intérêt nutritionnel selon la nature des fourrages consommés par les vaches laitières. *Renc. Rech. Rum.*, 9, 347-350.
- Martini, M., Liponi, G. B., Salari, F. 2010.** Effect of forage: Concentrate ratio on the quality of ewe's milk, especially on milk fat globules characteristics and fatty acids composition. *Journal of Dairy Research*, 77: 239–244.

- Martini, M., Mele, M., Scolozzi C., Salari, F. 2008a.** Cheese making aptitude and the chemical and nutritional characteristics of milk from Massese ewes Ital.J.Anim.Sci. vol. 7: 419-437.
- Martini, M., Scolozzi, C., Cecchi, F., Mele, M., Salari, F. 2008b.** Relationship between morphometric characteristics of milk fat globules and the cheese making aptitude of sheep's milk. Small Ruminant Research, 74, 194-201.
- Mathieu, J. 1998.** Initiation à la Physicochimie du Lait. Ed. Tec. et Doc. Lavoisier, Paris.
- Mayer, H.K., Fiechter, G. 2012.** Physical and chemical characteristics of sheep and goat milk in Austria. Int Dairy J. 24:57-63.
- Mele, M., Contarini, G., Cercari, L., Serra, A., Buccioni, A., Povolò, M. 2011.** Enrichment of Pecorino cheese with conjugated linoleic acid by feeding dairy ewes with extruded linseed: Effect on fatty acid and triglycerides composition and on oxidative stability. International Dairy Journal, 21: 365–372.
- Mierlita, D., Daraban St, Lup, F. 2011.** Effects of breed on milk fatty acid profile in dairy ewes, with particular reference to cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid. S. Afr. J. Anim. Sci., 41 (no. 3):224-231.
- 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.
- Ministry of agriculture and rural development. 2013.** LIVEST PROD SCI. Retrieved from: <http://www.minagri.dz/>
- Ministry of agriculture and rural development. 2016.** LIVEST PROD SCI. Retrieved from: <http://www.minagri.dz/> http://leconews.com/fr/actualites/nationale/agriculture/le-cheptel-national-depasse-34-millions-tetes-31-05-2015-174536_291.php
- Mohamed, O. E., Satter, L. D., Grummer, R. R., Ehle, R.R. 1988.** Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. J. Dairy Sci. 71: 2677–2688.
- Mohammed, R., McGinn, S.M., Beauchemin, K.A. 2011.** Prediction of enteric methane output from milk fatty acid concentrations and rumen fermentation parameters in dairy cows fed sunflower, flax, or canola seeds. J. Dairy Sci. 94, 6057–6068.
- Mohammed, R., Stanton, C.S., Kanelly, J.J., Kramer, J.K.G., Mee, J.F., Glimm, D.R., O'Donovan, M., Murphy, J.J. 2009.** Grazing cows are more efficient than zero-grazed and grass silage-fed cows in milk rumenic acid production. J. Dairy Sci. 92, 3874–3893.
- Molik, E., Bonczar, G., Misztal, T., Zebrowska, A., Zieba, D. 2012.** The effect of the photoperiod and exogenous melatonin on the protein content in sheep milk. In: Hurley WL, editor. Milk protein. 1st ed. Rijeka: Intech.
- Moorby, J.M., Lee, M.R.F., Davies, D.R., Kim, E.J., Nute, G.R., Ellis, N.M., Scollan, N.D. 2009.** Assessment of dietary ratios of red clover and grass silages on milk production and milk quality in dairy cows. J. Dairy Sci. 92, 1148–1160.

- Morales-Almaraz, E., Soldado, A., Gonzalez, A., Martinez Fernandez, A., Dominguez-Vara, I., de la Roza-Delgado, B., Vicente, F. 2010.** Improving the fatty acid profile of dairy cow milk by combining grazing with feeding of total mixed ration. *Journal of Dairy Research* 77:225–230
- Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M., Le Frileux, Y. 2007.** Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Res.* 68:20-34.
- Morris, S.T. 2009.** Economics of sheep production. *Small Ruminant Research* 86: 59–62.
- Morrison, W.R., Smith, M. 1964.** Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl acetals from lipids with boron fluoride–methanol. *J. Lipid. Res.*, 5: 600–608.
- Morsy, A.H.A. 2002.** Evaluation of prolific and non-prolific breeds of sheep under the environmental condition of middle Egypt: Ph.D Thesis. Faculty of Agriculture, Minia University, Egypt.
- Mosley, S.A., Mosley, E.E., Hatch, B., Szasz, J.I., Corato, A., Zacharias, N., Howes, D., McGuire, M.A. 2007.** Effect of varying levels of fatty acids from palm oil on feed intake and milk production in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90, 987–993.
- Muehlhoff, E., Bennett A., McMahon D. 2013.** Milk and dairy products in human nutrition. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Murphy, J.J. 1985.** Effect of feeding sodium bicarbonate in the concentrate or beet pulp on milk yield and composition in cows after turnout to pasture in spring. *Ir. J. Agric. Res.*, 24, 143-149.
- Nedjraoui D., 2001.** Profil Fourrager, Algérie. URBT, Alger, 05p.
- Neveu, C., Baurhoo, B., Mustafa, A. 2013.** Effect of feeding extruded flaxseed with different forage: concentrate ratios on the performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96, 3886–3894.
- Nudda, A., Battacone, G., Neto, O.B., Cannas, A., Francesconi, A.H.D., Atzori, A.S., Pulina, G. 2014.** Feeding strategies to design the fatty acid profile of sheep milk and cheese. *R. Bras. Zootec.* 43(8):445-456.
- Nudda, A., McGuire, M. A., Battacone, G., Pulina, G. 2005.** Seasonal variation in conjugated linoleic acid and vaccenic acid in milk fat of sheep and its transfer to cheese and ricotta. *Journal of Dairy Science* 88:1311-1319.
- Nudda, A., Mele, M., Battacone, G., Usai, M. G., Macciotta, N. P.P. 2003.** Comparison of conjugated linoleic acid (CLA) content in milk of ewes and goats with the same dietary regimen. *Italian Journal of Animal Science* 2(Suppl. 1):515-517.
- Nunez-Sanchez, N., Martinez-Marin, AL., Polvillo, O., Fernandez-Cabanas, VM., Carrizosa, J., Urrutia, B., Serradilla, JM. 2016.** Near Infrared Spectroscopy (NIRS) for the determination of the milk fat fatty acid profile of goats. *Food Chem* 190:244–52.

