

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ZIANE ACHOUR DJELFA

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département de : Biologie

Mémoire de Magister

Spécialité : Sciences Biologiques

Option : Contrôle de Qualité et Analyses Alimentaires

Thème :

*Évaluation de la composition physico-chimique
du lait cru ovin et caractérisation de sa matière
grasse. Effet de quelques facteurs de variations*

Présenté par :

Mr. *LABIAD* Moussa

Devant le jury :

Président :	Pr. LAHRECH B. Mokhtar	Professeur	U. Z. A. Djelfa
Promoteur :	Dr. HAKEM Ahcène	Maitre de conférences (A)	U. Z. A. Djelfa
Co-promoteur :	Dr. YABRIR Ben alia	Maitre de conférences (B)	U. Z. A. Djelfa
Examineur :	Pr. YOUSFI Mohamed	Professeur	U. A. T. Laghouat
Examineur :	Dr. SASSI Mohamed	Maitre de conférences (B)	U. I. K. Tiaret

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2013-2014

REMERCIEMENTS

A mon promoteur,

Monsieur A.HAKEM

Dr, Maitre de conférences A à l'Université Ziane Achour -Djelfa-

Pour m'avoir proposé de travailler sur ce sujet, pour m'avoir apporté l'aide nécessaire afin de mener à terme celui-ci, sincères remerciements

A mon co-promoteur,

Monsieur : B. YABRIR

Dr, Maitre de conférences B à l'Université Ziane Achour -Djelfa-

Pour son encouragement, pour m'avoir proposé de travailler sur ce sujet, ses conseils bien vaillants, sa rigueur scientifique, sa disponibilité.

Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance et de ma profonde considération.

Au président de jury

Monsieur le professeur, M. B. LAHRECH

Professeur à l'Université Ziane Achour -Djelfa-

Qu'il m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de jury, hommages respectueux.

Aux membres jury :

Monsieur M.YOUSFI

Professeur à l'Université Ammar Theliji de Laghouat

Qui m'a fait l'honneur de faire partie du jury, sincères remerciements.

Monsieur : M. SASSI

Maitre de conférences à l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Qui a fait l'honneur de faire partie du jury , sincères remerciements.

A monsieur, A. Ghiloubi le directeur et au personnel du laboratoire de la laiterie « Bah-Bah » de nous avoir accueilli au sein de leur laboratoire afin d'effectuer les analyses physico-chimiques.

A monsieur M. Bourouiss, le directeur du laboratoire du centre Algérien du contrôle de qualité et répression des fraudes et au personnel du laboratoire d'Alger, particulièrement, Mme S. Zeroual, Mme H. Ben Abbas et Mr S. Bakhouch pour m'avoir accueilli chaleureusement au sein de leur laboratoire afin d'effectuer les dosages des acides gras.

A tous le personnel du laboratoire de l'université Ziane Achour pour leur collaboration.

Mes remerciements vont également au personnel de la station de Taadmit, particulièrement au technicien, Mr. Guidjar Khouni pour sa collaboration dans l'identification des races et aux éleveurs de la région de leur accueil chaleureux et leur collaboration.

DEDICACES

En hommage et à la mémoire de ma mère

A mon père

A ma femme et mes enfants

A mes frères et mes sœurs

A tous ceux qui me sont chers

En témoignage

De ma profonde affection

Sommaire

SOMMAIRE

Liste des Abréviations.....	I
Liste des Figures.....	III
Liste des Photos.....	IV
Liste des Tableaux.....	V
Introduction	01

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : L'élevage ovin

I. Importance économique de l'élevage ovin.....	03
I.1.1 Place de l'élevage ovin dans l'économie mondiale.....	03
I.1.2 Aperçu de l'élevage ovin en Afrique du Nord.....	03
I.1.3 Place de l'élevage ovin dans l'économie algérienne.....	03
I.2 Présentation générale de la wilaya de Djelfa.....	03
I.3 L'ovine en Algérie et caractéristiques des races.....	05
I.3.1 cheptel ovin et production laitière.....	05
I.3.2 Les races ovines algériennes et leurs caractéristiques.....	07
I.3.2.1 Race Ouled Djellal.....	07
I.3.2.2 Race Rumbi.....	08
I.3.2.3 Race Taadmit.....	08
I.3.2.4 Race Barbarine.....	09
I.3.2.5 Race Berbère.....	09
I.3.2.6 Race D'man.....	10
I.3.2.7 Race Sidahou.....	11
I.3.3 Aire d'expansion.....	11
I.3.4 Performances de production des diverses races ovines.....	13

CHAPITRE II : Généralités sur le lait

II.1 Définition.....	14
II.2 Composition du lait.....	14
II.2.1 Eau.....	16
II.2.2 Matière grasse.....	16
II.2.3 Protéines.....	17

II.2.3.1 Caséines.....	17
II.2.3.2 Protéines du lactosérum.....	17
II.2.3.2.1 L'α-lactalbumine.....	17
II.2.3.2.2 La β-lactoglobuline.....	18
II.2.3.2.3 Le sérum-albumine.....	18
II.2.3.2.4 Les immunoglobulines.....	18
II.2.3.2.5 Protéoses-peptones.....	18
II.2.4 Lactose.....	18
II.2.5 Minéraux.....	19
II.2.6 Vitamines.....	19
II.2.7 Enzymes.....	20
II.3 Facteurs influençant la composition du lait.....	20
II.3.1 Variabilité génétique entre individus.....	21
II.3.2 Stade de lactation.....	21
II.3.3. Age ou numéro de lactation.....	21
II.3.4 Facteurs alimentaires.....	21
II.3.5 Facteurs climatiques et saisonniers.....	21
II.4 Propriétés physico-chimiques du lait.....	22
II.4.1 Masse volumique.....	22
II.4.2 Point de congélation.....	22
II.4.3 Point d'ébullition.....	22
II.4.4 Acidité du lait.....	22
II.5 Qualité organoleptique du lait.....	23
II.5.1 La couleur.....	23
II.5.2 L'odeur.....	23
II.5.3 La saveur.....	23
II.5.4 La viscosité.....	23
CHAPITRE III : Matière grasse et acides gras	
III.1 Structure, nomenclature et méthodes d'analyse des acides gras.....	24
III.1.1 Structure et nomenclature des acides gras.....	24
III.1.2 Extraction et préparation des acides gras pour analyses.....	26
III.1.3 Profil global en acide gras par chromatographie en phase gazeuse..	27
III.1.3.1 Rétention et séparation des acides gras.....	27

III.1.3.2	Identification des acides gras.....	30
III.1.4	Profil en acides linoléiques conjugués par chromatographie en phase liquide haute performance en mode ion argent.....	30
III.2	Acides gras alimentaires et santé humaine.....	32
III.2.1	Acides gras saturés.....	32
III.2.2	Acides gras insaturés cis.....	33
III.2.3	Acides gras insaturés trans.....	34
III.2.4	Acides linoléiques et linoléiques conjugués.....	35
III.3	Métabolisme des acides gras	36
III.3.1	Métabolisme des glucides et des lipides alimentaires au niveau du rumen.....	36
III.3.2	Mobilisation des lipides du tissu adipeux.....	39
III.3.3	Métabolisme des lipides au niveau de la mamelle.....	39
III.3.3.1	Synthèse de novo mammaire.....	40
III.3.3.2	Prélèvement et métabolisme mammaire des acides gras plasmatiques.....	40
III.4	Composition moyenne du lait en acides gras et principaux facteurs de variations	41
III.4.1	Composition moyenne du lait en acides gras.....	41
III.4.2	Facteurs de variations intrinsèques.....	41
III.4.3	Facteurs de variations alimentaires.....	41
III.4.3.1	Composition en acides gras des principaux fourrages et Concentrés.....	42
III.4.3.2	Effets des fourrages conservés.....	42
III.4.3.3	Effet du pâturage.....	43
III.4.3.4	Effet du pourcentage de concentré dans la ration.....	45
<i>PARTIE EXPERIMENTALE</i>		
<i>CHAPITRE IV : Matériel et méthodes</i>		
IV.1	Matériel.....	46
IV.1.1	Matériel animal.....	46
IV.1.2	Appareillage	46
IV.1.3	Petits Matériels	47
IV.1.4	Produits chimiques et réactifs.....	47

IV.2 Echantillonnage.....	47
IV.3 Méthode d'analyse.....	47
IV.3.1 Analyses physico-chimiques	48
IV.3.1.1 Mesure de pH	48
IV.3.1.2 Analyses des autres paramètres physico-chimiques.....	48
IV.3.2 Extraction et déterminations de la matière grasse.....	49
IV.3.2.1 Principe.....	49
IV.3.2.2 Manipulation.....	49
IV.3.3 Déterminations de quelques indices caractéristiques de la matière grasse	50
IV.3.3.1 Détermination de l'indice d'acide.....	51
IV.3.3.2 Détermination de l'acide de saponification.....	51
IV.3.3.3 Détermination de l'indice d'iode.....	52
IV.3.4 Dosage du cholestérol.....	54
IV.3.5 Déterminations des profils en acides gras.....	56
IV.3.5 .1 Préparation des esters métalliques d'acides gras.....	56
IV.3.5.2 Injection des extraits préparés dans la GC-FID.....	57
CHAPITRE V : Résultats et discussions	
V.1. Composition moyenne du lait cru ovin	58
V.1.1. Protéines.....	58
V.1.2. Matière grasse.....	59
V.1.3. Lactose	59
V.1.4. Extrait sec total.....	60
V.1.5. Extrait sec dégraissé	61
V.2. Caractéristiques physico-chimiques du lait.....	62
V.2.1. Densité	62
V.2.2. Point de congélation	63
V.2.3. pH	63
V.3. Facteurs de variation.....	64
V.3.1. Effet race.....	65
V.3.2. Effet saison.....	66
V.3.3. Effet parité.....	66
V.3.3. Effet stade de lactation.....	67
V.4. Caractérisation de la matière grasse laitière	68

V.4.1. Paramètres physiques de la matière grasse.....	68
V.4.1.1. Effet de quelques facteurs de variation.....	69
V.4.2. Teneur en cholestérol	69
V.4.3. Profil en acides gras.....	70
V.4.4. Effet de la race.....	73
V.4.5. Effet des autres facteurs.....	74
Conclusion	76

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

AG n-3 :	Acides Gras Omega 3
AG n-6 :	Acides Gras Omega 6
AG n-9 :	Acides Gras Omega 9
AG <i>trans i</i> :	Acides Gras <i>trans</i> d'origine Industrielle
AG <i>trans r</i> :	Acides Gras <i>trans</i> d'origine naturelle
AG :	Acides Gras
AGCC :	Acides Gras à Chaine Courte
AGCL :	Acides Gras à Chaine Longue
AGCM :	Acides Gras à Chaine Moyenne
AGI :	Acides Gras Insaturés
AGMI :	Acides Gras Mono-Insaturés
AGNE :	Acides Gras Non Estérifiées
AGPI :	Acides Gras Poly-Insaturés
AGS :	Acides Gras Saturés
AGV :	Acides Gras Volatils
ALC :	Acides Linoléiques Conjugués
ALnC :	Acides Linoléiques Conjugués
BHB :	Beta-Hydroxy-Butyrate
CCM :	Chromatographie sur Couche Mince
CLHP :	Chromatographie Liquide Haute Performance
CPG :	Chromatographie en phase Gazeuse
DIF :	Détecteur à ionisation de Flamme
DMOX :	Dérivés 4,4-Di Méthyl- Oxazoline
Ec-Type :	Ecart –Type
EMAG :	Esters Méthyliques d'acides Gras
EPS :	Extraction en Phase Solide
ESD :	Extrait Sec Dégraissé
EST :	Extrait Sec Total
FFAP :	Free Fatty Acid Phase
HDL :	High-Density Lipoprotein
Ia :	Indice d'acide

IA :	Indice d'athéogénocité
IE :	ionisation par Impact d'Electron
Ie :	Indice d'ester
Ii :	Indice d'iode
Is :	Indice de saponification
k' :	facteur de retention
LAC :	Lactose
LDL :	Low-Density Lipoprotéin
MG :	Matière Grasse
MS :	Matière Sèche
MSI :	Matière Sèche Ingérée
OD :	Ouled Djellal
pH :	Potentiel Hydrogène
PRO :	Protéine
Pt.-Con :	Point de Congélation
R :	Rumbi
RMN :	spectrométrie par Résonance Magnétique Nucléaire
SM :	Spectrométrie de Masse
TAG :	Triacyl-Glycérol
TB :	Taux Butyreux
TL :	Taux de Lactose
TP :	Taux Protéique
VLDL :	Very Low Density Lipoprotein

Liste des figures

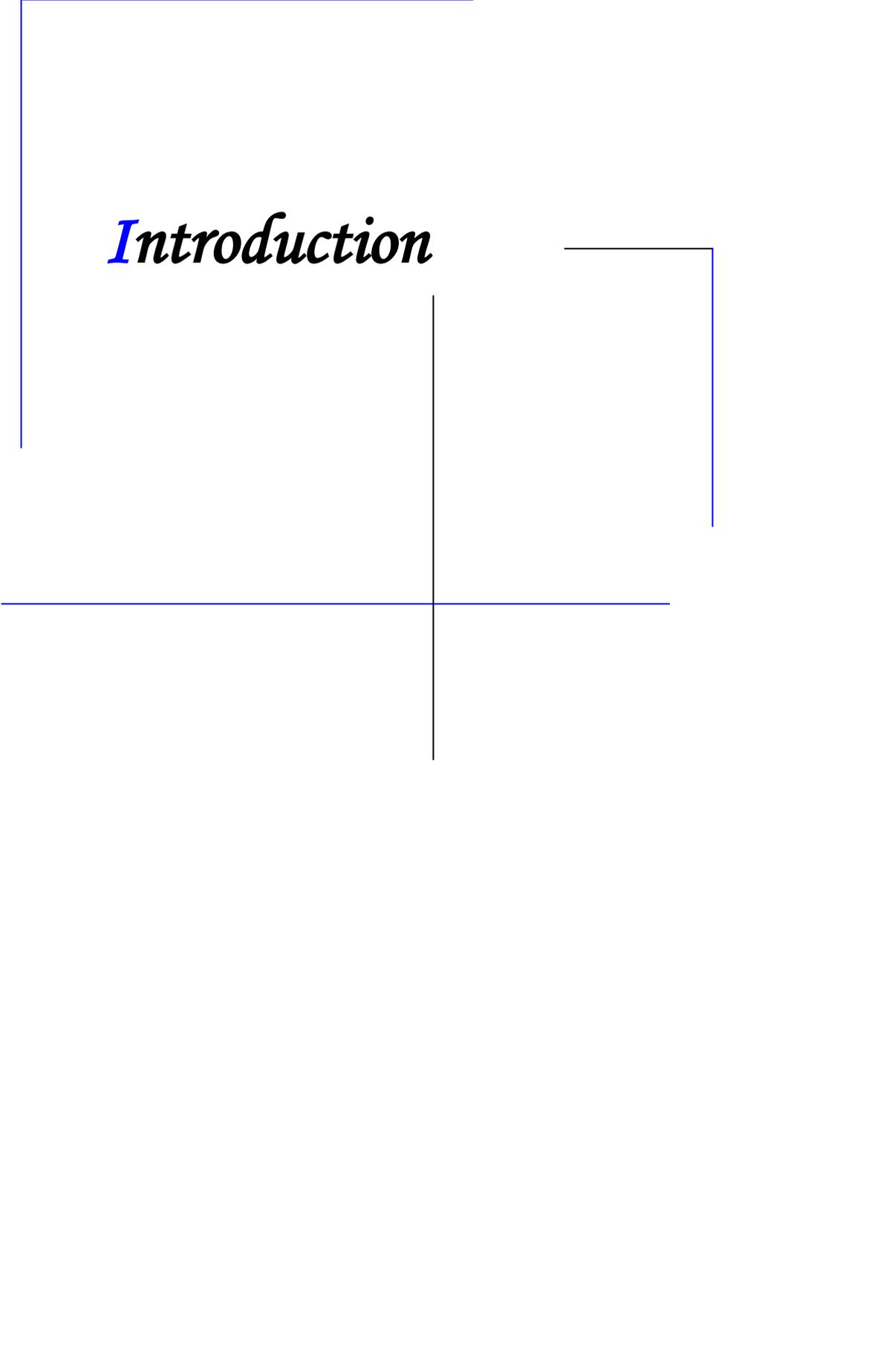
Figures	P.
Figure I.1 : Carte de la wilaya de Djelfa.....	04
Figure I.2 : Distribution du cheptel national par espèce.....	06
Figure I.3 : Evolution de la production laitière ovine de la région de Djelfa.....	06
Figure I.4 : Berceaux et aire d'extension des races ovines algériennes.....	12
Figure II.1 : Composition de la matière grasse du lait.....	16
Figure II.2 : Structure d'une sub-micelle caséique	17
Figure III.1 : Représentation schématique de quelques molécules d'acides gras.....	25
Figure III.2 : Chromatogramme obtenue par CPG-DIF des esters méthyliques d'acides gras issus de lait de vache ou de brebis.....	29
Figure III.3 : Chromatogramme obtenu par Ag ⁺ -CLHP des esters méthyliques d'acides linoléiques conjugués issus d'un lait de vache.....	31
Figure III.4 : Comparaison des distributions moyennes des isomères 18:1 trans de margarine et de matière grasse laitière bovine.....	35
Figure III.5 : Voies de biohydrogénation classiques.....	38
Figure III.6 : Mécanismes de synthèse et de sécrétion des triglycérides du lait au niveau de la cellule épithéliale mammaire du ruminant.....	39
Figure III.7 : Effets du type de fourrages sur la composition en acides gras du lait....	44
Figure IV.1 : Etapes suivies lors de la caractérisation du lait de brebis collecté dans la région de Djelfa.....	47
Figure V.1 : Répartition des teneurs en protéines dans le lait cru de brebis.....	58
Figure V.2 : Répartition des teneurs en matière grasse dans le lait cru de brebis.....	59
Figure V.3 : Répartition des teneurs en lactose dans le lait cru de brebis.....	60
Figure V.4 : Répartition des valeurs de l'extrait sec total dans le lait cru de brebis....	60
Figure V.5 : Répartition des valeurs de l'extrait sec dégraissé dans le lait cru de brebis.....	61
Figure V.6 : Répartition des valeurs de la densité dans le lait de brebis.....	62
Figure V.7 : Répartition des valeurs de point de congélation dans le lait cru de brebis.....	63
Figure V.8 : Répartition des valeurs de pH dans le lait cru de brebis.....	64
Figure V.9 : Chromatogramme d'échantillon n°01 du lait de la race Ouled Djellal	70
Figure V.10 : Chromatogramme d'échantillon n°14 du lait de la race Rumbi.....	70

Liste des photos

Photos	P.
Photo I.1 : Race Ouled Djellal.....	07
Photo I.2 : Race Rumbi	08
Photo I.3 : Race Taadmit	09
Photo I.4 : Race Barbarine.....	09
Photo I.5 : Race Berbère.....	10
Photo I.6 : Race D'man.....	10
Photo IV.1 : pH-mètre (Hanna Model Hi 99161).....	48
Photo IV.2 : Lactoscan, SLC de Milkotronic ltd, Bulgarie.....	49
Photo IV.3 : Spectrophotomètre UV. Visible BECKMAN DU 520	55
Photo IV.4 : Chromatographe "Thermo Finnigan-G C trace".....	57

Liste des tableaux

Tableaux	P.
Tableau I.1 : Diversité du cheptel ovin en Algérie.....	11
Tableau I.2 : Poids moyen de la toison selon la race.....	13
Tableau II.1 : Composition moyenne du lait entier.....	15
Tableau II.2 : Composition moyenne en % du lait de vache, femme, brebis et chèvre.....	15
Tableau II.3 : Classification des protéines.....	18
Tableau II.4 : Composition minérale du lait.....	19
Tableau II.5 : Composition vitaminique moyenne du lait cru.....	19
Tableau II.6 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait.....	20
Tableau V.1 : Composition moyenne du lait cru de brebis.....	58
Tableau V.2 : Composition du lait de brebis selon différentes sources bibliographiques	61
Tableau V.3 : Caractéristiques physico-chimiques du lait cru ovin récolté.....	62
Tableau V.4 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de brebis selon différentes sources bibliographiques.....	64
Tableau V.5 : Effet de la race sur la composition physico-chimique du lait.....	65
Tableau V.6 : Effet de la saison sur la composition physico-chimique du lait.....	66
Tableau V.7 : Effet de la parité sur la composition physico-chimique du lait.....	67
Tableau V.8 : Effet du stade de lactation sur la composition physico-chimique du lait.....	68
Tableau V.9 : Caractéristiques de la matière grasse du lait cru ovin.....	68
Tableau V.10 : Facteurs de variation des indices lipidiques.....	69
Tableau V.11 : Teneur en cholestérol (mg/100g de MG) du lait cru ovin.....	69
Tableau V.12 : concentration des acides gras(%) des laits ovin issus des races Ouled Djellal (OD) et Rumbi (R).....	71
Tableau V.13 : Effet des facteurs de variation sur le profil lipidique des laits analysés.....	75



Introduction

Introduction:

L'intérêt nutritionnel du lait réside dans sa richesse en nutriments de base (protides, lipides et glucides) mais aussi en calcium, en vitamines et en oligo-éléments, c'est un des rares aliments qui convient pour les différents tranches d'âge ou il peut être consommé tel quel à l'état frais ou sous forme de produit transformé, notamment en fromages et yaourt. De plus les différents ingrédients constitutifs du lait (protéines, peptides, lactose, matière grasse...) sont utilisés à bon escient pour l'industrie Agro-alimentaire depuis ces dernières décennies pour fabriquer des produits ayant des fonctionnalités nouvelles et répondant au mieux aux exigences du consommateur. C'est précisément pour ces raisons que les besoins en cette matière ne cessent de s'accroître dans le monde, alors que la production mondiale du lait n'arrive pas à suivre cette tendance. Ainsi, au cours de ce dernier quart de siècle, la consommation en lait de la population mondiale a augmenté de 32% tandis que la production par habitant a reculé de 9%. Dans ces rapports, le lait de vache occupe la plus grande proportion (environ 80%), le reste est constitué de lait de bufflonne, de chèvre, de brebis et de chamelle.

Cette situation de déficit en lait produit est encore plus accentuée quand on s'intéresse de près au cas de notre pays qui est considéré à juste titre comme le premier consommateur maghrébin de lait (100 l/an/habitant) mais dont la production laitière (1 milliard de l/an) ne permet de couvrir les besoins estimés à plus de (3 milliard de l/an). Là aussi, les autres espèces laitières (brebis, chèvre, chamelle) ne couvrant qu'environ 10% des besoins qui sont comblés par le recours chaque année à l'importation de poudre de lait (250.000 t/an) et de matière grasse anhydre. Afin d'endiguer un tant soit peu cette tendance et rétablir les équilibres, notre pays a mis en place une stratégie de développement et d'encouragement de la production nationale en permettant notamment aux éleveurs d'importer des races laitières appropriées et de se constituer en coopératives d'élevages, en même temps que le circuit de collecte de lait a été amélioré par l'introduction des centres et des moyens de réfrigération précoce du lait. Ce plan de développement a enregistré d'ailleurs un accroissement de la production de la collecte en lait frais. Mais jusque-là le gros des efforts a été centré sur la filière bovine. Les autres filières (ovines, caprines et camelines) restent marginales avec une production destinée essentiellement à l'autoconsommation.

Par ailleurs dans la steppe, l'ovin bien adapté à ces zones constitue une solution tout indiquée aux populations locales qui peuvent tirer l'ensemble de leurs besoins en lait de cet animal, qui est connu et prisé dans d'autres pays, notamment en France pour la renommée des fromages d'appellation garantie qu'on fabrique à partir exclusivement de son lait.

Dans notre pays, le cheptel ovin, évalué à 21 millions de têtes contribue à hauteur de 15% (0.3 million de tonnes) de la production totale du lait collecté (toutes espèces confondues). Ce cheptel (dont environ la moitié est constitué de brebis) est fortement implanté en zone steppique où les

effectifs sont constitués principalement de races locales dont les plus importantes sont *Ouled Djellal*, *Rumbi* et *Hamra* qui sont bien caractérisées sur le plan zootechnique et, notamment, concernant la qualité de leurs viandes, mais malheureusement très peu d'investigations ont trait à leurs productions et à la qualité de leurs laits.

Si l'effort de développement dans notre pays s'oriente vers le lait ovin, les tonnages en ce lait seront revus à la hausse, ce qui donnera des perspectives intéressantes pour la vente et la consommation de ce lait à l'état frais ou après sa transformation, en différents dérivés.

Dans ce sens, il paraît évident que l'analyse de ce lait et sa caractérisation plus particulièrement pour ce qui est de la matière grasse, à travers les deux principales races, *Ouled-Djellal* et *Rumbi*, implantées dans la région de Djelfa peuvent aider à mieux connaître ce lait afin d'orienter les technologues sur les possibilités de mettre en place une exploitation réelle de ce lait. D'autre part, estimer le niveau d'impact des facteurs de variation sur la qualité de ce lait et de voir s'il existe des différences significatives entre les laits des deux principales races ovines prise en compte dans cette étude.

Partie bibliographique

Chapitre

1

L'élevage ovin

Chapitre I : L'élevage ovin

I.1. Importance économique de l'élevage ovin:

I.1.1. Place de l'élevage ovin dans l'économie mondiale:

En 2006, le monde comptait 1.1 milliards d'ovins soit une proportion d'environ un mouton pour cinq habitants. Ce cheptel est en recul, il a perdu 5% en 15 ans (PICTORIS, 2008). Il est surtout exploité actuellement pour sa viande et pour sa laine. La production laitière demeure très limitée en quantité et localisée autour du bassin méditerranéen.

La Chine rassemble le premier cheptel ovin au monde avec près de 160 millions têtes d'ovins (soit 15% du cheptel mondial). L'Océanie (Australie et Nouvelle-Zélande) arrive en deuxième place, rassemblant 13% des reproducteurs, suivie de l'Union européenne (11% du cheptel) (ANONYME, 2007). Le mouton a des capacités d'adaptation remarquables. A l'origine, animal des pays chauds et secs, il est présent aujourd'hui sous toutes les latitudes, depuis le nord de l'Europe jusqu'aux zones tropicales (BOURGUIGNON, 2006).

I.1.2. Aperçu de l'élevage ovin en Afrique du Nord:

L'élevage du mouton est fortement ancré dans les traditions marocaines, algériennes et tunisiennes. L'ovin y joue un rôle économique, social et rituel important dans ces pays. En effet, la viande ovine est traditionnellement la plus appréciée par la population nord-africaine et le mouton reste, par excellence, l'animal associé aux fêtes religieuses et familiales. Il représente aussi une source de trésorerie facilement mobilisable. Les systèmes de production ovins sont un élément fondamental de l'économie, notamment dans les zones rurales difficiles, arides ou semi-arides où ils sont particulièrement adaptés au milieu naturel et aux ressources pastorales spontanées et variables.

En Afrique du Nord, la production de viande ovine représente 40% de la production de viande rouge. Le cheptel ovin se chiffre à environ 17 millions de têtes au Maroc, en Algérie et à 4 millions en Tunisie. Les effectifs sont constitués essentiellement de races locales de faible productivité mais bien adaptées aux conditions climatiques des différentes régions (RONDIA, 2006).

I.1.3. Place de l'élevage ovin dans l'économie algérienne:

L'élevage ovin représente la spéculation agricole la plus importante. Le secteur de la production animale, fournie près de 5 billions de dollars. L'élevage des petits ruminants, contribue avec 52% et représente 35% de la production agricole totale (BENAISSA, 2001). Il occupe ainsi une place importante sur le plan économique et social. Sa contribution à l'économie nationale est importante dans la mesure où il représente un capital de plus d'un milliard de dinars. C'est une source de revenu pour de nombreuses familles à l'échelle de plus de la moitié du pays. (MOHAMMEDI, 2006 cités par SAIDI et *al.* 2009).

I.2. Présentation générale de la wilaya de Djelfa :

La Wilaya de Djelfa est située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord au-delà des piémonts Sud de l'Atlas Tellien en venant du Nord dont le chef-lieu de Wilaya est à 300 kilomètres au Sud de la capitale Elle est comprise entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et 35° de latitude Nord. Elle est limitée:

- Au Nord par les Wilayate de Médéa et de Tissemsilt ;
- A l'Est par les Wilayate de M'Sila et Biskra ;
- A l'Ouest par les Wilayate de Laghouat et de Tiaret ;
- Au Sud par les Wilayate d'Ouargla, d'El Oued et de Ghardaïa.

Erigée au rang de wilaya à la faveur du découpage administratif de 1974, cette partie du territoire d'une superficie totale de 32.256,35 km² représentant 1,36% de la superficie totale du pays se compose actuellement de 36 communes regroupées en 12 Dairates (DPAT, 2010).



Figure I.1 : La carte de la wilaya de Djelfa

Le climat de la wilaya de Djelfa est nettement semi-aride à aride avec une nuance continentale. En effet, le climat est semi-aride dans les zones situées dans les parties du centre et du Nord de la wilaya avec une moyenne de 200 mm à 350 mm d'eau de pluie par an et aride dans toute la zone située dans la partie Sud de la wilaya et qui reçoit moins de 200 mm d'eau de pluie en moyenne par an.

Les précipitations les plus importantes sont enregistrées au cours de la période allant d'Octobre à Janvier et d'Avril à Mai. C'est dire que dans cette région, il pleut beaucoup plus en automne et au Printemps qu'en Hiver. La période sèche apparaît à partir du mois de Juin avec un maximum en Juillet et Août.

Les enneigements signalés sont saisonniers et variables d'une région à une autre. L'enneigement moyen est de 04 à 13 jours par an.

Durant la saison d'hiver et le début du printemps, des gelées blanches sont observées dans la quasi-totalité du territoire de la wilaya et varient entre 40 et 60 jours suivant les régions les plus exposées à ce phénomène.

Des écarts importants sont observés entre les températures journalières, saisonnières et interannuelles. Ainsi, il est enregistré un écart de 33° C. entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid. La température minimale absolue est, à l'exception des mois de Juin, Juillet, Août et Septembre, inférieure à 0° C. Les mois les plus chauds sont Juin, Juillet et Août avec un maximum pour ce dernier.

Les vents dans la wilaya de Djelfa sont caractérisés par leur intensité et leur fréquence. Les vents les plus fréquents sont ceux d'orientation Nord-Est et Nord-Ouest d'origine océanique et nordique. Cependant, la principale caractéristique des vents dominants dans la région est matérialisée par la fréquence du sirocco, d'origine désertique, chaud et sec, dont la durée peut varier de 20 à 30 jours par an. D'une manière générale, l'intensité des vents active l'évaporation des eaux de surface, l'érosion des roches par le transport des débris et l'accumulation des sables formant des dunes. L'absence d'obstacles importants, notamment de chaînes de montagnes, favorise une plus grande circulation des vents particulièrement le sirocco à travers tout le territoire de la Wilaya. Des tempêtes de sable sont fréquentes notamment durant le printemps (DPAT, 2010).

Le couvert végétal naturel de la wilaya est constitué essentiellement de hautes steppes arides avec des vides entre les touffes de végétation sur des sols généralement maigres en contact direct avec la roche mère. Djelfa fait partie globalement de la steppe d'alfa. Cette graminée vivace occupe une grande partie du territoire de la wilaya notamment la zone du plateau prédésertique du Sud.

Les forêts occupent les chaînes de montagnes du Sénalba, du Djebel Azreg et du Djebel Boukahil. Les forêts sont claires et aérées par manque de sous-bois conséquent et l'inexistence de maquis. Les principales essences forestières sont le pin d'Alep, le chêne vert et le genévrier du Phénicien (arar).

Les parcours couvrent aussi une superficie très importante de l'ordre de 2.138.100 ha représentant 66,28% de la superficie totale (DPAT, 2010).

I.3. L'ovin en Algérie et caractéristiques des races:

I.3.1. Cheptel ovin et production laitière:

L'effectif du cheptel ovin a été estimé à 21 404 584 têtes en 2009. Cet effectif représente 78% du cheptel national (à l'exception des équins) (Figure I.2), suivi par le cheptel caprin avec un taux de 14% ; les bovins ne représentent que 6% et les camelins 1% de l'effectif total (ONS, 2009).

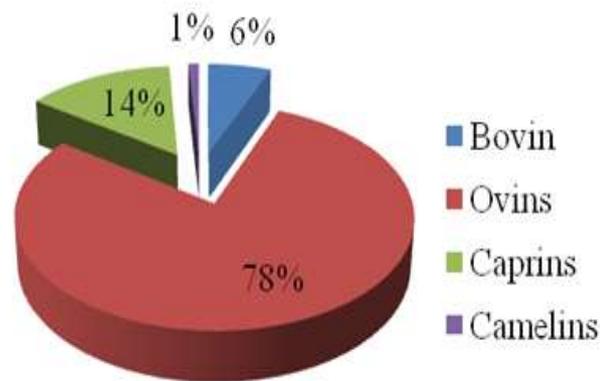


Figure I.2 : Distribution du cheptel national par espèce (ONS, 2009)

Dans la wilaya de Djelfa, l'élevage ovin est représenté par un effectif de 2 517 000 têtes, ce qui constitue 11.76% du cheptel total ovin (MADR, 2009). L'importance numérique classe notre région en tête des wilayas de la république et dépasse de loin l'effectif du cheptel ovin dans plusieurs wilayas: M'sila (1 500 000), Tiaret (1 471 260), Laghouat (1 444 000), El-Bayadh (1 302 140) et Naama (1 100 00). Dans cette wilaya, les brebis représentent un taux de 51.05% du total ovin ce qui correspond à un effectif de 1285 000 têtes.

Les productions animales participent pour une proportion importante (50%) à la production intérieure brute agricole (ANONYME, 2003). Parmi les produits d'origine animale, le lait revêt une importance primordiale aussi bien pour le consommateur que pour les pouvoirs publics.

En Algérie, la production laitière ovine a été estimée par la FAO à 320 millions de litre en 2011 (FAOSTAT, 2012). Cette importante quantité a permis de classer notre pays en premier rang par rapport au Nord Afrique, en deuxième position (après la Somalie) comparativement aux pays du continent africain et en onzième rang à l'échelle mondiale (après la Grèce, l'Espagne, l'Italie et avant la France). La part de la wilaya de Djelfa représente 12.81% de la production laitière ovine nationale, ce qui correspond à une production laitière moyenne de 41 million de litre (DSA, 2012). Cette production n'a cessé d'augmenter depuis une dizaine d'année (Figure I.3).