- O’Conner, T.P., O’Brien, N.M. 1995.** Lipid oxidation. In: Fox, P.F. (Ed.), *Advanced Dairy Chemistry* Volume 2, Lipids. second ed. Chapman & Hall, UK, pp. 309–333.
- O’Callaghan, T. F., Faulkner, H., McAuliffe, S., O’Sullivan, M. G., Hennessy, D., Dillon, P., Kilcawley, K. N., Stanton, C. & Ross, R. P. 2016.** Quality characteristics, chemical composition, and sensory properties of butter from cows on pasture versus indoor feeding systems. *Journal of Dairy Science* 99:9441-9460.
- Ochea-Cordero, M.A., Torres-Hernandez, G., Alfaro, O., Vega-Roque, L., Mandeville P.B. 2002.** Milk yield and composition of Rambouillet ewes under intensive management. *Small Ruminant Research*, 43: 269-274.
- Ozturk, S., Cakmakci, S. 2006.** The effect of antioxidants on butter in relation to storage temperature and duration. *Eur J Lipid Sci Technol.* 108, 951–959.
- Palladino, R.A., Buckley, F., Prendiville, R., Murphy, J.J., Callan, J., Kenny, D.A. 2010.** A comparison between Holstein-Friesian and Jersey dairy cows and their F1 hybrid on milk fatty acid composition under grazing conditions. *J. Dairy Sci.* 93, 2176–2184.
- Palmquist, D. L., Jenkins, T. C. 1980.** Fat in lactation rations: review. *J. Dairy Sci.* 63:1.
- Palmquist, D.L., Beaulieu, A.D., Barbano, D.M. 1993.** Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science.* 76:1753–1771.
- Palmquist, D.L., Lock, A.L., Shingfield, K.J., Bauman, D.E. 2005.** Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. *Adv. Food Nutr. Res.* 179–217.
- Park, Y W., Juarez, M., Ramos, M., Haenlein, GFW. 2007.** Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminants Res* 68:88–113.
- Pavic, V., Antunac, N., Mioc, B., Ivankovic, A., Havranek, J.L. 2002.** Influence of stage of lactation on the chemical composition and physical properties of sheep milk. *Czech Journal of Animal Science*, 47 (2), 80-84.
- Petersen, M.B., Søgaard, K., Jensen, S.K. 2011.** Herb feeding increases n-3 and n-6 fatty acids in cow milk. *Livest. Sci.* 141: 90–94.
- Prache, S., Cornu, A., Berdagué, J.L., Priolo, A. 2005.** Traceability of animal feeding diet in the meat and milk of small ruminants. *Small Rum. Res.* 59: 157–168.
- Precht, D., Molkentin, J. 1999b.** Analysis and seasonal variation of conjugated linoleic acid and further cis-/trans-isomers of C18:1 and C18: 2 in bovine milk fat. *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte.* 51, 63–78.
- Pulina G., Nudda A., Battacone G., Cannas A. 2006.** Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 255–291.
- Ramos, M., Juarez, M. 2003.** Sheep milk. In: Roginski H, Fuquay JW, Fox PF, editors. *Encyclopedia of dairy sciences.* Vol. 4. Amsterdam, The Netherlands: Academic Press. p 2539–45.

- Rasmussen, N., Andersen, J H., Jespersen, H., Mouritsen, O G., Ditzel, H J. 2010.** Effect of free fatty acids and lysolipids on cellular uptake of doxorubicin in human breast cancer cell lines. *Anticancer Drugs* 21:674–7.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. 2008.** Composition of goat and sheep milk products: an update. *Small Rum Res* 79:57–72.
- Rearte, D. H., Santini, F. J. 1989.** Digestion ruminal y produccion en animales en pastoreo. *Revista Argentina de Prod. Anim.* 9:93.
- Recio, I., de la Fuente, A., Juarez, M., Ramos, M. 2009.** Bioactive compounds in sheep milk. In: Park YW, editor. *Bioactive compounds in milk and dairy products*. Iowa: Wiley-Blackwell, p 83–104, Chapter 4.
- Revilla, I., Escuredo, O., Gonzalez-Martin, M I., Palacios, C. 2017.** Fatty acids and fat-soluble vitamins in ewe’s milk predicted by near infrared reflectance spectroscopy. Determination of seasonality. *Food Chem* 214:468-77
- Reynolds, C.K., Cannon, V.L., Loerch, S.C. 2006.** Effects of forage source and supplementation with soybean and marine algal oil on milk fatty acid composition of ewes. In: *Anim. Feed Sci. Technol.*, 131, p. 333-357.
- Roda, G., Fialà, S., Vittorini, M., Secundo, F. 2015.** Fatty acid composition and fat content in milk from cows grazing in the Alpine region. *Eur. Food Res. Technol.* 241, 413–418.
- Rodriguez-Alcala, LM., Braga, T., Malcata, FX., Gomes, A., Fontecha, J. 2011.** Quantitative and qualitative determination of CLA produced by Bifidobacterium and lactic acid bacteria by combining spectrophotometric and Ag+-HPLC techniques. *Food Chem* 125:1373–8.
- Rouissi, H., Kamoun, M., Rekik, R., Tayachi, L., Hammami, S., Hammami, M. 2006.** Study of milk quality in dairy sheep in Tunisia. *CIHEAM-Option Méditerranéennes, Série A*, 78, 307-311.
- Sagdic, O., Ozturk, I., Yilmaz, M. T., Yetim, H. 2011.** Effect of grape pomace extracts obtained from different grape varieties on microbial quality of beef patty. *J. Food Sci.* 76:M5 15–M5 21. [PubMed].
- Sahan, N., Say, D., Kacar, A. 2005.** Changes in chemical and mineral contents of Awassi ewe’s milk during lactation. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29: 589-593.
- Saliba, L., Gervais, R., Lebeuf, Y., Chouinard, P.Y. 2014.** Effect of feeding linseed oil in diets differing in forage to concentrate ratio: 1. Production performance and milk fat content of biohydrogenation intermediates of alpha linolenic acid. *J. Dairy Res.* 81, 82–90.
- Samet-Bali, O., Ayadi, M.A., Attia, H. 2009.** Traditional Tunisian butter: Physicochemical and microbial characteristics and storage stability of the oil fraction. *LWT - Food Science and Technology* 42 : 899–905.

- Samková, E., Pešek, M., Špička, J., Pelikánová, T., Hanuš, O. 2009.** The effect of feeding diets markedly differing in the proportion of grass and maize silages on bovine milk fat composition. *Czech J. Anim. Sci.* 54, 93–100.
- SanzSampelayo, M. R., Chilliard, Y., Schmidely, P.H., Boza, J. 2007.** Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68:42–63.
- Saremnezhad, S., Azizi, M.H., Hoseini, S.K. 2008.** Evaluation of chemical and microbial characteristics of butter packaged by dairy industries. *Journal of Food Science and Technology* 5(4): 37-46.
- Schmidely, P., Glasser, F., Doreau, M., Sauvant, D. 2008.** Digestion of fatty acids in ruminants: A meta-analysis of flows and variation factors. 1. Total fatty acids. *Animal*, 2,677-690.
- Schreckenberg, K. 2004.** The contribution of shea butter (*Vitellaria paradoxa* CF Gaertner) to local livelihoods in Benin. In Sunderland T, Ndoye O (eds.), *Forest Products, Livelihoods and Conservation Indonesia*, pp. 91-113.
- Schroeder, G. F., Delahoy, J. E., Vidaurreta, I., Bargo, F., Gagliostro, G. A., Muller, L. D. 2003.** Milk fatty acid composition of cows fed a total mixed ration or pasture plus concentrate replacing corn with fat. *J. Dairy Sci.* 86:3237–3248.
- Schwendel, B.H., Wester, T.J., Morel, P.C.H., Tavendale, M.H., Deadman, C., Shadbolt, N.M., Otter, D.E. 2015.** Invited review: organic and conventionally produced milk – an evaluation of factors influencing milk composition. *Journal of Dairy Science* 98: 721–746.
- Selvaggi, M., Laudadio, V., Dario, C., Tufarelli, V. 2014a.** Investigating the genetic polymorphism of sheep milk proteins: an useful tool for dairy production. *J Sci Food Agric* 94:3090–9.
- Selvaggi, M., Laudadio, V., Dario, C., Tufarelli, V. 2014b.** Major proteins in goat milk: an updated overview on genetic variability. *Mol Biol Rep* 41:1035–48.
- Shingfield, K. J., Bernard, L., Leroux, C., Chilliard, Y. 2010.** Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Animal* 4:1140-1166.
- Shingfield, K.J., Bonnet, M., Scollan, N.D. 2013.** Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal* 7: 132–162.
- Shingfield, K.J., Chilliard, Y., Toivonen, V., Kairenius, P., Givens, D.I. 2008.** Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. In: Bösze, Z. (Ed.). *Bösze, Z. (Ed.), Bioactive Components of Milk, Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 606. Springer, New York, US, pp. 3–65.
- Shingfield, K.J., Reynolds, C.K., Hervás, G., Griinari, J.M., Grandison, A.S., Beaver, D.E. 2006.** Examination of the persistency of milk fatty acid responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89, 714–732.