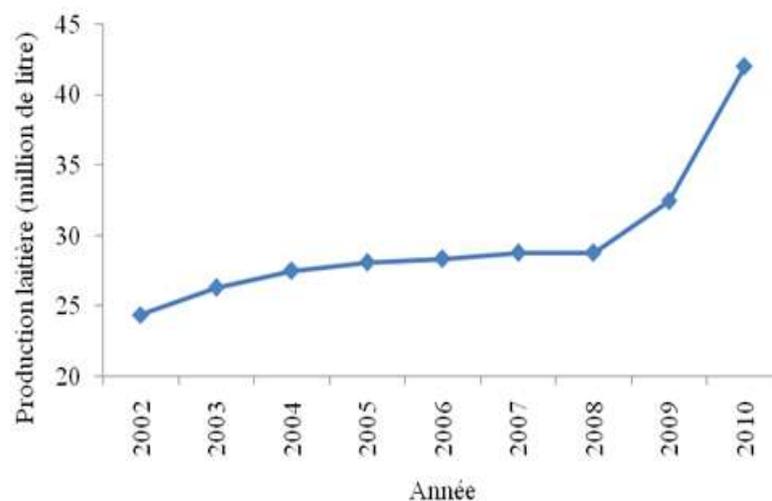


Figure I.3 : Evolution de la production laitière ovine dans la région de Djelfa (DSA, 2012)

I.3.2. Les races ovines algériennes et leurs caractéristiques:

De toutes les espèces l'ovin algérien fait preuve d'une grande diversité ; cette diversité peut s'apprécier à la fois par le nombre total de types de populations et du nombre de celles ayant un effectif important. Il existe une forte concurrence entre les différentes populations locales, en rapport avec les transformations des systèmes de production et les bouleversements socio-économiques qui ont affecté l'Algérie durant les quatre dernières décades. On note une forte progression des effectifs et des produits de croisement de la population *Ouled Djellal* avec les autres types de population non seulement en Algérie mais également au Maroc et en Tunisie; cette race

fait preuve d'une adaptation parfaite aux objectifs recherchés par les éleveurs et progresse dans les régions à tradition agricole par substitution aux autres races, mais aussi dans les élevages agro-pastoraux et sylvo- pastoraux en voie d'intensification, par croisement avec les populations locales (ANONYME, 2003).

I.3.2.1. Race Ouled Djellal :

C'est la race typique de la steppe et des hautes plaines. L'effectif total est d'environ 11 340 000 de têtes, ce qui représente 63% de l'effectif ovin total. Le mouton *Ouled Djellal* est décrit par plusieurs auteurs, qui sont unanimes pour le classer comme un véritable mouton de la steppe et le plus adapté au nomadisme.



Photo I.1 : Race Ouled Djellal

Toutefois, il s'est adapté progressivement à l'ensemble des systèmes de production et il progresse même dans les systèmes sylvo- pastoraux des montagnes du nord du pays. Les animaux sont hauts sur pattes, longilignes avec une poitrine profonde et des cotes plates, sa laine de couleur blanche est de qualité moyenne c'est par contre une excellente race à viande. Le bélier pèse 80 Kg et la brebis 60 Kg. Il existe trois variétés de ces races :

- 1- La *Ouled Djellal* proprement dite qui peuple les Ziban, Biskra et Touggourt. C'est la variété la plus adaptée à la marche. Elle est communément appelée la « transhumante » ;
- 2- La Ouled Naïl qui peuple le Hodna, Sidi Aissa, M'sila, Biskra et Sétif. C'est le type le plus lourd, elle est communément appelée « Hodnia » ;

- 3- La Chellala qui peuple la région de Laghouat, Chellala et Djelfa, c'est la variété la plus petite et la plus légère les performances de reproduction de la race *Ouled Djellal* ne sont pas supérieures à celles des autres races Algériennes, Cependant, la rusticité dans les différentes conditions et la productivité pondérale de cette race expliquent sa rapide diffusion sur l'ensemble du pays sauf dans le sud, elle tend même à remplacer certaines races dans leur propre berceau, c'est le cas de la race Hamra.

I.3.2.2. Race Rumbi :

Ce mouton à tête rouge ou brunâtre et robe chamoise est le plus gros ovin d'Algérie. Le bélier pèse 90 Kg et la brebis 60 Kg. Il est particulièrement adapté aux régions de l'Ouarsenis et des monts de Tiaret. La race *Rumbi* occupe la zone intermédiaire entre la race *Ouled Djellal* à l'Est et la

race *Hamra* à l'Ouest. Elle est limitée à son aire d'extension. Puisqu'on ne la rencontre nulle part ailleurs.

Cette race est particulièrement rustique et productive; elle est très recommandée pour valoriser les pâturages pauvres de montagnes. L'effectif total est d'environ 2.000.000 de têtes soit 11,1 % du total ovin.

Il existe deux « types » de cette race :

- 1- *Rumbi* du Djebel Amour (Montagne) ;
- 2- *Rumbi* de Sougueur (Steppe).

La productivité numérique et pondérale est la plus élevée comparativement aux races de la steppe. Le poids des animaux aux différents âges sont supérieurs de 10 à 15% de ceux de la race *Ouled Djellal*. Une sélection massale et une augmentation de ses effectifs en race pure paraissent indispensables à brève échéance pour maintenir ce patrimoine génétique. (ANONYME, 2003).



Photo I.2 : Race Rumbi

I.3.2.3. Race Taadmit:

Originnaire de la région de Taadmit et issue d'un croisement entre la race *Ouled Djellal* et la race *Mérinos de l'Est*, cette race à très faible effectif est en voie de disparition. Les béliers souvent dépourvus de cornes, seraient peu ardents à la lutte.



Photo I.3: Race Taadmit

I.3.2.4. Race Barbarine:

Cette race apparentée à la *Barbarine* tunisienne mais s'en différencie par une demi-queue grasse, moins importante que celle de la *Barbarine* tunisienne. Cette réserve de graisse rend l'animal particulièrement rustique en période de disette dans les zones sableuses.

Ses gros sabots en font un excellent marcheur dans les dunes du Souf (El Oued) en particulier. Son aire d'extension couvre l'Est du pays, du Souf aux plateaux constantinois jusqu'à la frontière tunisienne.

L'effectif total est d'environ 48.600 têtes. Ce faible effectif peut être expliqué par la rareté et la pauvreté des pâturages dans sa région d'élevage et par la concurrence de l'élevage bovin traditionnellement développé au Nord de la ligne Batna-Tebessa. Bien que numériquement peu importante, cette race possède de très bonnes qualités de prolificité et de rusticité. Même en période de forte chaleur dans les Oasis ou dans l'erg, la Barbarine mène une vie sexuelle active et s'alimente correctement. Les productivités numérique et pondérale sont supérieures à celles de *Ouled Djellal* avec lequel il est fréquemment métissé. (ANONYME, 2003).



Photo I.4: Race Barbarine

I.3.2.5 Race Berbère:

Le mouton Berbère constitue probablement la population ovine la plus ancienne d'Afrique du Nord, vraisemblablement issue de métissages avec le mouflon sauvage. Elle est aussi appelée Chleuh, Kabyle. C'est un petit mouton à l'aine emmêlée et dont les performances en général ne sont pas encore connues, excepté qu'elle peut survivre sur des terres marginales. Son aire d'extension couvre l'ensemble de l'atlas tellien de Maghnia à la frontière tunisienne. Animal très rustique, résistant au froid et à l'humidité, il est élevé traditionnellement dans les vallées froides et dans les montagnes boisées bien arrosées.

Le caractère pastoral très extensif de cet élevage en montagnes explique les productivités numériques et pondérales inférieures à celles des races élevées en systèmes agricoles.

Avec un effectif de 4.50.000 têtes, cette race, en raison particulièrement de ses faibles performances, tend à être croisée ou remplacée par la *Ouled Djellal*. Il serait dommage de perdre un patrimoine génétique de haute rusticité qui pourrait être amélioré et utilisé en race pure et en croisement éventuellement pour valoriser les parcours des montagnes humides.



Photo I.5 : *Race Berbère*

I.3.2.6. Race D'man:

Cette race des oasis sahariennes originaire du Maroc représente 0.5% du cheptel national soit environ 34.200 têtes. L'aire géographique de répartition de cette race s'étend du sud-ouest algérien (Bechar, Tindouf, Adrar) jusqu'à Ouargla. Bien que de conformation médiocre et de petit format, cette race pourrait présenter énormément d'intérêt zootechnique et économique à l'avenir grâce à ses performances de reproduction exceptionnelles.

- 1er agnelage à 10-12 mois ;
- Prolificité de 150 à 250% ;
- Absence d'œstrus saisonnier ou de lactation ;
- Deux agnelages annuels, très fréquemment gémellaires.

C'est un animal à ossature légère et tête fine, brusquée, dont la toison jarreuse est généralement noire, brune, parfois blanche. La productivité pondérale de cette race est supérieure de 70% environ à celle des autres races. Une sélection sur la conformation pourrait en faire une race d'un grand intérêt pour l'élevage en race pure en zone saharienne et pour les croisements industriels destinés à la boucherie.



Photo I.6: *Race D'man*

I.3.2.7. Race Sidahou:

Race originaire du Mali, elle est exploitée essentiellement par la population touareg et mène une vie nomade. En Algérie la *Sidahou* est encore inconnue sur le plan scientifique et économique. Elle représente moins de 0,13 % du cheptel ovin national soit environ 23.400 têtes. Ces moutons migrent depuis Fezzan en Libye jusqu'au Niger et au sud de l'Algérie (Hoggar-Tassili). Il était autrefois importée du Mali pour la viande, qui maintenait les effectifs élevés, mais depuis l'indépendance la population du Sahara a peu augmenté et la demande en viande remplacée par celle des animaux de la steppe et des hauts plateaux.

La conformation est mauvaise, toutefois il serait recommandé d'éviter la perte d'un patrimoine génétique qui a fait preuve d'adaptation aux conditions les plus rudes.

I.3.3. Aire d'expansion:

Le cheptel ovin, bien qu'il soit composé de plusieurs races, est bien adapté à son milieu et est réparti sur toute la partie Nord du pays avec une forte concentration dans la steppe. Son berceau et son aire d'expansion (Tableau I.1, Figure I.4) ont été décrite par certain auteurs (CHELLIG, 1992 ; ANONYME, 2003 et ANONYME, 2006).

De son berceau d'origine Centre -Est algérien, la race *Ouled Djellal* s'est répandue au niveau de toute la steppe et jusqu'au Maroc et en Tunisie, connaissant ainsi une expansion nationale et internationale spectaculaire. Elle occupe une vaste zone allant de Oued Touil (Wilaya de Tيارت et de Laghouat) à la frontière tunisienne. L'aire géographique de la race *Hamra* va du Chott Chergui à la frontière marocaine. La race *Rumbi* occupe la zone intermédiaire entre la race *Ouled Djellal* à l'Est et la race *Hamra* à l'Ouest. Elle est limitée à son aire d'extension puisqu'on ne la rencontre nulle part ailleurs. Le berceau de cette race est la zone de Ksar Chellala à Tيارت et son aire d'expansion s'étend de l'Oued Touil à l'Est au Chott Chergui à l'Ouest.

D'autres races dites secondaires, menacées d'extinction, sont très localisées comme la *Barbarine* (Sud-Est), la *D'men* (oasis du Sud-Ouest) la *Sidahou* (grand Sahara du Sud). Enfin, le berceau de la race *Berbère* est l'Atlas Tellien du Nord de l'Algérie, c'est une race des montagnes.

Tableau I.1 : Diversité du cheptel ovin en Algérie

Races	Aire de répartition	Effectif	Part en %
Ouled Djellal	Steppe et hautes plaines	11.340.000	63
Rumbi	Centre Est (Steppe et hautes plaines)	1.998.000	11.1
Hamra ou Beni Guil	Ouest de Saida et limites zones Sud	55.800	0.31
Berbère	Massifs montagneux du Nord de l'Algérie	4.500.000	25
Barbarine	Erg oriental sur frontières tunisiennes	48.600	0.27
D'men	Oasis du Sud-Ouest algérien	34.200	0.19
Sidahou	Le grand Sahara Algérien	23.400	0.13

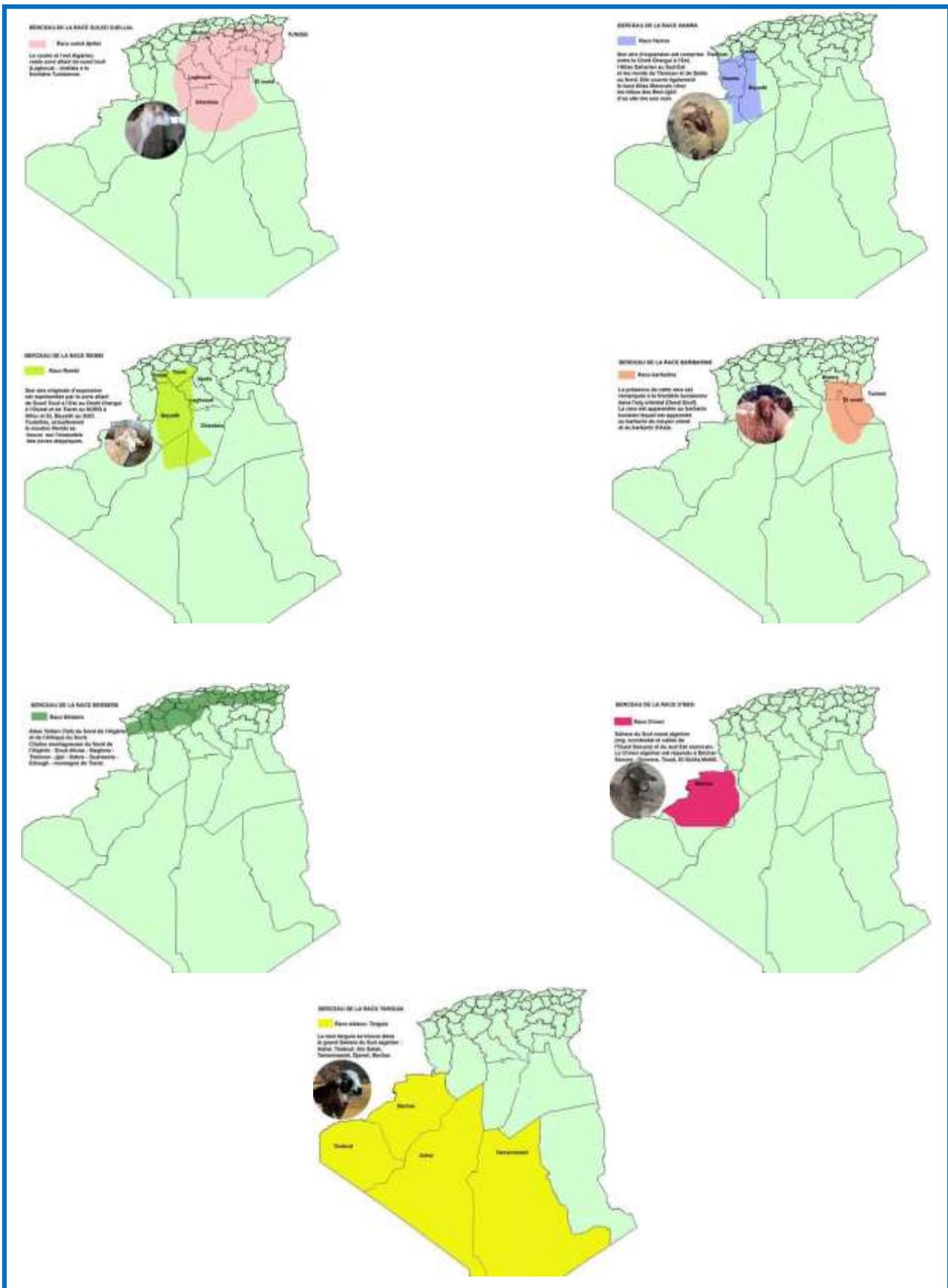


Figure I.4: Berceaux et aires d'extension des races ovines algériennes.

I.3.4. Performances de production des diverses races ovines:

La production laitière moyenne par jour, toute race confondue, est estimée à 400 g pendant 4 à 5 mois (KHELIFI, 1999). Cette production est estimée à 70-80 kg en 6 mois de lactation pour la brebis *Ouled Djellal* et de 55-65 kg en 5-6 mois pour la *Rumbi*, la *Hamra* ne produit que 50 à 60 kg pendant 4 à 5 mois (CHELLIG, 1992). La production laitière est généralement faible à moyenne pour les races secondaires: *Berbère* (50 à 60 kg en 6 mois), *Barbarine* (40 à 50 kg pendant 4 à 5 mois) et *Targuia-Sidaou* (40 à 50 kg en 5 à 6 mois) à l'exception de la race *D'men* pour qui la production moyenne de lait est estimée à 70 - 80 kg en 5 à 6 mois (CHELLIG, 1992). Selon CHELLIG (1992) l'aptitude à la traite est d'une manière générale bonne pour l'ensemble des races où la brebis se laisse traire facilement et le lait produit sert aux agneaux en début de lactation et à la consommation familiale (frais, caillé « Raïb », petit lait « leben ») ou à la fabrication du beurre (*S'men*), du fromage frais (*Djeben*) et du fromage sec (*Klila*) plus particulièrement pour celui trait de la race *Ouled Djellal*.

Pour ce qui est de la viande, elle est d'une qualité excellente, succulente et avec goût apprécié pour les races principales et de moyenne et un peu dure à médiocre et dure pour les races secondaires (CHELLIG, 1992).

La production annuelle moyenne de la laine par tête a été estimée par (KHELIFI, 1999) à 1.2 Kg. La commercialisation se fait directement aux artisans ou à des collecteurs privés sillonnant les zones concernés après la période de tonte (KHELIFI, 1999). Le poids moyen de la toison par race est illustré dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Poids moyen de la toison selon la race

Race	Sexe	Poids moyen de la toison (kg)
Ouled Djellal	Bélier	2.5
	Brebis	1.5
Hamra Béni-Ighil	Bélier	2.5 à 3
	Brebis	1.5 à 2
Rumbi	Bélier	3 à 3.5
	Brebis	2 à 2.5
Barbarine	Bélier	2
	Brebis	1
Berbère	Bélier	2.5
	Brebis	1.5
D'men	/	0.5
Targuia-Sidaou	/	Dépourvue

Source : CHELLIG (1992)

Chapitre

2

Généralités

Sur le lait

Chapitre II: Généralités sur le lait

II.1. Définition:

Le lait été défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

Selon ABOUTAYEB (2009), le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes. Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes). Il doit être conservé au réfrigérateur et consommé dans les 24h. (FREDOT, 2006). JEANTET *et al.* (2008) rapportent que le lait doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires.

Il peut être commercialisé en l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation.

II.2. Composition du lait:

FRANWORTH et MAINVILLE (2010) évoquent que le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment bon pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes.

Les laits sont les seuls aliments naturels complets qui existent, chacun d'eux étant adapté à la race qu'il permet de développer (MITTAINE, 1980). Selon FAVIER (1985), le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E.

Les principaux constituants du lait par ordre croissant selon POUGHEON et GOURSAUD (2001) sont :

1. L'eau, très majoritaire ;
2. Les glucides principalement représentés par le lactose ;
3. Les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras ;
4. Les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire ;
5. Les protéines, caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles ;
6. Les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments.

La composition moyenne du lait entier est représentée dans le Tableau **II.1**. FREDOT (2006) rappelle que le lait est constitué de quatre phases :

- 1- Une émulsion de matières grasses ou phase grasse constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A, D, E, K);
- 2- Une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelles ;
- 3- Une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux, azote non protéique) ;
- 4- Une phase gazeuse composée d'O₂, d'azote et de CO₂ dissous qui représentent environ 5 % du volume du lait.

Tableau II.1 : *Composition moyenne du lait entier* (FREDOT, 2006)

Composants	Teneurs (g/100g)
Eau	89.5
Dérivés azotés	3.44
Protéines	3.27
Caséine	2.71
Protéines solubles	0.56
Azote non protéique	0.17
Matières grasses	3.5
Lipides neutres	3.4
Lipides complexes	<0.05
Composés liposolubles	<0.05
Glucides	4.8
Lactose	4.7
Gaz dissous	5% du volume du lait
Extrait sec total	12.8g

Le tableau II.2 donne la composition moyenne en % pour différentes espèces.

Tableau II.2 : *Composition moyenne en % du lait de vache, femme, brebis et chèvre*

Composants	Vache	Femme	Brebis	Chèvre
Protéines	3.4	1.0	2.9	5.5
Caséines	2.8	0.4	2.5	4.6
Lipides	3.7	3.8	4.5	7.4
Lactose	4.6	7.0	4.1	4.8
Minéraux	0.7	0.2	0.8	1.0

(JENSEN, 1995)

II.2.1. Eau:

D'après AMIOT et *al.* (2002), l'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides.

II.2.2. Matière grasse:

JEANTET et *al.* (2008) rapportent que la matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0.1 à 10µm et est essentiellement constitué de triglycérides (98%). La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle renferme :

- Une très grande variété d'acides gras (150 différents) ;
- Une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes ;
- Une teneur élevée en acide oléique (C18 :1) et palmitique (C16 :0) ;
- Une teneur moyenne en acide stéarique (C18 :0).

La Figure II.1 présente un globule gras du lait. La membrane est constituée de phospholipides, de lipoprotéines, de cérébrosides, de protéines, d'acides nucléiques, d'enzymes et d'oligo-éléments (métaux) et d'eau (BYLUND, 1995).

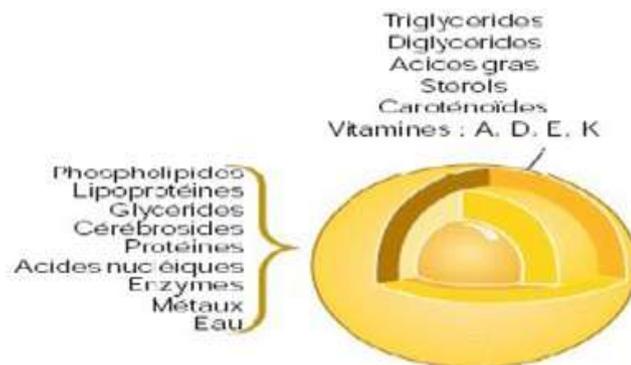


Figure II. 1: Composition de la matière grasse du lait (BYLUND, 1995)

Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés. Le lait est pauvre en acides gras essentiels (acide linoléique C18 :2 et acide linoléique C18:3) par rapport au lait de femme (1.6% contre 8.5% en moyenne) (JEANTET et *al.*, 2008).

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave).

Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (STOLL, 2003).

II.2.3. Protéines:

Selon JEANTET et *al.* (2007), le lait contient 3.2 à 3.5% de protéines réparties en deux fractions distinctes :

1. Les caséines qui précipitent à pH 4.6, représentent 80% des protéines totales ;
2. Les protéines sériques solubles à pH 4.6, représentent 20% des protéines totales.

La classification des protéines est illustrée dans le Tableau II.3.

II.2.3.1. Caséines:

JEAN et DIJON (1993) rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, résultat de la polycondensation de différents aminoacides, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. Le caséinate de calcium, de masse molaire qui peut atteindre 56000 g mol^{-1} , forme Molécules de K-caséine une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de $0,1 \mu\text{m}$ (Figure II. 2).

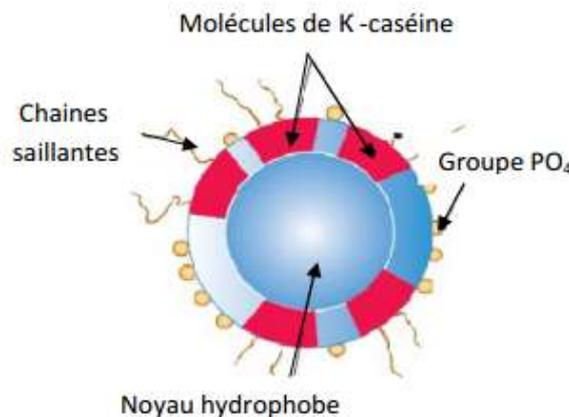


Figure II.2: Structure d'une sub-micelle caséique (BYLUND, 1995)

II.2.3.2. Protéines du lactosérum:

Les protéines du lactosérum représentent 15 à 28% des protéines du lait de vache et 17% des matières azotées (DEBRY, 2001). THAPON (2005), définit les protéines du lactosérum comme protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane. Elles sont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique.

II.2.3.2.1. L' α -lactalbumine:

L' α -lactalbumine est une protéine de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques (A, B, C). Métalloprotéine (elle possède un atome de calcium par mole) du type globulaire (structure tertiaire quasi sphérique). Elle présente environ 22% des protéines du sérum (VIGNOLA, 2002).

II.2.3.2.2. La β -lactoglobuline:

La β -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55%. Son point isoélectrique est 5.1 la lactoglobuline est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques (A, B, C, D, E, F, G). Lors du chauffage la fixation d'une molécule de caséine K et d'une β -lactoglobuline se fasse également par un pont disulfure (DEBRY, 2001).

II.2.3.2.3. Le sérum-albumine:

Représente environ 7% des protéines du sérum. Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés. Comptant un seul variant génétique A est identique au sérum albumine sanguine (VIGNOLA, 2002).

II.2.3.2.4. Les immunoglobulines:

Ce sont des glycoprotéines de haut poids moléculaire responsable de l'immunité. On distingue trois grandes classes d'immunoglobulines: IGA, IgG, IgM. Elles sont très abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont les protéines du lactosérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (THAPON, 2005).

II.2.3.2.5 Protéoses-peptones:

Elles forment la fraction protéique soluble après chauffage du lait acidifié à Ph 4.6 vers 95°C pendant 20 à 30 minutes. C'est un groupe hétérogène issu de la protéolyse par la plasmine de la caséine β (DEBRY, 2001).

Tableau II.3: Classification des protéines (BRUNNER, 1981 cité par POUGHEON, 2001)

NOMS	% des protéines	Nombre d'AA
CASEINES	75-85	
Caséine α_{S1}	39-46	199
Caséine α_{S2}	8-11	207
Caséine β	25-35	209
Caséine κ	8-15	169
Caséine γ	3-7	-
PROTEINES DU LACTOSERUM	15-22	
β –Lactoglobuline	7-12	162
α –Lactalbumine	2-5	123
Sérum-albumine	0.7-1.3	582
Immunoglobulines (G1, G2, A, M)	1.9-3.3	-
Protéoses-peptones	2-4	-

II.2.4. Lactose :

MATHIEU (1999) évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$, est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose. Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du glucose sanguin. Celui-ci est en grande partie produit par le foie.

Le lactose est quasiment le seul glucide du lait et représente 99% des glucides du lait de monogastriques. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait. Cette teneur présente de faibles variations dans le sens inverse des variations du taux butyreux. Le lactose est un sucre spécifique du lait (HODEN et COULON, 1991).

II.2.5. Minéraux:

Selon GAUCHERON (2004), le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions (Tableau II.4).

Tableau II. 4 : Composition minérale du lait (JEANTET et al., 2007)

Eléments minéraux	Concentration (mg.kg ⁻¹)
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique	1805-2185
Citrate	1323-2079
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

II.2.6. Vitamines:

Selon VIGNOLA (2002), les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser (Tableau II.5).

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (JEANTET et al., 2008).

Tableau II.5 : Composition vitaminique moyenne du lait cru (AMIOT et al., 2002)

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	40µg/100ml
Vitamine A (+carotènes)	2.4µg/100ml
Vitamine D	100µg/100ml
Vitamine E	5µg/100ml
Vitamine K	2mg/100ml
Vitamines hydrosolubles	45µg/100ml
Vitamine C (acide ascorbique)	175µg/100ml
Vitamine B ₁ (thiamine)	50µg/100ml
Vitamine B ₂ (riboflavine)	0.45µg/100ml
Vitamine B ₆ (pyridoxine)	90µg/100ml
Vitamine B ₁₂ (cyanocobalamine)	350µg/100ml
Niacine et niacinamide	5.5µg/100ml
Acide pantothénique	3.5µg/100ml
Acide folique	40µg/100ml
Vitamine H (biotine)	2.4µg/100ml

II.2.7. Enzymes:

POUGHEON (2001) définit les enzymes comme des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes: la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (Tableau II.6).

Tableau II.6 : *Caractéristiques des principaux enzymes du lait* (VIGNOLA, 2002)

Groupe d'enzyme	Classes d'enzymes	pH	Température (°C)	Substrats
Hydrolases	<u>Estérases</u>			
	Lipases	8.5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcaline	9-10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatase acide	4.0-5.2	37	Esters phosphoriques
	<u>Protéases</u>			
	Lysozyme	7.5	37	Parois cellulaire microbienne
	Plasmine	8	37	Caséines
Déshydrogénases ou Oxydases	Sulfhydryle oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8.3	37	Bases puriques
Oxygénases	Lactoperoxydase	6.8	20	Composés réducteurs +H ₂ O ₂
	Catalase	7	20	H ₂ O ₂

II.3. Facteurs influençant la composition du lait:

Selon COULON (1994) cité par POUGHEON (2001), la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs. Ces principaux facteurs de variation sont bien connus, ils sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter. La composition du lait est variable elle dépend bien entendu du génotype de la femelle laitière (race, espèce) mais l'âge, la saison, le stade de lactation, l'alimentation sont des facteurs qui peuvent avoir des effets importants sur la composition du lait (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

II.3.1. Variabilité génétique entre individus:

D'après POUGHEON et GOURSAUD (2001), il existe indéniablement des variabilités de composition entre les espèces et les races mais les études de comparaison ne sont pas faciles à mener, car les écarts obtenus lors des contrôles laitiers sont la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevage. Généralement les races les plus laitières présentent un plus faible taux de matières grasses et protéiques or le choix d'une race repose sur un bilan économique global. C'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée. Il existe ainsi une variabilité génétique intra-race élevée, c'est pourquoi une sélection peut apporter un progrès.

II.3.2. Stade de lactation:

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période colostrale), elles chutent jusqu'à un minimum au 2^{ème} mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours. Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

II.3.3. Age ou numéro de lactation :

Selon POUGHEON et GOURSAUD (2001), on peut considérer que l'effet de l'âge est très faible sur les quatre premières lactations. On observe une diminution du taux butyreux (TB) (en g/Kg) de 1% et du taux protéique (TP) de 0.6%.

II.3.4. Facteurs alimentaires:

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation du lait mais elle est importante car elle peut être modifiée par l'éleveur. Une réduction courte et brutale du niveau de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la composition en matière grasse (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues).

Avec un apport de fourrages à volonté, d'un niveau d'apports azotés conduit à un meilleur taux azoté avec un accroissement de l'apport non protéique (ANP) et des caséines. L'addition de matières grasses dans la ration induit le plus souvent une baisse du TB. Elle est due à une perturbation des fermentations ruminales, mais elle influence la composition en AG de la matière grasse du lait (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

II.3.5. Facteurs climatiques et saisonniers:

D'après POUGHEON et GOURSAUD (2001), la saison a une influence importante qui se rajoute aux autres facteurs (variabilité génétique, alimentation, stade de lactation, âge.) de façon immuable, le TB passe par un minimum en Juin – Juillet et par un maximum à la fin de l'automne. La teneur en protéines passe par deux minimums un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par deux maximums à la mise à l'herbe et à la fin de la période de pâturage.

II.4. Propriétés physico-chimiques du lait:

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (AMIOT et *al.*, 2002).

II.4.1. Masse volumique:

Selon POINTURIER (2003), la masse volumique d'un liquide est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide divisée par son volume. Elle est habituellement notée ρ et s'exprime en Kg.m^{-3} dans le système métrique. Comme la masse volumique dépend étroitement de la température, il est nécessaire de préciser à quelle température (T) elle est déterminée: La masse volumique du lait entier à 20°C est en moyenne de 1030Kg.m^{-3} .

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau on a : Comme la masse volumique de l'eau à 4°C est pratiquement égale à 1000Kg.m^{-3} , la densité du lait à 20°C par rapport à l'eau à 4°C est d'environ 1.030 ($d_{20/4}$). Il convient de signaler que le terme anglais «Density» prête à confusion puisqu'il désigne la masse volumique et non la densité (POINTURIER, 2003).

II.4.2. Point de congélation:

NEVILLE et JENSEN (1995) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait.

Sa valeur moyenne se situe entre -0.54 et -0.55°C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. On constate de légères fluctuations dues aux saisons, à la race de l'animal, à la région de production. On a par exemple signalé des variations normales de -0.530 à -0.575°C. Le mouillage élève le point de congélation vers 0°C, puisque le nombre de molécules, autres que celles d'eau, et d'ions par litre diminue.

D'une manière générale tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation (MATHIEU, 1999).

II.4.3. Point d'ébullition:

D'après AMIOT et *al.* (2002), on définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100.5°C.

II.4.4. Acidité du lait:

Selon JEAN et DIJON (1993), l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique. L'acidité titrable du lait est déterminée par dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaléine.

Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degré Dornic (°D). $1^{\circ}\text{D} = 0.1\text{g}$ d'acide lactique par litre de lait.

Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité $\leq 21^{\circ}\text{D}$. Un lait dont l'acidité est $\geq 27^{\circ}\text{D}$ coagule au chauffage; un lait dont l'acidité est $\geq 70^{\circ}\text{D}$ coagule à froid.

II.5. Qualité organoleptique du lait:

VIERLING (2003) rapporte que l'aspect, l'odeur, la saveur, la texture ne peuvent être précisés qu'en comparaison avec un lait frais.

II.5.1. La couleur:

Le lait est de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (l'animal transforme le β -carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait (FREDOT, 2005).

(FREDOT, 2005) explique que dans le lait, deux composants, les lipides sous forme de globules de matière grasse et les protéines sous forme de micelles de caséines diffractent la lumière. Ces agrégats dispersent les rayons lumineux sans les absorber et le rayonnement qu'ils renvoient, est identique en composition au rayonnement solaire, à savoir une lumière blanche.

II.5.2. L'odeur:

Selon VIERLING (2003), l'odeur est caractéristique du lait, du fait de la matière grasse qu'il contient fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette).

II.5.3. La saveur:

La saveur du lait normal frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et un peu piquante. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont un goût légèrement différent de celui du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. Il en est en parfois de même du colostrum. L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés, etc. peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un goût amer. La saveur amère peut aussi apparaître dans le lait par suite de la pullulation de certains germes d'origine extra-mammaire (THIEULIN et VUILLAUME, 1967).

II.5.4. La viscosité:

La viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes.

La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques. La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur. Ainsi, un consommateur d'Europe centrale évalue de manière très positive le lait concentré à forte consistance (filandreux). Il associe la teneur élevée des composants du lait à la viscosité élevée. (THIEULIN et VUILLAUME, 1967).

Chapitre

3

Matière grasse

et acides gras

Chapitre III: Matière grasse et acides gras

III.1. Structure, nomenclature et méthodes d'analyse des acides gras:

Dans les domaines de la nutrition humaine et animale, un fort intérêt est porté depuis, plus de 20 ans sur les Acides Gras (AG) en raison de leurs effets sur la santé humaine et de leur rôle en physiologie animale. De nombreux efforts de mise au point de techniques d'analyses performantes ont été déployés. Il est maintenant possible de déterminer avec précision le profil en AG de différentes matrices (aliments, tissus, contenus digestifs...). Des étapes préalables d'extraction et de dérivation des AG sont les prérequis indispensables à l'utilisation ultérieure de techniques chromatographiques et spectrométriques dédiées. Après avoir présenté la structure et la nomenclature des AG, les différentes étapes d'analyse du profil en AG sont décrites ci-après, avec une attention particulière portée à certains AG mineurs du lait (AG trans, AG conjugués). (LERCH, S. 2012).

III.1.1. Structure et nomenclature des acides gras:

Les AG sont des molécules composées d'une chaîne carbonée linéaire formée par la répétition du chaînon $-CH_2-$ ou $=CH-$ et portant un groupement acide carboxylique $-COOH$ à une extrémité (extrémité delta, Δ) et un groupement méthyle $-CH_3$ à l'autre extrémité (extrémité n-, oméga, ω). La chaîne carbonée dont la longueur varie de 4 à 30 atomes contient le plus souvent un nombre pair d'atomes de carbone. Les AG à chaîne courte comportent moins de 8 atomes de carbone, les AG à chaîne moyenne entre 8 et 16 atomes de carbone et les AG à chaîne longue plus de 16 atomes de carbone. Les AG Saturés (AGS) ne présentent pas de double liaison au sein de leur chaîne carbonée. Ils ont une configuration linéaire dans l'espace (Figure III.1), à l'exception des acides gras ramifiés. Les AG Insaturés (AGI) portent au sein de leur chaîne carbonée une seule double liaison (AG Mono Insaturés, AGMI) ou 2 doubles liaisons ou plus (AG Poly Insaturés, AGPI). Chaque double liaison peut prendre deux configurations géométriques différentes: cis ou trans.