- Shingfield, K.J., Salo-Vänänen, P., Pahkala, E., Toivonen, V., Jaakkola, S., Piironen, V., Huhtanen, P. 2005.** Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on the fatty acid composition and vitamin content of cows' milk. *J. Dairy Res.* 72, 349–361.
- Sim, J.S., 1998.** Designer eggs and their nutritional and functional significance. *Word Rev Nutr Dietet.* 83:89-101.
- Simopoulos, AP. 2002.** The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother* 56:365–79.
- Simos, E.N., Nikolaou, E.M., Zoiopoulos, P.E. 1996.** Yield, composition and certain physicochemical characteristics of milk of the Epirus mountain sheep breed. *Small Ruminant Res.* 20:67-74.
- Simsek, B. 2011.** Studies on the storage stability of yayik butter. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 6, 175181.
- Soder, K.J., Sanderson, M.A., Stack, J.L., Muller, L.D. 2006.** Intake and performance of lactating cows grazing diverse forage mixtures. *J. Dairy Sci.* 89, 2158–2167.
- Song, M.K. 2000.** Fatty acid metabolism by rumen microorganisms. *Asian-Australasian Journal of Dairy Science.* 13:137–148
- Soyeurt, H., Dardenne, P., Gillon, A., Croquet, C., Vanderick, S., Mayeres, P., Bertozzi, C., Gengler, N. 2006.** Variation in fatty acid contents of milk and milk fat within and across breeds. *J. Dairy Sci.* 89, 4858–4865.
- Soyeurt, H., Gillon, A., Vanderick, S., Mayeres, P., Bertozzi, C., Gengler, N. 2007.** Estimation of heritability and genetic correlations for the major fatty acids in bovine milk. *J. Dairy Sci.* 90, 4435–4442.
- Stancheva, N., Naydenova, N., Staikova, G. 2009.** Physicochemical composition, properties, and technological characteristics of sheep milk from the bulgarian dairy synthetic population, *Macedonian Journal of Animal Science*, 1, 73–76.
- Stoop, W.M., van Arendonk, J.A.M., Heck, J.M.L., van Valenberg, H.J.F., Bovenhuis, H. 2008.** Genetic parameters for major milk fatty acids and milk production traits of Dutch Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 91, 385–394.
- Sukhija, P. S., Palmquist, D. L. 1988.** Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *J. Agric. Food Chem.* 36: 1202–1206.
- Sutton, J.D. 1989.** Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science* 72:2801–2814.
- Tamime, A Y., Wszolek, M., Bozanic, R., Ozer, B. 2011.** Popular ovine and caprine fermented milks. *Small Ruminant Res* 101:2–16.

- Thomson, G. E., Hartmann, P. E., Goode, J. A., Lindsay, K. S. 1982.** Some effects of acute fasting and climatic stress upon milk secretion in Friesland sheep. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 70A, 13-26.
- Todaro, M., Dattenab, M., Acciaiolic, A., Bonanno, A., Brunid, G., Caroprese, M., Melef, M., Sevie, A., Trabalza Marinuccig M. 2015.** Aseasonal sheep and goat milk production in the Mediterranean area: Physiological and technical insights. *Small Ruminant Research* 126 (2015) 59–66.
- Toral, P. G., Frutos, P., Hervás, G., Gómez-Cortés, P., Juárez, M., de la Fuente, M. A. 2010b.** Changes in milk fatty acid profile and animal performance in response to fish oil supplementation, alone or in combination with sunflower oil, in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 93: 1604–161.
- Toral, P.G., Belenguer, A., Shingfield, K.J., Hervás, G., Toivonen, V., Frutos, P. 2012.** Fatty acid composition and bacterial community changes in the rumen fluid of lactating sheep fed sunflower oil plus incremental levels of marine algae. *J. Dairy Sci.*, 95, 794-806.
- Toral, P.G., Shingfield, K.J., Hervás, G., Toivonen, V., Frutos, P. 2010a.** Effect of fish oil and sunflower oil on rumen fermentation characteristics and fatty acid composition of digesta in ewes fed a high concentrate diet. *J. Dairy Sci.*, 93, 4804-4817.
- Tvrzicka, E., Kremmyda, L.S., Stankova, B., Zak, A. 2011.** Fatty acids as biocompounds: their role in human metabolism, health and disease—a review. Part 1: classification, dietary sources and biological functions. *Biomedical papers* 155(2): 117-130.
- Ulbricht, T.L., Southgate, D.A. 1991.** Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* 338: 985–992.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991.** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74, 3583–3597.
- Vanhatalo, A., Kuoppala, K., Toivonen, V., Shingfield, K.J. 2007.** Effects of forage species and stage of maturity on bovine milk fatty acid composition. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109, 856–867.
- Vargas-Bello-Pérez, E., Vera, R.R., Aguilar, C., Lira, R., I. Peñna, J. Fernández, H. 2013.** Feeding olive cake to ewes improves fatty acid profile of milk and cheese. *Animal Feed Science and Technology* 184:94– 99.
- Venkateshwarlu, G., Let, M. B., Meyer, A. S., Jacobsen, C. 2004.** Chemical and olfactometric characterization of volatile flavor compounds in a fish oil enriched milk emulsion. *J. Agric. Food Chem.* 52:311–317.
- Verkerk, G., 2003.** Pasture based dairying: challenges and rewards for New Zealand producers. *Theriogenology* 50, 553–561.