La configuration cis, aussi appelée Z (de l'allemand Zusammen qui veut dire ensemble), est la plus courante.

Dans ce cas, les 2 atomes d'hydrogène sont situés du même côté par rapport au plan de la double liaison. Cette configuration induit une courbure d'un angle d'environ 30° dans la chaîne carbonée (Figure III.1). La configuration trans, aussi appelée E (de l'allemand Entgegen qui veut dire opposé), où les 2 atomes d'hydrogène sont situés de part et d'autre du plan de la double liaison, induit une structure spatiale quasiment linéaire de la molécule, proche de celle d'un AGS (Figure III.1). (LERCH, S. 2012).

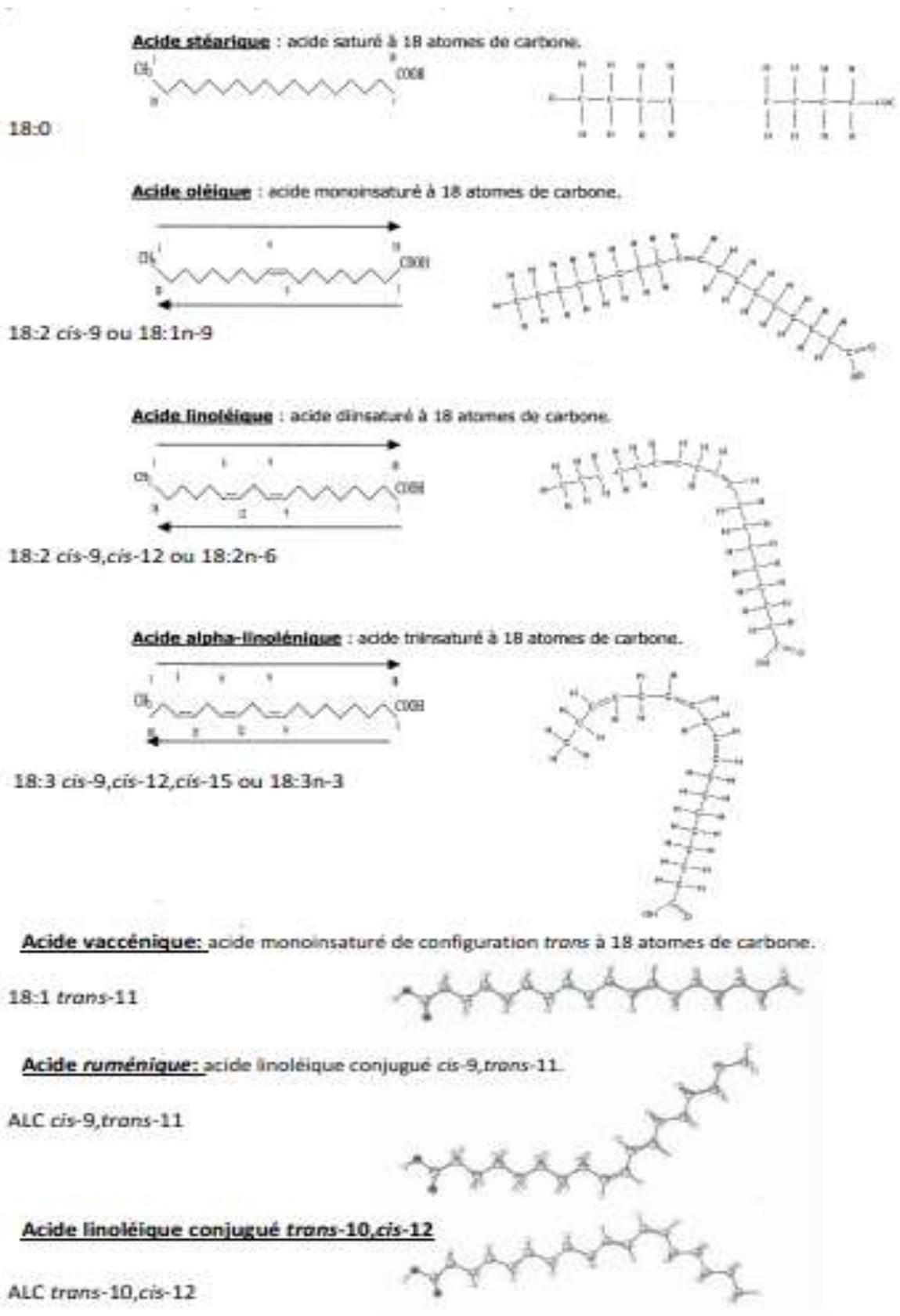


Figure III.1: Représentation schématique de quelques molécules d'acides gras
(Sources: ITERG, 2002, BAUMAN et LOCK, 2006)

Dans la plupart des cas, au sein de la chaîne carbonée d'un AGPI, les doubles liaisons sont séparées par 3 atomes de carbone (structure méthylène interrompue). Il existe également des nAGPI de structure bis-méthylène interrompue (doubles liaisons distantes de 4 atomes de carbone) ou des acides gras conjugués (doubles liaisons distantes de 2 atomes de carbone sans séparation n par un méthylène). Ce sont des mécanismes spécifiques d'isomérisation ayant lieu notamment dans le rumen des ruminants ou induits par le traitement technologique des huiles qui permettent de dériver les AGI cis méthylène interrompus en AGI trans et/ou bis- méthylène interrompus ou conjugués. Enfin, certains AG présentent la particularité de contenir une ou plusieurs fonctions chimiques supplémentaires (hydroxyle, thiol...) ou bien encore, un ou plusieurs groupes méthyles ramifiés ou un cycle au sein de la molécule. On parle alors d'chaîne ramifiée. Ces derniers dérivent principalement des synthèses bactériennes.

Parmi les AGI, on distinguera notamment les AG oméga 3 (AG n-3, ex. acide α - linoléique: 18:3n-3 ou 18:3 cis-9,cis-12,cis-15), les AG oméga 6 (AG n-6, ex. acide linoléique: 18:2n-6 ou 18:2 cis-9,cis 12), les AG oméga 9 (AG n-9, ex. acide oléique: 18:1n-9 ou 18:1 cis-9) ou encore les Acides Linoléiques Conjugués (ALC ou Conjugated Linoleic Acids: CLA, ex. acide ruménique ALC cis-9,trans-11) et les Acides Linoléiques diènes ou triènes Conjugués (ALnC ou Conjugated Linolenic Acids : CLnA, ex. acide rumélénique ALnC cis-9,trans-11,cis-15 ou acide α -éléostéarique ALnC cis-9,trans-11,trans-13). Au sein des AG ramifiés, on distinguera les AGS iso-méthyles et anteiso-méthyles ayant un groupe méthyle ramifié sur le carbone n-1 ou n-2 (ex. iso 15:0 et anteiso 17:0). Il existe donc une grande diversité d'AG. Leurs différences en terme de longueur de chaîne carbonée, de degré d'insaturation ou bien encore de position et de configuration de leurs doubles liaisons, leurs confèrent des propriétés physiques (point de fusion notamment), chimiques et physiologiques différentes.(LERCH, S. 2012).

III.1.2. Extraction et préparation des acides gras pour analyses:

Isoler la fraction lipidique d'une matrice biologique peut se faire par de nombreuses méthodes, la plupart étant basées sur l'utilisation de solvants organiques (CHRISTIE, 1993b).

L'utilisation d'un mélange de chloroforme et de méthanol (2:1, V/V) afin d'extraire les lipides des autres constituants de la matrice, suivie d'une étape de lavage par addition d'une solution saline fait figure de référence (FOLCH et *al.*, 1957). La méthode d'extraction de BLIGH et DYER (1959) est également commune et a l'avantage d'être économe en solvants comparativement à la méthode de FOLCH et *al.* (1957). De nombreuses adaptations de ces méthodes ont été proposées dans le but d'utiliser des solvants moins toxiques et d'économiser du temps et/ou des réactifs (CHRISTIE, 1993b).

Une méthode basée sur l'utilisation d'une colonne sèche a également été développée (MAXWELL *et al.*, 1986). Cette méthode rapide présente l'avantage d'utiliser une faible quantité de solvant et de séparer par élution séquentielle les lipides polaires puis neutres. En revanche, elle ne permet pas d'obtenir des quantités importantes d'extrait lipidique.

Plus récemment de nouvelles techniques alternatives, n'utilisant pas ou que très peu de solvant ont fait leur apparition. Il s'agit notamment des extractions par micro-ondes ou par fluide en conditions supercritiques (CARRAPISO et GARCIA, 2000).

La préparation de dérivés volatils à partir des AG est une étape indispensable à leur analyse ultérieure par Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG). Les Esters Méthyliques d'AG (EMAG) sont généralement préférés à d'autres types de dérivés (esters éthylique, propylique, isopropylique ou butylique). La très forte volatilité des EMAG explique leur bonne séparation par CPG.

Cependant des facteurs de correction doivent être appliqués aux EMAG à chaîne courte (CHRISTIE, 1993a, KRAMER et ZHOU, 2001). Deux principaux types d'estérification sont utilisés. L'une est catalysée par un acide, l'autre par une base.

L'estérification catalysée par un acide peut se faire en présence d'acides hydrochlorique (HCL) ou sulfurique (H_2SO_4) ou encore de trifluorure de bore (BF_3) (CHRISTIE, 1993a). Ce type d'estérification présente l'intérêt d'être applicable à tous types de lipides. Cependant, elle peut conduire à l'isomérisation des AG conjugués *cis*, *trans* en *trans*, *trans* et peut créer des artefacts (YURAWECZ et al., 1994, KRAMER et al., 1997, PARK et al., 2001). Toutefois, ces phénomènes n'apparaissent pas avec une température inférieure à 60°C et un temps de réaction inférieur à 30 min (PARK et al., 2001). Cependant, dans ces conditions, les sphingolipides ne sont pas *trans* estérifiés (KRAMER et al., 1997). L'estérification catalysée par une base est le plus souvent conduite en présence de méthoxide de sodium (NaOMe) ou de potassium (KOME) (CHRISTIE, 1993a). L'avantage de ce type d'estérification réside dans le fait qu'elle n'induit pas d'isomérisation des AG conjugués et qu'elle ne crée pas d'artefacts.

Cependant, si elle transestérifie efficacement les glycérides, elle ne permet pas d'estérifier les AG libres ou de transestérifier les sphingolipides (CHRISTIE, 1993a, KRAMER et ZHOU, 2001).

L'utilisation de l'une ou l'autre de ces méthodes ou une combinaison des deux doit être choisie en fonction de la composition en classes de lipides de la matrice à analyser. Par souci de gain de temps et d'argent, des techniques de transestérification *in situ* ont été développées (CHRISTIE, 1993a, CARRAPISO et GARCIA, 2000). Dans ce cas, les étapes d'extraction et de transestérification sont couplées. C'est ce dernier type de procédure qui est utilisé au sein de notre laboratoire pour la préparation d'EMAG à partir du lait (FERLAY et al., 2010).

III.1.3. Profil global en acide gras par chromatographie en phase gazeuse:

L'utilisation de la CPG équipée de colonne capillaire en silice fondue d'une longueur de 100 à 120 mètres imprégnée d'une phase stationnaire hautement polaire de cyano-propyl-polysiloxane est la technique la plus utilisée à ce jour afin de déterminer le profil global en AG d'un échantillon (CHRISTIE, 1989, KRAMER et al., 2001, JUANEDA et al., 2007). Le plus souvent un Détecteur à Ionisation de Flamme (DIF) reconnu pour sa haute sensibilité et sa stabilité est utilisé. L'hydrogène (H_2) et l'hélium (He) sont les gaz vecteurs les plus souvent utilisés en raison de leur faible vélocité (CHRISTIE, 1989).

III.1.3.1. Rétention et séparation des acides gras :

Avec les colonnes vendues sous les noms commerciaux CP Sil 88 (Chrompack TM, Middelburg, Pays Bas), SP 2560, SP 2340 (Supelco TM, Bellefonte, PA, USA) et BPX-70 (SGETM, Melbourne, Australie) le facteur de rétention (k') d'un EMAG varie en fonction du nombre d'atomes de carbone de sa chaîne aliphatique (ex: $k'_{C24} > k'_{C22} > k'_{C20} \dots$),

puis en fonction de son degré d'insaturation (ex: k'18:2 > k'18:1 > k'18:0), de la configuration de ses doubles liaisons (k'cis > k'trans) et enfin de la position de ses doubles liaisons (ex: k'18:1 11 > k'18:1 cis-9 > k'18:1 cis-6). En outre, les AG conjugués présentent un facteur de rétention plus important que leurs homologues aux structures méthylène et bis méthylène interrompues (ex: k'ALC cis-9, trans-11 >> k'18:2 (CHRISTIE, 1989). Afin de séparer efficacement des mélanges complexes d'EMAG, il est nécessaire d'avoir recours à des programmes de température. Dans le cas de la matière grasse laitière, la température initiale doit être faible (45 à 75°C) afin d'obtenir une bonne résolution des EMAG à chaîne courte ayant un bas point de fusion. La température sera ensuite augmentée jusqu'aux alentours de 220°C le plus souvent après être passée par un ou plusieurs paliers (KRAMER et *al.*, 2001). Des exemples de chromatogramme d'EMAG issus du lait illustrant les zones 16:1; 18:1, 18:2 ainsi que ALC et ALnC diènes conjugués sont présentés sur la (Figure III.2).

Dans le cas d'un mélange d'EMAG aussi complexe que celui issu du lait, des séparations incomplètes de nombreux composés dans différentes zones du chromatogramme (particulièrement 16:1, 18:1, 18:2 et ALC) sont à l'origine d'une mauvaise estimation de la teneur en certains AG (WOLFF et *al.*, 1998, JUANEDA et *al.*, 2007). Dans le cadre d'une analyse approfondie, fractionner le mélange initial peut s'avérer utile. En outre, lorsque l'attention est portée sur une catégorie d'AG spécifiques présents en faible quantité dans le mélange initial, une étape préliminaire de séparation et de concentration est nécessaire. Dans ces deux cas, le recours à des méthodes préparatives comme la Chromatographie Liquide Haute Performance (CLHP) en Phase Inverse, la Chromatographie sur Couche Mince, l'Extraction sur Phase Solide ou encore la CLHP avec des phases stationnaires imprégnées de nitrate d'argent (Ag⁺- CCM; Ag⁺-EPS et Ag⁺-CLHP) est indispensable (PRECHT et MOLKENTIN, 1999, DESTAILLATS et *al.*, 2000, WINKLER et STEINHART, 2001, LUNA et *al.*, 2009).

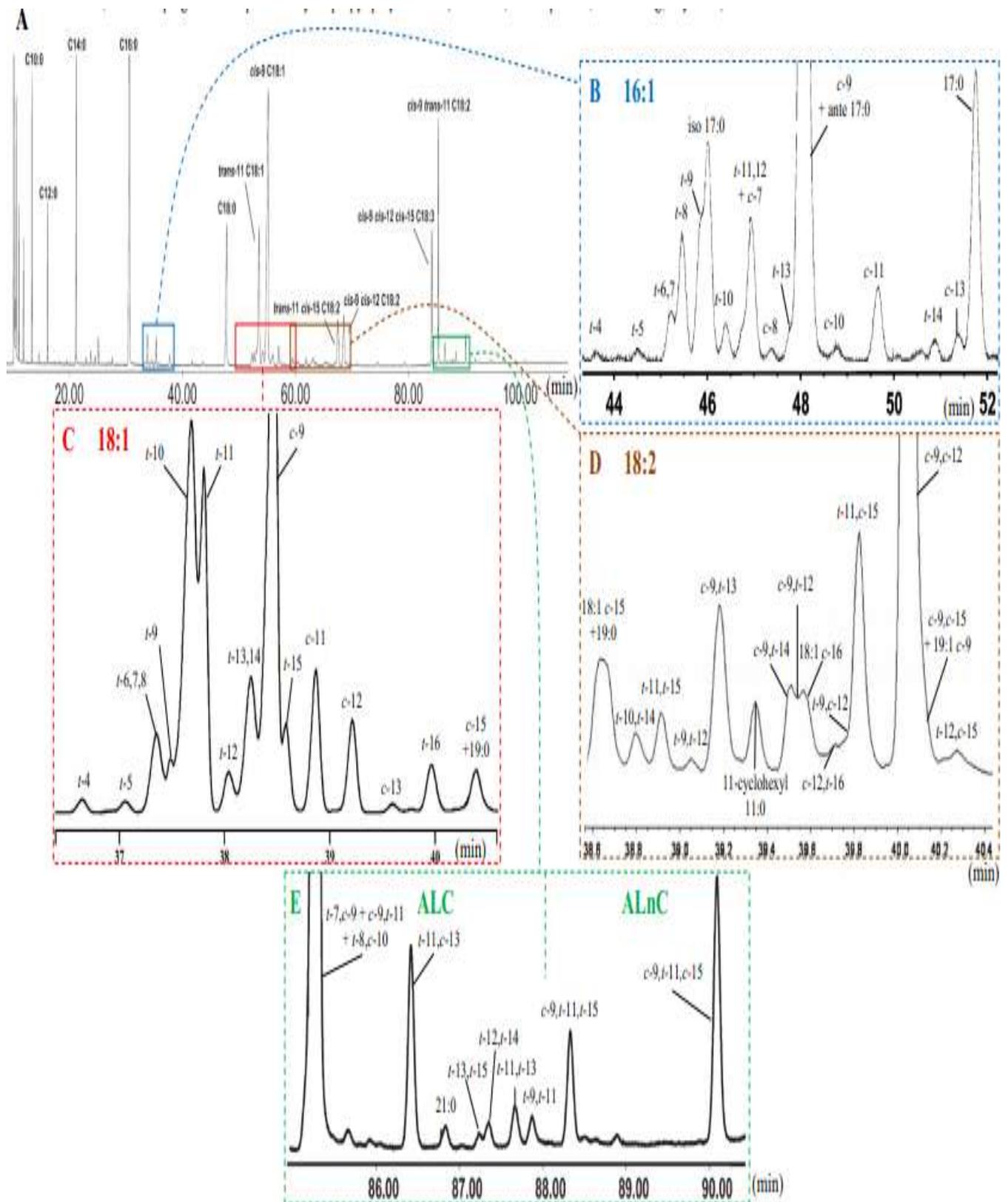


Figure III.2 : A) Chromatogramme obtenue par CPG-DIF des esters méthyliques d'acides gras issus de lait de vache ou de brebis. Des agrandissements détaillent les zones. B) 16 :1, C) 18 :1, D) 18 :2 et E) Acides Linoléiques (ALC) et Linoléiques (ALnC) conjugués (sources : A et E : (GEOMEZ-CORTES et al., 2009); B (KRAMER et al., 2008) ; C : (LOOR et al., 2004 ; D : (SHINGFIELD et al., 2008).

III.1.3.2. Identification des acides gras:

En CPG-DIF, l'identification d'un pic correspondant à un AG est déterminée par la comparaison de son temps de rétention avec ceux de standards disponibles dans le commerce.

Tous les AG présents dans le lait ne sont cependant pas disponibles. L'obtention d'autres standards peut se faire via l'isomérisation d'AGI en présence d'un catalyseur métallique alcalin (KOH, NaOH), d'acide *p*-toluenesulfonique (DELMONTE et al., 2003, ANGERS et al., 2004) ou lors d'un traitement aux Ultra-Violets (UV) en présence d'iode (I₂) (EULITZ et al., 1999). Des processus répétés d'hydrobromination et de déhydrobromination permettent également de produire toute une gamme d'isomères de position et de configuration à partir d'un AGMI (DELMONTE et al., 2008). Cette approche consistant à comparer les temps de rétention des pics à identifier avec ceux de standards est toutefois hasardeuse. Elle a d'ailleurs conduit certains auteurs à publier des identifications erronées (ABUGHAZALEH et al., 2003). Combiner cette approche à une analyse structurale des composés par CPG couplée à la Spectrométrie de Masse (CPG-SM) est fortement conseillé.

L'analyse structurale des EMAG par CPG-SM via l'ionisation par Impact d'Electrons (CPG-MS IE) permet de connaître le poids moléculaire des EMAG. En revanche, elle reste peu informative quant à la position des doubles liaisons dans le cas des AGI. Afin de contourner ce problème, le recours à des dérivés d'AG libres ou d'EMAG contenant un atome d'azote s'avère très utile. En effet, lorsque la molécule est ionisée dans le champ d'électrons, l'atome d'azote et non la chaîne aliphatique porte la charge (SPITZER, 1997, CHRISTIE, 1998).

Au sein de ceux-ci, les dérivés 4, 4-diméthylloxazoline (DMOX) présentent en outre l'avantage d'avoir un point de fusion seulement très légèrement supérieur à celui des EMAG, ce qui permet d'obtenir une résolution quasi équivalente par CPG dans des conditions similaires (CHRISTIE, 1998). La CPG-SM IE sur des dérivés DMOX ou d'autres types de dérivés est utile pour identifier le nombre de doubles liaisons et leur position. En revanche, elle n'apporte pas d'information quant à leur configuration. Il est alors nécessaire d'avoir recours à d'autres techniques telles que la CPG couplée à la Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier (CPG-IRTF) (LE QUERE et SEMON, 1998, MOSSOBA, 2001) et la spectrométrie par Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) (LIE KEN JIE, 2001, PLOURDE et al., 2007a). En outre, une puissante technique de CPG couplée à deux spectromètres de masse en tandem (CPG-SM/SM) impliquant une ionisation chimique à partir d'acétonitrile a été développée et permet également de distinguer dans certains cas des isomères de configuration (VAN PELT et BRENNNA, 1999, MICHAUD et al., 2003, LAWRENCE et BRENNNA, 2006).

III.1.4. Profil en acides linoléiques conjugués par chromatographie en phase liquide haute performance en mode ion argent :

Déterminer précisément le profil en ALC du lait par CPG-DIF se révèle difficile en raison des faibles teneurs en certains isomères du ALC, de zone de co-élution (notamment ALC *cis*-9, *trans*-11, *trans*-7, *cis*-9 et *trans*-8, *cis*-10) ou encore de l'interférence avec d'autres composés éluant dans la même zone (particulièrement 21:0) (Figure III. 2). Le recours à des techniques complémentaires s'avère nécessaire, la CLHP équipée de colonne imprégnée aux ions d'argent (ex. Chrom Spher 5

Lipids TM, Varian-Chrompack International, Middelburg, Pays Bas) étant souvent utilisée (YURAWECZ et MOREHOUSE, 2001, CHRISTIE et *al.*, 2007). Dans ce cas, le phénomène de rétention sur la phase stationnaire est basé sur la capacité des ions Ag^+ à former des complexes transitoires avec les électrons π des doubles liaisons. L'acétonitrile présent dans la phase mobile (en général utilisé en mode isocratique aux alentours de 0.1% v/v dans un solvant apolaire: heptane ou hexane) va alors entrer en compétition avec les ions Ag^+ pour les sites insaturés des molécules de l'échantillon (NIKOLOVA- DAMYANOVA, 2009).

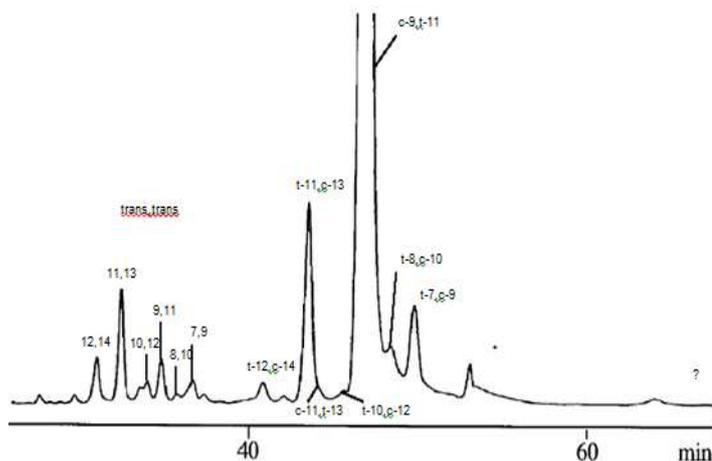


Figure III.3: Chromatogramme obtenu par Ag^+ -CLHP des esters méthyliques d'acides linoléiques conjugués issus d'un lait de vache (Source: SEHAT et *al.*, 1999) Chromatographie en phase liquide haute performance équipée d'un détecteur à barrette de diode enregistrant à 233 nm et de 3 colonnes en silice de 250 mm de long et d'un diamètre intérieur de 4.6 mm, imprégnées par des ions Ag^+ (Chrom Spher 5 LipidsTM, Varian-Chrompack International, Middelburg, Pays Bas) et utilisées en série. La séparation se fait en mode isocratique en utilisant une solution de 0.1% d'acétonitrile dans l'hexane (v/v) à un débit constant de 1 ml/min. *Absorbance à 233 nm due au méthyl 18:1 cis-9.

Dans ce système: (i) le facteur de rétention d'un composé augmente rapidement avec l'augmentation du nombre de doubles liaisons, (ii) les isomères de configuration cis sont retenus plus longtemps que les isomères trans, (iii) les composés aux doubles liaisons conjuguées sont retenus moins longtemps que ceux présentant des structures méthylène interrompues, eux-mêmes étant retenus moins longtemps que ceux présentant des structures bis-méthylène interrompues, (iv) la position des doubles liaisons affecte la rétention et (v) la rétention diminue légèrement lorsque la longueur de la chaîne augmente (NIKOLOVA- DAMYANOVA, 2009).

Cette technique a trouvé de nombreuses applications permettant de séparer entre autres les isomères de configuration des acides linoléiques, Linoléiques et arachidoniques (CHRISTIE et BRECKENRIDGE, 1989, ADLOF, 1994, JUANEDA et *al.*, 1994). L'application la plus courante est toutefois dédiée à l'analyse des ALC. Dans ce cas, les propriétés d'absorbance spécifique des ALC sous forme d'EMAG sont mises à profit. Ainsi, la présence d'un système de doubles liaisons conjuguées au sein de la molécule est à l'origine d'un spectre présentant un pic d'absorbance aux alentours de 233 nm (MELIS et *al.*, 2001, DELMONTE et *al.*, 2004). Les autres AG n'absorbant

pas à 233 nm, l'utilisation d'un détecteur à barrette de diodes permet de confirmer l'identification d'un ALC et l'enregistrement du signal à 233 nm est hautement sélectif. Enfin, l'utilisation de 2 à 6 colonnes en série permet d'améliorer significativement la séparation (EULITZ et *al.*, 1999). La Figure III.3 présente le résultat d'une séparation des ALC du lait enregistré à 233 nm à l'aide de 4 colonnes sériées. Par définition, les ALC ayant dans tous les cas 2 doubles liaisons conjuguées, la séparation se fait en premier lieu en fonction de la configuration des doubles liaisons ($k'_{\text{ALC cis}} > k'_{\text{ALC trans/cis}} > k'_{\text{ALC trans}}$, trans) puis en fonction de la position des doubles liaisons ($k'_{\text{ALC 6,8}} > k'_{\text{ALC 7,9}} > k'_{\text{ALC 8,10}} \dots$). L'obtention d'un profil global en AG dans le cas de différentes matrices est rendue possible grâce aux propriétés physico-chimiques distinctes des différents types d'AG ou dérivés d'AG. En effet, leurs propriétés différentes facilitent leur séparation par techniques chromatographiques. Cependant, la grande diversité d'AG rencontrée dans le lait de ruminant nécessite la combinaison de différentes techniques chromatographiques et spectrométriques (CCM, CLHP, CPG, CPG-SM, RMN...) afin d'identifier et de quantifier avec précision certains isomères d'AG faiblement représentés (ALC, ALnC et AG trans, par exemple).

III.2. Acides gras alimentaires et santé humaine:

Dès 1940, Tannenbaum suggère qu'une relation existe entre restriction de l'apport en lipides et réduction de la cancérogénèse. Depuis, de très nombreuses études ont porté sur les relations existant entre les lipides ingérés et la santé humaine. Le concept actuel prend en compte individuellement les propriétés distinctes des différents AG sur la santé humaine (WILLIAMS, 2000, SHINGFIELD et *al.*, 2008). Dans le cadre d'études d'interventions cliniques, établir clairement le rôle spécifique d'un AG s'avère difficile. En effet, la complexité des interactions entre le modèle d'étude, la durée de l'intervention, le type de régime témoin, le niveau d'apport des lipides, les autres constituants de la ration et le contexte de l'étude tendent à compliquer l'analyse des effets propres des différents AG. En outre, la forme d'apport des lipides peut également jouer un rôle sur l'absorption des AG (ARMAND, 2008) et donc influencer les résultats de ce type d'études. Cela explique en partie que certains effets rapportés ci-après, démontrés sur modèles cellulaire ou animal, n'ont à ce jour pas pu être démontrés chez l'homme (ex: ALC) et que les conclusions de certaines études, ainsi rendues ambiguës, sont sujettes à de nombreux débats et controverses. Les effets potentiellement délétères des AGS sont ainsi encore discutés au sein de la communauté scientifique (HITE et *al.*, 2010, KATAN et *al.*, 2010) tout comme les éventuels effets distincts des AG trans d'origine naturelle ou industrielle (BAER, 2010, BROUWER et *al.*, 2010). Les effets en santé humaine des différentes classes d'AG seront détaillés par la suite.

III.2.1. Acides gras saturés:

D'une manière générale, la consommation en excès d'AGS est considérée comme un facteur relié à l'augmentation des taux plasmatiques de cholestérol total et de lipoprotéines de faible densité (Low Density Lipoprotein, LDL). Un régime trop riche en AGS est ainsi associé à un risque plus élevé d'apparition de maladies cardiovasculaires et coronariennes chez l'homme (KROMHOUT et *al.*, 1995, WILLIAMS, 2000, SHINGFIELD et *al.*, 2008). Les recommandations alimentaires nationale (France) et internationale suggèrent par ailleurs que l'apport d'AGS doit être restreint à moins de 10 % de l'énergie ingérée (FAO et WHO, 1998, AFFSA, 2010, US Department of Agriculture and US Department of Health and Human Services, 2010).

Cependant, l'intérêt de diminuer les apports d'AGS dans le régime ne s'entend que si la substitution se fait au bénéfice d'AGI cis et non pas au profit des glucides (MENSINK et *al.*, 2003, SIRI-TARINO et *al.*, 2010). En outre, les AGS pris individuellement ne présentent pas les mêmes effets biologiques sur la santé humaine. Ainsi les 6:0, 8:0, 10:0 et 18:0 sont considérés comme neutres, alors que les 12:0, 14:0 et surtout le 16:0, s'ils sont consommés en excès, sont reconnus comme étant de forts agents athérogènes et hypercholestérolémiants (GRUNDY et DENKE, 1990). Cependant, une augmentation de l'apport d'acide myristique (14:0), tout en restant en dessous du seuil de 2% de l'énergie ingérée, s'avère positif en diminuant le taux plasmatique de triglycérides et en augmentant celui des lipoprotéines de haute densité (High-Density Lipoprotein, HDL) (DABADIE et *al.*, 2005).

D'autres AGS ont quant à eux des effets positifs sur la santé humaine. Ainsi, l'acide butyrique (4:0) et les acides gras ramifiés (notamment les iso 15:0 et iso 16:0) ont des effets anticarcinogènes via l'inhibition de la croissance de cellules tumorales qu'ils induisent (PARODI, 1999, YANG et *al.*, 2000, PARODI, 2001, WONGTANGTINTHARN et *al.*, 2004, SHINGFIELD et *al.*, 2008)

III.2.2. Acides gras insaturés cis:

Les principales connaissances concernant les effets des AGMI cis en santé humaine ont été acquises au travers d'études portant sur le régime méditerranéen ⁽¹⁾ caractérisé notamment par un taux élevé d'incorporation d'huile d'olive riche en acide oléique (18:1 cis-9) (LOPEZ- MIRANDA et *al.*, 2006). Dans ce contexte, l'acide oléique semble avoir la capacité de diminuer le taux plasmatique de cholestérol LDL au profit du HDL et présente ainsi des propriétés antiathérogènes. En outre, l'acide oléique a amélioré l'insulino-sensibilité lorsqu'il se substituait à des AGS dans le régime (LOPEZ-MIRANDA et *al.*, 2006). On notera cependant qu'une partie de ces effets pourrait être due aux composés liposolubles mineurs de l'huile d'olive testée dans les protocoles expérimentaux. A ce jour, généraliser ces conclusions dans le cadre d'un régime alimentaire différent du type méditerranéen reste difficile.

Dans le cadre des régimes occidentaux, un déséquilibre entre les apports d'AGPI des séries n-3 et n-6 est observé (AILHAUD et *al.*, 2006). Ainsi, l'apport en AG n-6 est plus de 10 fois supérieur à l'apport en AG n-3, ce qui engendre un déséquilibre entre ces 2 familles d'AG essentiels. Augmenter la consommation d'AG n-3 tout en diminuant le rapport n-6/n-3 semble être associé à une réduction des risques d'apparition de maladies cardiovasculaires et de cancers, vraisemblablement induite par les effets antiathérogènes, anti-inflammatoires et hypotenseurs des AG n-3 (DELORGERIL et *al.*, 1994, DE CATERINA et ZAMPOLLI, 2001). A l'inverse, une consommation excessive d'AG n-6 associée à un rapport n-6/n-3 supérieur à 10 du Régime a des effets pro-obésité (dans le cadre du développement périnatal) et pro- inflammatoire (AILHAUD, 2008). L'acide α -linoléique (18:3n-3) présente un taux de conversion vers les AG n-3 plus longs très faible (PAWLOSKY et *al.*, 2001), mais peut diminuer le risque d'apparition de maladies cardiovasculaires (HOLY et *al.*, 2011). L'acide docosahéxanoïque (22:6 n-3; DHA) présente en outre des propriétés antidépressives (SUBLETTEET *al.*, 2006) et a un rôle primordial dans le développement neuronal chez le fœtus et le nouveau-né (WILLIAMS, 2000).

(1)- Régimes méditerranéen, occidental, asiatique correspondent à un ensemble des pratiques alimentaires incluant le choix des aliments, leur fréquence de consommation et leur mode de cuisson mais aussi le rythme et le nombre des repas par jour.