- Wachira, A.M., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., Hallett, K., Enser, M., Wood, J.D. 2000.** Rumen biohydrogenation of n-3 polyunsaturated fatty acids and their effects on microbial efficiency and nutrient digestibility in sheep. *Journal of Agricultural Science*. 135:419–428
- Walker, G.P., Dunshea, F.R., Doyle, P.T. 2004.** Effects of nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*. 55:1009–1028.
- Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., Van Boekel, M. A. J. S. 1999.** Principles of milk properties and processes. P. Walstra, T. J. Geurts, A. Noomen, A. Jellema, and M. A. J. S. Van Boekel, ed. Marcel Dekker, New York, NY. Butter. Pages 485–515 in *Dairy Technology*.
- Walstra, P., Wouters, J.T.M., Geurts, T.J. 2006.** *Dairy science and technology*. 2nd ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group. 762 p.
- Wang, T., Lee, HG. 2015.** Advances in research on cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid: a major functional conjugated linoleic acid isomer. *Crit Rev Food Sci Nutr* 55:720–31.
- Web.agri 2014** <http://www.web-agri.fr/actualite-agricole/economie-social/article/decouvrez-l-etonnante-repartition-des-bovins-a-travers-le-monde-1142-105763.html>
- Weinberg, G., Ripper, R., Feinstein, D.L., Hoffman, W. 2003.** Lipid emulsion infusion rescues dogs from bupivacaine-induced cardiac toxicity. *Reg Anesth Pain Med*. 2003 May;28(3):198–202.
- Welter, K.C., de Magalhães Rodrigues Martins, C.M., de Palma, A.S.V., Martins, M.M., Roqueto dos Reis, B., Unglaube Schmidt, B.L., Netto, A.S. 2016.** Canola oil in lactating dairy cow diets reduces milk saturated fatty acids and improves its omega-3 and oleic fatty acid content. *PLoS One*. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0151876>.
- White, S.L., Bertrand, J.A., Wade, M.R., Washburn, S.P., Green, J.R., Jenkins, T.C. 2001.** Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows in early lactation. *Journal of Dairy Science* 84:2295–2301.
- Wijesinha-Bettoni, R., Burlingame, B. 2013.** Milk and dairy product composition. In: Muehlhoff E, Bennett A, McMahon D, editors. *Milk and dairy products in human nutrition*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Wiking, L., Theil, P.K., Nielsen, J.H., Sorensen, M.T. 2010.** Effect of grazing fresh legumes or feeding silage on fatty acids and enzymes involved in the synthesis of milk fat in dairy cows. *J. Dairy Res*. 77, 337–342.
- 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.
- Wolff, R.L., Bayard, C.C., Fabien, R.J. 1995.** Evaluation of sequential methods for the determination of butterfat fatty acid composition with emphasis on trans-18:1 acids.

Application to the study of seasonal variations in French butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 75, 1471–148.

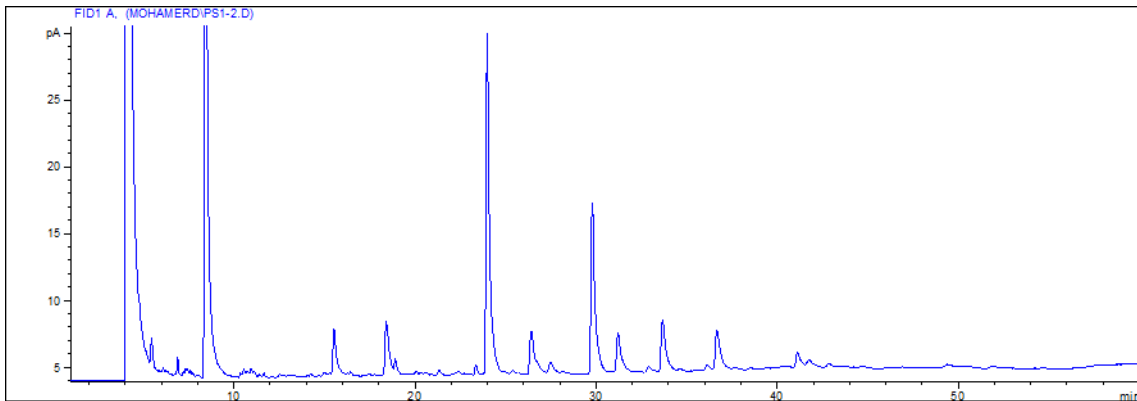
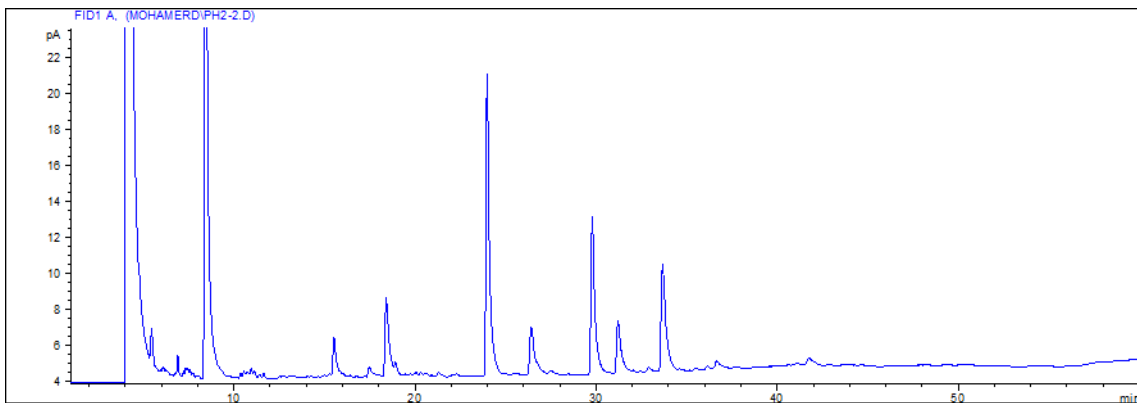
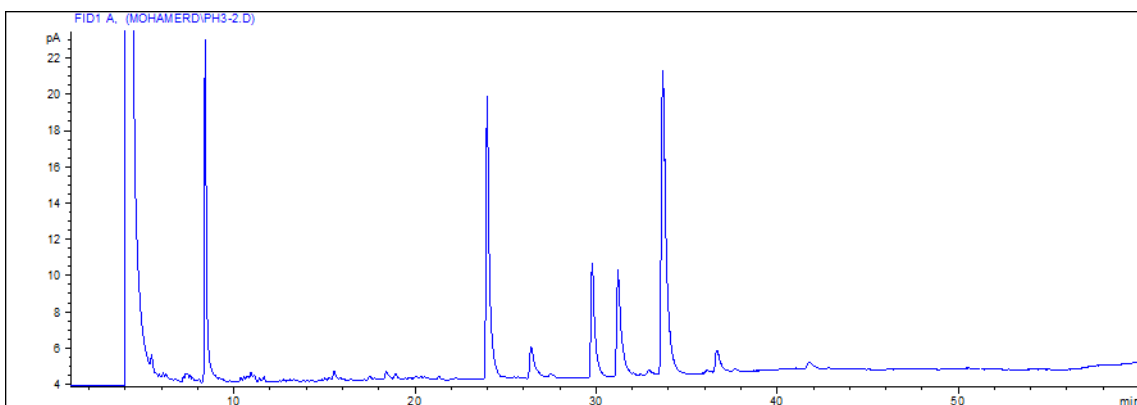
Wu, Z., Huber, J.T. 1994. Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows, a review. *Livest. Prod. Sci.*, 39,141-155.