III.2.3. Acides gras insaturés trans:

Les AG trans sont apportées dans l'alimentation humaine par les huiles végétales partiellement hydrogénées (source industrielle, AG *trans* i) et par les produits de ruminants (source naturelle, AG *trans* r). Si dans les deux cas, les AG *trans* sont principalement représentés par les 18:1 *trans*, la distribution isomérique varie fortement entre ces deux sources d'aliments. Ainsi, les acides élaïdique (18:1 *trans*-9) et vaccénique (18:1 *trans*-11) sont généralement les isomères les plus abondants respectivement dans les huiles hydrogénées et les produits de ruminant (Figure III.4) (MOLKENTIN et PRECHT, 1996, PRECHT et MOLKENTIN, 1996). Il est désormais admis qu'une consommation excessive d'AG *trans* i (au-delà de 2% de l'apport énergétique), en augmentant la teneur plasmatique en LDL et le rapport cholestérol total: HDL, est associée à une augmentation des risques d'apparition des maladies cardio-vasculaires (WILLETT et *al.*, 1993, OOMEN et *al.*, 2001, AFSSA, 2005). Trois études d'interventions cliniques récentes ont comparé les effets des AG *trans* i et r. Par rapport à un régime où moins de 1% de l'apport énergétique se fait sous la forme d'AG *trans*, lorsque ceux-ci représentent 3% ou plus de l'apport énergétique, le taux de LDL plasmatique est augmenté de manière plus importante par les AG *trans* r que par les AG *trans* i (CHARDIGNY et *al.*, 2008, MOTARD-BELANGER et *al.*, 2008, BAER, 2010). En revanche, dans l'étude de Baer (2010), seuls les AG *trans* r ont augmenté le taux d'HDL plasmatique, suggérant, selon cet auteur que les AG *trans* r auraient un effet délétère sur la santé humaine inférieur à celui des AG *trans* i. Cependant, il est important de noter que dans ces 3 études, le rapport total cholestérol: HDL augmente de manière équivalente quelle que soit la source d'AG *trans* considérée (CHARDIGNY et *al.*, 2008, MOTARD-BELANGER et *al.*, 2008, BAER, 2010). Le même constat a pu être fait par BROUWER et *al.* (2010) au travers d'une méta-analyse, ces auteurs suggérant ainsi que les AG *trans* i et r ont un effet équivalent sur l'augmentation du risque d'apparition de maladies cardio-vasculaires. Il existe peu d'études comparant les effets de matières grasses laitières à teneurs variables en isomères *trans*, tout en maintenant celles des autres AG peu variables. Une étude sur lapin recevant un régime pro-athérogène (ROY et *al.*, 2007) suggère qu'un beurre riche en 18:1 *trans*-10 accroîtrait l'infiltration lipidique de l'aorte, par rapport à un beurre riche en 18:1 *trans*-11 et en ALC *cis*-9, *trans*-11.

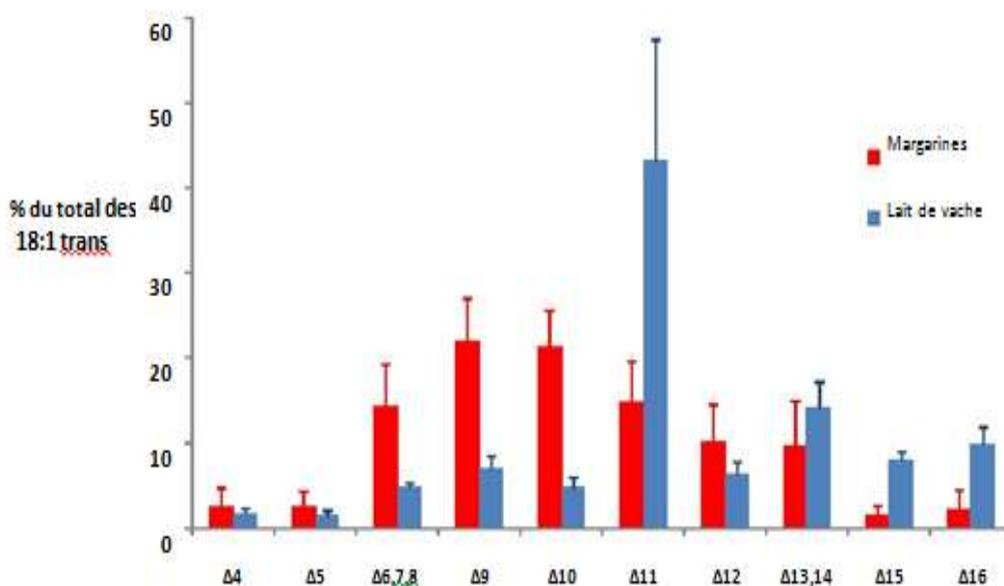


Figure III.4: Comparaison des distributions moyennes des isomères 18:1 trans de margarine et de matière grasse laitière bovine (Sources: MOLKENTIN et PRECHT, 1996; PRECHT et MOLKENTIN 1996) Moyennes de l'analyse de 46 margarines et de 1756 beurres de vache collectés dans différentes parties de l'Allemagne, à différentes périodes de l'année et correspondant à divers systèmes d'alimentation et stades de lactation dans le cas des beurres.

Les huiles hydrogénées et les produits de ruminants, contiennent en plus des 18:1 *trans*, un ensemble d'autres familles d'isomères *trans* non conjugués (14:1, 16:1, 18:2, 18:3, 20:1, 22:1, 22:2 entre autres). A nouveau, les sources naturelle et industrielle d'AG *trans* présentent des profils d'isomères distincts pour ces différentes familles d'AG (SHINGFIELD *et al.*, 2008).

On sait encore peu de chose au sujet des effets de ces différents isomères *trans* sur la santé humaine. Les rares données disponibles à ce jour, suggèrent des effets délétères induits par certains isomères 16:1 *trans*, 18:2 *trans* et 18:3 *trans* (VERMUNT *et al.*, 2001, COLON-RAMOS *et al.*, 2006).

III.2.4. Acides linoléiques et Linoléiques conjugués:

Les ALC et les ALnC font figure d'exception au sein de la famille des AG *trans*. D'une part, certains isomères de l'ALC pourraient avoir des effets anti-cancérogène (PARODI, 1999), anti athérogène, antidiabétique et immunostimulant (COLLOMB *et al.*, 2006, LEDOUX, 2006). D'autre part, certains ALnC triènes conjugués, essentiellement présents dans les huiles de graines et fruits exotiques (grenade, margose, courge serpentée, patal, catalpa et souci officinal entre autre), présentent des propriétés anti-cancérogène, anti-inflammatoire, immunostimulante et anti-obésité (KOBAYASHI *et al.*, 2007, HENNESSY *et al.*, 2011). Cependant, certains ALC et les ALnC triènes conjugués sont reconnus pour avoir un effet inhibiteur sur la synthèse des prostaglandines (NUGTEREN et CHRISTHAZELHOF, 1987, WAHLE *et al.*, 2004) et l'ALC *trans*-10,*cis*-12 pourrait diminuer la sensibilité à l'insuline et induire une augmentation des marqueurs du stress oxydatif (WAHLE *et al.*, 2004).

Ces résultats restent controversés car les études qui ont permis de les obtenir ont été essentiellement conduites *in vitro* ou sur des modèles animaux durant des essais de durées relativement courtes et à des doses élevées et à partir de mélanges d'ALC de synthèse (WAHLE *et al.*, 2004, LEDOUX, 2006). En outre, on connaît peu de chose sur les effets des ALnC diènes conjugués naturellement présents dans les produits de ruminants (DESTAILLATS *et al.*, 2005b, PLOURDE *et al.*, 2007b).

Si certains AG ont des effets positifs reconnus sur la santé humaine (AG n-3, AG n-9), en revanche d'autres peuvent avoir des effets délétères s'ils sont consommés en excès (AGS 12:0-16:0, AG trans d'origine industrielle). En outre, malgré des effets positifs démontrés *in vitro* et sur modèle animal, l'intérêt des ALC et des ALnC en santé humaine n'a à ce jour pas encore été confirmé chez l'homme. Enfin, l'effet en santé humaine des AG trans issus de produits de ruminant reste sujet à débat. En pratique, toutes les familles d'AG ne sont pas apportées indépendamment les unes des autres et indépendamment des autres constituants de la ration, ce qui tend à compliquer l'analyse des effets propres des différents AG.

III.3. Métabolisme des acides gras:

En France et en Europe, les produits laitiers sont le vecteur principal des lipides dans l'alimentation: ils fournissent 40% des matières grasses consommées par l'homme (LAFAY ETVERGER, 2010). La matière grasse du lait (en moyenne 40 g/kg de lait) se présente sous forme de Globules Gras (GG). Elle est constituée de 98% de triglycérides, 1% de phospholipides et 1% de stérols (cholestérol), tocophérol et vitamines liposolubles (JENSEN, 2002). Les triglycérides se trouvent principalement au cœur du GG, alors que les lipides polaires constituent la membrane du GG (LOPEZ et BRIARD-BION, 2007). 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).

III.3.1. 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 (2:0), l'acide propionique (3:0) 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 proportions des différents AGV produits varient principalement en fonction de la nature du régime. Ainsi les rations riches en fibres favorisent la production de 2:0 au détriment du 3:0, alors que les rations riches en amidon diminuent celle de 2:0 au profit du 3:0. Enfin, la production du 4:0 est augmentée par des régimes riches en sucres solubles (BERGMAN, 1990).

Les AGV produits sont absorbés au niveau de la paroi du rumen et passent directement dans le plasma. Ils seront, pour le 2:0, le 4:0 et le β -hydroxy butyrate (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).

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 bio-hydrogénation ruminale ont été détaillés par HARFOOT et HAZLEWOOD (1997), GRIINARI et BAUMAN (1999) et plus récemment JENKINS et *al.* (2008). La bio-hydrogénation implique au moins 2 groupes distincts de bactéries qui agissent en symbiose en échangeant entre elles les intermédiaires de la biohydrogénation. La Figure **III.5** présente les voies prédominantes de bio-hydrogénation pour les acides oléiques (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 **III.5**).

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, LOOR et *al.*, 2004). En outre, la bio-hydrogénation *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). 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).

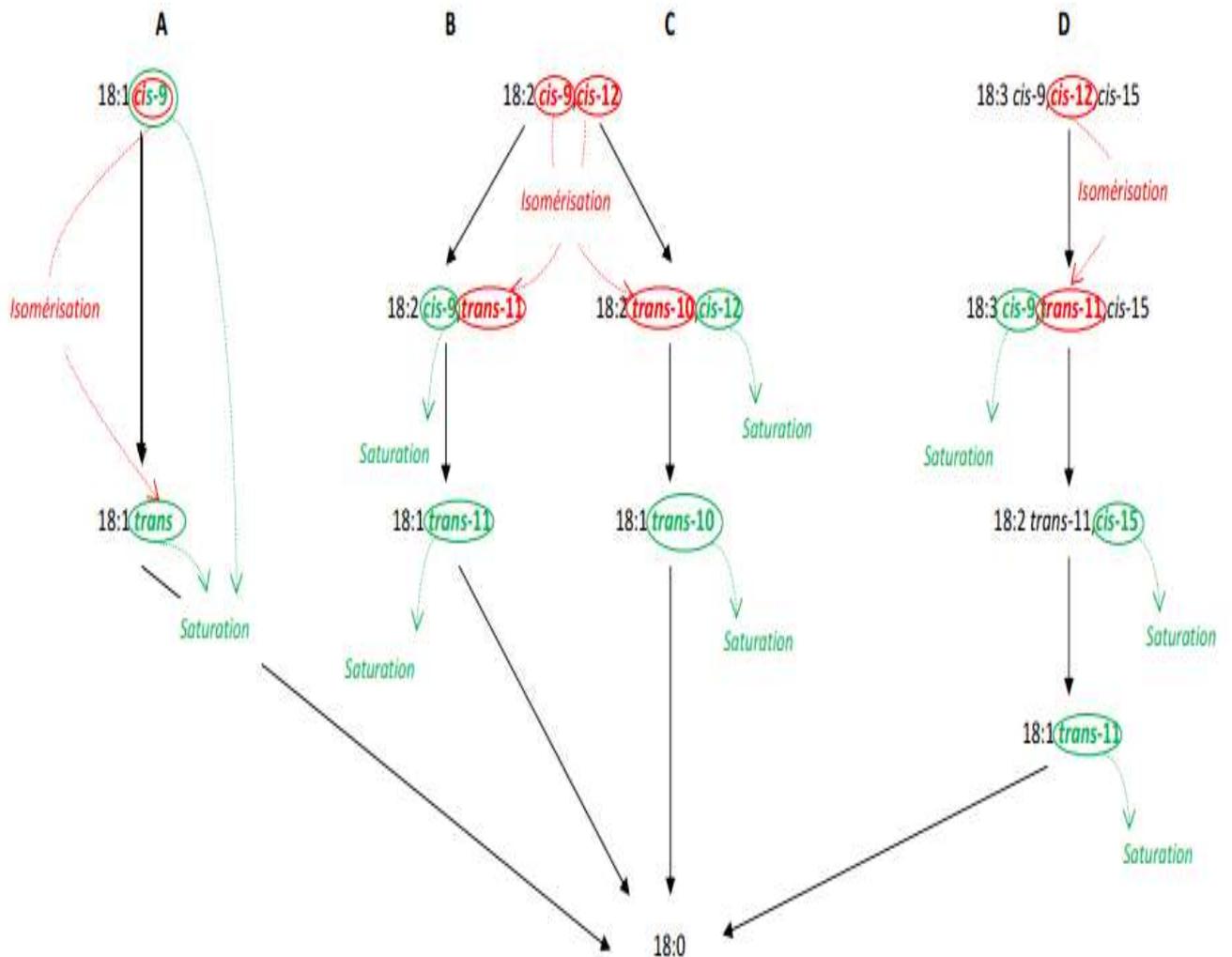


Figure III.5 : Voies de biohydrogénation classiques des A) 18:1 cis-9, B) 18:2 cis-9,cis-12 et D) 18:3 cis-9,cis-12,cis-15, impliquant le 18:1 trans-11 dans les 2 derniers cas et C) voie de biohydrogénation alternative du 18:2 cis-9,cis-12 impliquant le 18:1 trans-10 (Sources: HARFOOT et HAZLEWOOD, 1997; GRIINARI ET BAUMAN, 1999).

Une voie de bio-hydrogénation particulière implique la production de 18:1 trans-10 à partir du 18:2n-6 (Figure III. 5). L'orientation de la bio-hydrogénation 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) (Figure III.5).

En plus de ces AG d'origine alimentaire, certains AG disponibles pour l'absorption dérivent également de la synthèse microbienne de novo à partir d'AGV et d'acides aminés ou encore d'oxydation d'AG alimentaires. Les AG à chaîne impaire et les AG ramifiés retrouvés dans les produits de ruminants dérivent principalement de ces processus de synthèse (VLAEMINCK et al., 2006).

A nouveau, tout changement de l'environnement ruminal, en orientant la composition et l'activité des flores microbiennes, peut modifier la composition des contenus digestifs en lipides issus des synthèses microbiennes (VLAEMINCK *et al.*, 2006).

III.3.2. Mobilisation des lipides du tissu adipeux :

Des AG à longue chaîne sont stockés dans les tissus adipeux de l'animal. On retrouve principalement les 16:0, 18:0, 18:1 cis-9 et dans une moindre mesure, les 14:0, 16:1 cis-9, 17:0, 18:1 trans-11 et des AG mineurs. La disponibilité en ces AG est fortement corrélée à la lipomobilisation qui intervient quand le bilan énergétique est négatif, en particulier en début de lactation (CHILLIARD *et al.*, 1991).

III.3.3. Métabolisme des lipides au niveau de la mamelle:

La Figure III.6 représente l'ensemble des mécanismes concourant à la lipogénèse mammaire. La glande mammaire prélève dans le sang les AGV et le BHB produits et absorbés au niveau du rumen, les AG d'origine alimentaire ou les AG issus des synthèses microbiennes et absorbés au niveau de l'intestin. En outre, les AG provenant de la mobilisation des réserves corporelles et les corps cétoniques provenant de leur oxydation dans le foie sont également disponibles au niveau mammaire.

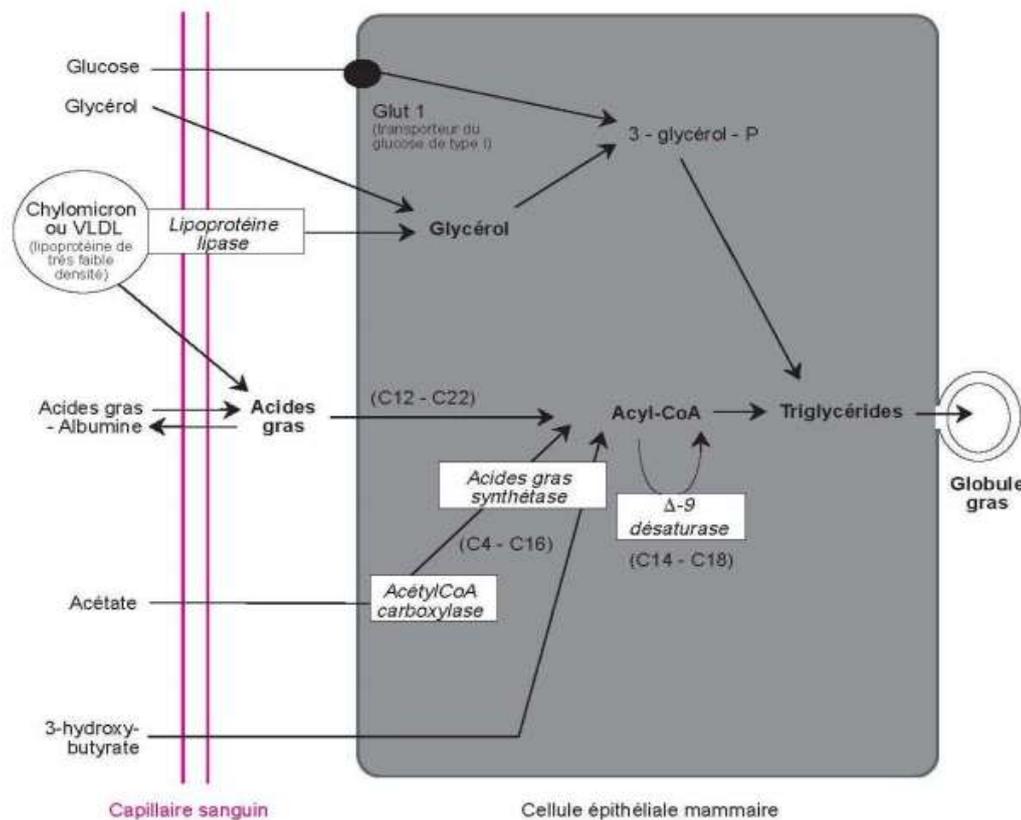


Figure III.6 : Mécanismes de synthèse et de sécrétion des triglycérides du lait au niveau de la cellule épithéliale mammaire du ruminant (source: CHILLIARD *et al.*, 2001)

III.3.3.1. 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 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 GRINARI, 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). 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 trans-9, 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 GRINARI, 2003, SHINGFIELD et *al.*, 2010).

III.3.3.2. 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 stearyl-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 sécrété 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 sécrétés 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).