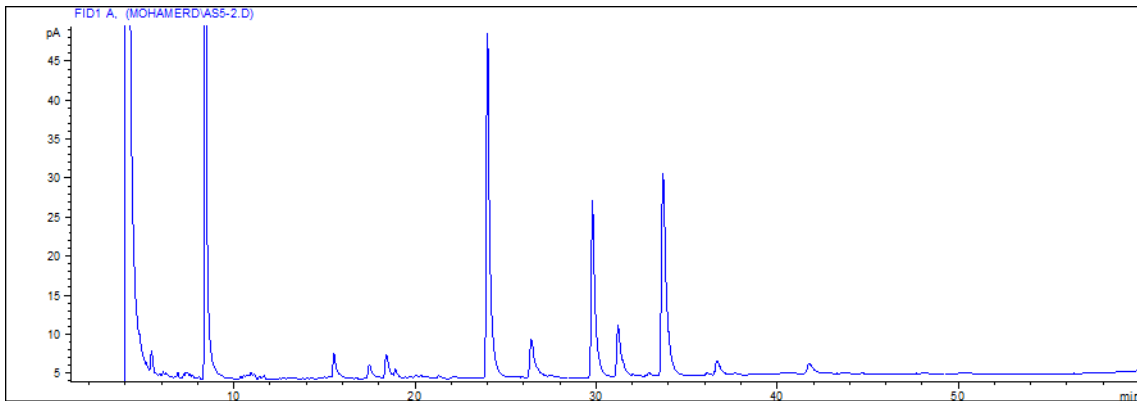
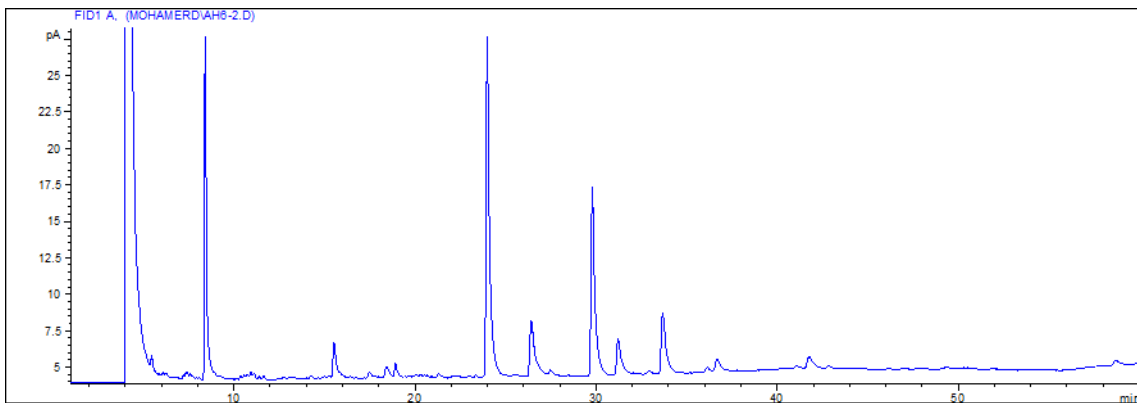
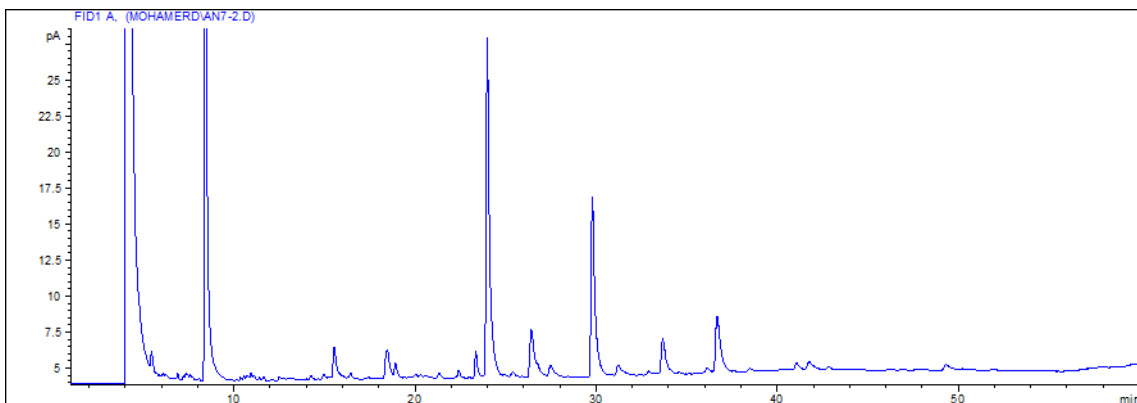
Yabrir, B. , Hakem A. (Ex Akam), Mati A. 2013. Factors affecting milk composition of Algerian ewe reared in central steppe area (Algeria). *J. Anim. Sci.*, 2(8) : 215-221.

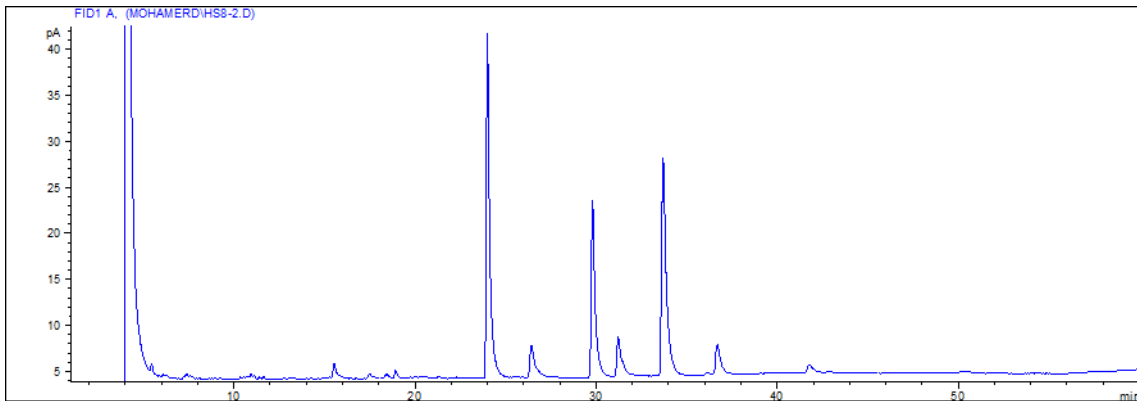
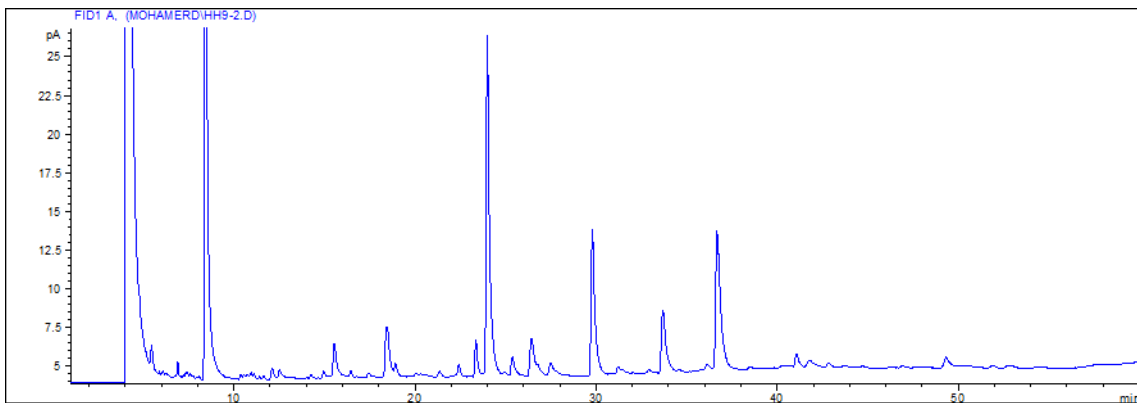
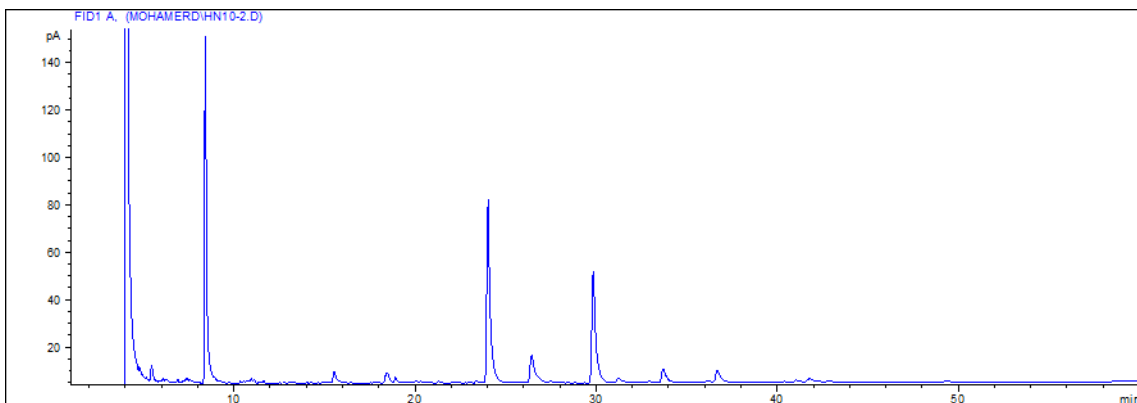
Yuan, G F., Chen, XE., Li, D. 2014. Conjugated linolenic acids and their bioactivities: a review. *Food Funct* 25:1360–8.

Zlatanov, S., Laskaridis, K., Feist, C., Sagredos, A. 2002. CLA content and fatty acid composition of Greek Feta and hard cheeses. *Food Chem* 78: 471–7.

Zygoiannis, D. 2006. Sheep production in the world and in Greece. *Small Ruminant Research* 62, 143–147.

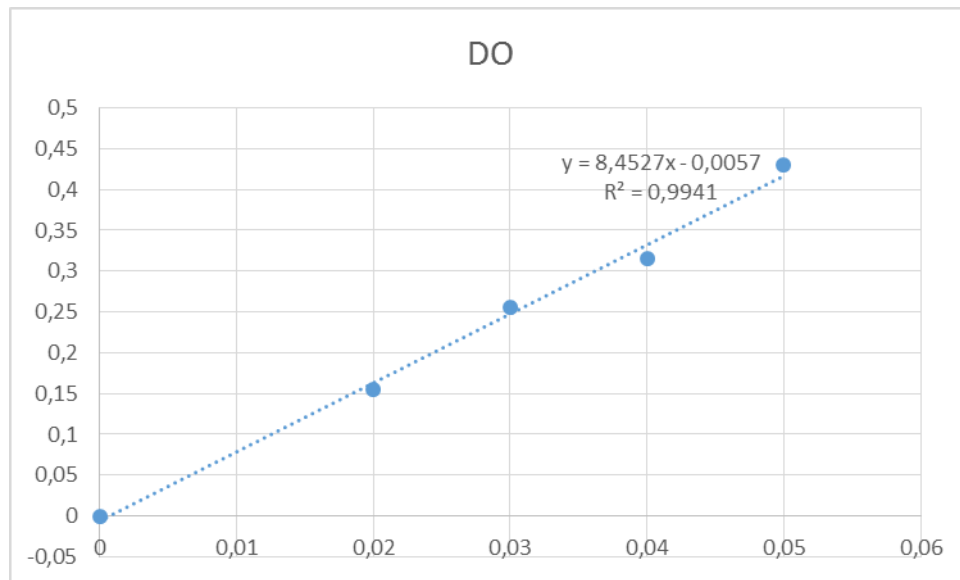
Annexe 1 : Chromatogrammes des échantillons des régimes alimentaire dans la saison du printemps.**1. Région Sidi Ali : Mostaganem****2. Région Hmadna : Relizane****3. Région Mechria : Naama**

Annexe 2 : Chromatogrammes des échantillons des régimes alimentaires dans la saison d'automne.**1. Région Sidi Ali : Mostaganem****2. Région Hmadna : Relizane****3. Région Mechria : Naama**

Annexe 3 : Chromatogrammes des échantillons des régimes alimentaires dans la saison d'hiver.**1. Région Sidi Ali : Mostaganem****2. Région Hmadna : Relizane****3. Région Mechria : Naama**

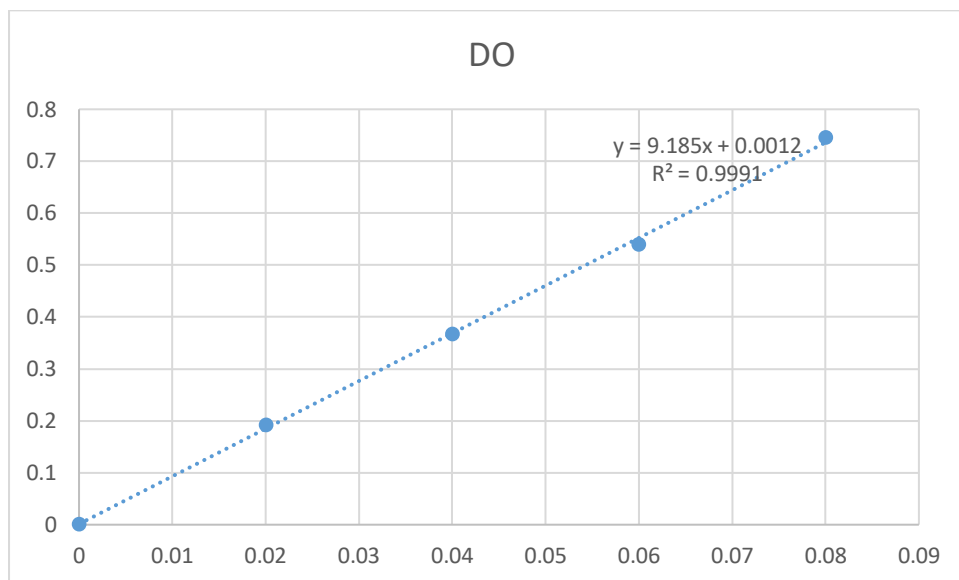
Annexe 4 : Densités optiques d'acide gallique phénols totaux.

Concentration	R1	R2	R3	Moyenne
0	0	0	0	0
0,02	0,155	0,161	0,151	0,155
0,03	0,249	0,258	0,260	0,255
0,04	0,311	0,321	0,314	0,315
0,05	0,425	0,434	0,432	0,430

**Figure** : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

Annexe 5 : Densités optiques de quercitine flavonoïdes.

Concentration	R1	R2	R3	Moyenne
0	0	0	0	0
0,02	0,187	0,191	0,198	0,192
0,04	0,375	0,364	0,362	0,367
0,06	0,532	0,544	0,542	0,539
0,08	0,749	0,741	0,747	0,745

**Figure** : Courbe d'étalonnage de quercitine