Le pool d'AG formés au cours des différentes voies métaboliques (synthèse de novo, prélèvement plasmatique et désaturation) sert ensuite à la formation des triglycérides du lait par la voie du glycérol-3 phosphate. Les 3 AG composant le triglycéride sont progressivement estérifiés sur un glycérol directement prélevé dans le sang ou synthétisé à partir du glucose (CHILLIARD et *al.*, 2000). La distribution des AG le long du squelette du glycérol n'est pas aléatoire. En effet, les AGS 8:0 à 18:0 sont préférentiellement estérifiés en position sn-1 et sn- 2, alors que les 4:0 et 6:0 ainsi que le 18:1 cis-9 sont préférentiellement associés à la position sn-3 (JENSEN, 2002). On suppose que la diminution de l'activité de la delta-9 désaturase avec l'augmentation des teneurs en

AGI ainsi que l'estérification préférentielle d'AG à bas point de fusion en position sn-3 ont pour but de réguler le point de fusion de la matière grasse laitière afin de maintenir la fluidité du lait et d'assurer ainsi sa bonne sécrétion (TIMMEN et PATTON, 1988, PALMQUIST, 2006).

III.4. Composition moyenne du lait en acides gras et principaux facteurs de variations:

L'ensemble des phénomènes concourant à la sécrétion de la matière grasse laitière décrits ci-dessus explique qu'à ce jour plus de 400 AG ont été identifiés dans la matière grasse laitière. Ce qui fait de ce produit, un des plus complexes en terme de diversité d'AG qu'il est possible de rencontrer à l'état naturel.

III.4.1. Composition moyenne du lait en acides gras:

En proportion du total des AG, le lait contient en moyenne: 69% d'AGS pairs, notamment 12% de 14:0, 32% de 16:0 et 10% de 18:0; 5% d'AGS impairs et ramifiés, notamment 1% de 15:0 et 0,5% de 17:0, anteiso 15:0 et anteiso 17:0; 26% d'AGMI, notamment 19% de 18:1 cis-9; 4% d'AGPI, notamment 1,3% de 18:2 n-6 et 0,5% de 18:3 n-3.

Les AG trans représentent environ 4% des AG totaux et sont notamment représentés par le 18:1 trans-11 (1,5%), l'ALC cis-9,trans-11 (0,5%), les 18:2 trans-9,trans-12; cis-9,trans-13 et trans-11,cis-15 (pour chacun, entre 0,1% et 0,2%) et une faible quantité d'ALnC cis-9,trans-11, cis-15 (entre 0,05 et 0,1%) (JENSEN, 2002, VLAEMINCK *et al.*, 2006, PLOURDE *et al.*, 2007a, FERLAY *et al.*, 2008). Il apparaît dans cette composition, que richesse du lait en AGS et en AG trans, diffèrent des recommandations nutritionnelles faites pour l'homme.

Moduler le profil en AG du lait, dans un sens bénéfique pour la santé humaine est ainsi devenu un thème de recherche important depuis 15 ans. Il est alors nécessaire d'identifier les facteurs de variation de cette composition.

La composition en AG du lait est très plastique. Ainsi, elle peut être modulée par des facteurs intrinsèques (race, génotype, stades de gestation et de lactation) ou extrinsèques (alimentaires principalement).

III.4.2. Facteurs de variations intrinsèques:

Au sein des facteurs intrinsèques, les effets de la race et du génotype, s'ils sont significatifs, restent limités en terme d'amplitude (PALMQUIST *et al.*, 1993). L'effet du stade de lactation est en revanche plus marqué. Ainsi, comparativement à un lait de milieu de lactation, lors de la première semaine de lactation le lait peut contenir jusqu'à 50% de 18:0 et de 18:1 cis-9 en plus (CHILLIARD *et al.*, 1991, PALMQUIST *et al.*, 1993). Cette modification est due à la mobilisation des réserves lipidiques qui s'opère en début de lactation et qui est liée au statut énergétique déficitaire de l'animal à ce stade. Cependant, cet effet transitoire est limité à quelques semaines et dilué dans le lait du reste du troupeau (sauf en cas de vêlages très groupés).

III.4.3. Facteurs de variations alimentaires

Les facteurs de variation extrinsèques, principalement représentés par l'effet du type d'alimentation, sont de fortes amplitudes et ont en outre, l'avantage d'être rapidement observés et d'être réversibles (CHILLIARD *et al.*, 2000, DEWHURST *et al.*, 2006, CHILLIARD *et al.*, 2007, SHINGFIELD *et al.*, 2008).

Ces effets sont à relier à la teneur en lipides, à la disponibilité et à la composition en AG des fourrages et des concentrés consommés ainsi qu'aux interactions entre les différents constituants de la ration (amidon notamment).

III.4.3.1 Composition en acides gras des principaux fourrages et concentrés :

L'herbe fraîche contient de 1 à 3% d'AG (exprimé sur la base de la Matière Sèche (MS)), dont 50 à 75% sont du 18:3n-3 (MORAND-FEHR et TRAN, 2001, DEWHURST et *al.*, 2006).

Cette composition varie en fonction de la composition botanique et du stade phénologique du couvert végétal considéré. Ainsi, les jeunes pousses d'herbe de printemps et d'automne cycles (printemps et automne) présentent des teneurs en AG et en 18:3n-3 plus élevées en comparaison d'herbe au stade phénologique plus avancé (MORAND-FEHR et TRAN, 2001, DEWHURST et *al.*, 2006). Conserver l'herbe par voie sèche (foin) a pour conséquence de diminuer le rapport feuille/tige dans le fourrage et aussi permettre l'oxydation des lipides. Ces 2 mécanismes induisent des diminutions de la teneur du fourrage en AG et en 18:3n-3. Ces diminutions sont de moindre amplitude dans le cas d'une conservation du fourrage par voie humide (ensilage ou enrubannage) (MORAND-FEHR et TRAN, 2001, DEWHURST et *al.*, 2006). L'ensilage de maïs tout comme les aliments concentrés à base de céréales (maïs, blé, orge) et le tourteau de soja sont principalement riches en 18:2n-6 (50 à 60% des AG totaux) mais aussi en 18:1 cis-9 pour le maïs (20 à 30% des AG totaux) (MORAND-FEHR et TRAN, 2001).

III.4.3.2. Effets des fourrages conservés:

Ces teneurs et profils en AG différents suivant les aliments utilisés dans les rations des vaches laitières induisent des profils en AG du lait propres à chaque système d'alimentation (CHILLIARD et *al.*, 2007, DEWHURST et *al.*, 2006, SHINGFIELD et *al.*, 2008).

Un exemple de ces changements est fourni par la comparaison directe, en conditions contrôlées, de différentes rations riches en fourrage (> 85% de la Matière Sèche Ingérée [MSI]) (FERLAY et *al.*, 2006) (Figure III.7). Ces résultats ont depuis lors été confirmés en conditions réelles de production (LUCAS et *al.*, 2006, FERLAY et *al.*, 2008).

L'ingestion d'une ration à base d'ensilage de maïs riche en 18:2n-6 produit des laits avec une teneur en 18:2n-6 plus élevée et une teneur en 18:3n-3 plus faible que l'ingestion de rations à base d'herbe, riches en 18:3n-3. Les distributions dans le lait des isomères des 18:1 et 18:2, conjugués ou non, sont également affectées selon qu'un régime à base d'herbe ou d'ensilage de maïs est offert aux vaches, sans pour autant modifier la teneur totale en 18:1 et en ALC (CHILLIARD et *al.*, 2007). Malgré une teneur en 18:3n-3 plus élevée dans l'herbe fraîche et dans l'ensilage d'herbe, en comparaison du foin, le lait issu de rations à base de foin a souvent une teneur plus élevée en 18:3n-3. Le processus de séchage semble limiter la bio-hydrogénation du 18:3n-3 dans le rumen et ainsi améliorer son taux de transfert vers le lait (SHINGFIELD et *al.*, 2005b). L'effet sur les autres familles d'AG des régimes à base de fourrage conservé est de faible amplitude.

III.4.3.3. Effet du pâturage:

Comparativement aux régimes à base de fourrage conservé, le pâturage diminue la teneur du lait en AG synthétisés de novo (8:0 à 16:0) au profit des AG impairs et ramifiés, 18:1 cis-9, 18:1 trans-11, ALC cis-9,trans-11 et quelques fois du 18:3n-3 (DEWHURST et *al.*, 2006, FERLAY et *al.*, 2006, FERLAY et *al.*, 2008) (Figure III.7).

Les effets importants en faveur des 18:1 trans-11 et ALC cis-9,trans-11, associés aux régimes à base d'herbe pâturée ne peuvent être que partiellement expliqués par la teneur plus élevée de ces régimes en 18:3n-3. La teneur de l'herbe fraîche en d'autres constituants pourrait induire un changement de l'environnement ruminal, modifier l'écosystème du rumen et ainsi limiter l'hydrogénation du 18:1 trans-11 en 18:0 (LOCK et GARNSWORTHY, 2003). Certains auteurs supposent également que cet effet pourrait être relié à un taux de transfert du contenu ruminal plus rapide au pâturage, limitant ainsi la bio-hydrogénation complète du 18:3n-3 (KELLY et *al.*, 1998). On notera enfin que le profil en AG du lait subit des variations en fonction de la composition botanique des couverts et à l'échelle d'une saison de pâturage, en fonction du stade phénologique de l'herbe (DEWHURST et *al.*, 2006, FERLAY et *al.*, 2006). A plus court terme, une variabilité quotidienne de la composition en AG du lait peut être relevée dans le cadre de pâturage tournant (VLAEMINCK et *al.*, 2010). Cette variation semble reliée aux choix alimentaires des vaches ainsi qu'au niveau de la disponibilité en herbe. En effet, ces éléments expliquent que la quantité et la qualité de l'ingéré (teneur en sucres, lipides totaux, 18:3n-3) diminuent entre l'entrée et la sortie de la parcelle (ABRAHAMSE et *al.*, 2008).

Cas de rations riches en fourrages: >85% de la MSI.

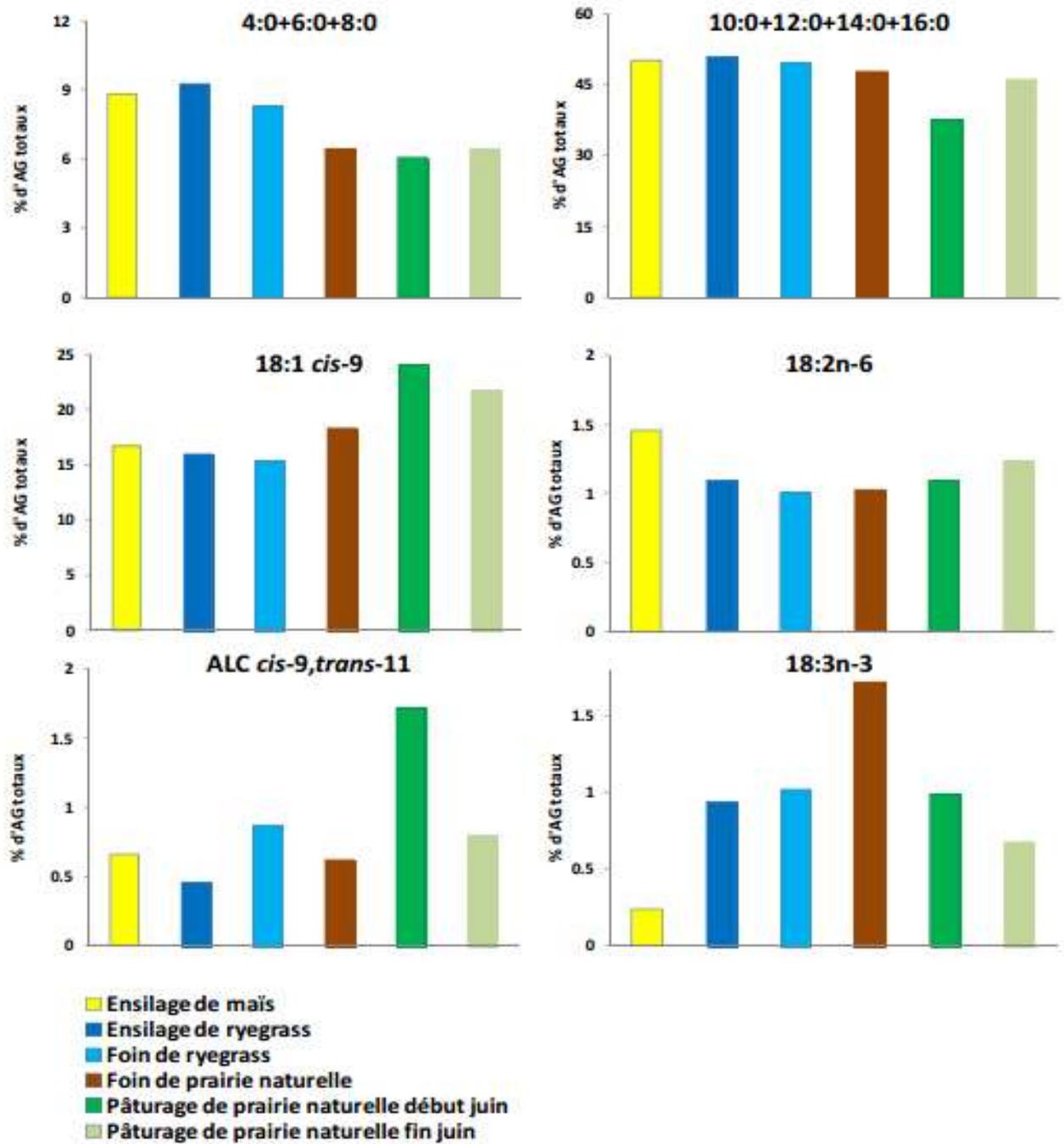


Figure III.7: Effets du type de fourrages sur la composition en acides gras du lait
(Source: FERLAY et al., 2006)

III.4.3.4. Effet du pourcentage de concentré dans la ration :

Pour un niveau de concentré en deçà de 50-60% de la MSI, une augmentation de la part de concentré dans une ration à base d'herbe pâturée entraîne une augmentation des teneurs en AGS 4:0 à 16:0, 18:1 trans (sauf le 18:1 trans-11) et en 18:2n-6 et, une diminution des teneurs en 18:1 cis-9, 18:1 trans-11, ALC cis-9,trans-11 et en 18:3n-3 (BARGO et *al.*, 2002, STOCKDALE et *al.*, 2003, BARGO et *al.*, 2006). En revanche, lorsque la part de concentré est portée au-delà de 60% de la MSI dans le cadre de rations à base d'herbe conservée ou d'ensilage de maïs, une augmentation des teneurs du lait en 18:1 trans (notamment le 18:1 trans-10), ALC cis-9,trans-11 et en 18:2n-6 et, une diminution des 14:0, 16:0 et 18:0 sont observées (PIPEROVA et *al.*, 2002, DEWHURST et *al.*, 2003, LOOR et *al.*, 2005). Cet effet est à relier à un syndrome de chute de la sécrétion de la matière grasse (CHILLIARD et *al.*, 2007). Il est par conséquent plus marqué dans le cadre d'une ration à base d'ensilage de maïs (riche en amidon) et/ou lorsque le concentré est riche en amidon facilement fermentescible (JURJANZ et *al.*, 2004). Enfin, l'apport de concentré riche en lipides modifie considérablement la composition en AG du lait.

L'herbe fraîche est par exemple pauvre en fibres et riche en certains sucres solubles en comparaison des fourrages conservés.

La grande diversité des AG présents dans le lait est à relier à la complexité du métabolisme des lipides chez le ruminant, notamment au niveau du rumen. Ainsi, les AG du lait sont en grande partie des AGS de 12:0 à 18:0 ainsi que du 18:1 cis-9, mais il y a plus de 400 AG différents identifiés à ce jour. En comparaison de régimes à base des fourrages conservés, le pâturage permet de diminuer dans le lait la teneur en AGS de 8:0 à 16:0 au profit des 18:3n-3, 18:1n-9, impairs et ramifiés, de l'ALC cis-9, trans-11 et des AG trans.

Partie expérimentale

Chapitre

4

Matériel

et méthodes

Chapitre IV: Matériel et méthodes

Les différentes analyses réalisées dans cette étude, ont été menées au niveau de laboratoire de l'institut de biologie de l'université Ziane Achour de Djelfa, au laboratoire de la laiterie « BAHBAH » de Djelfa ainsi qu'au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité et de la répression des fraudes relevant du Centre Algérien de Contrôle de la Qualité et de l'Emballage d'Alger.

IV.1. Matériel:

IV.1.1. Matériel animal:

L'étude a concerné des brebis des races *Ouled Djellal*, *Rumbi* et *Taadmit*, dominantes dans la région. Le cheptel concerné par la présente étude est composé de 43 brebis multipares et primipares, d'âge moyen compris entre 2 et 9 ans, appartenant à deux élevages situés dans la région de Taadmit (63 Kms Sud-Ouest du chef-lieu de la wilaya de Djelfa).

Les éleveurs pratiquent un élevage extensif à semi extensif. Les animaux sont laissés brouter pendant la journée durant la grande partie de l'année. En hiver ; ils ne sont gardés complètement en bergerie que pour une période limitée, selon les conditions météorologiques. Des traitements antiparasitaires de groupe, sans distinction entre jeunes et adultes, sont effectués généralement en début de printemps et d'automne. Les jeunes et adultes utilisent les mêmes pâturages.

Les parcours naturels constituent la base de l'alimentation des animaux, les ovins profitent de pâturages offerts par des grands parcours à plantes steppiques, dont l'alfa (*Stipa tenacissima*), ainsi que par des prairies naturelles, composées de diverses graminées, de crucifères et des légumineuses, en hiver un apport en supplément alimentaire à base de concentré : orge et son de blé est assuré le soir au retour des animaux des pâturages indépendamment de leur âge, sexe ou de leurs stade physiologique.

L'eau est distribuée deux fois par jours, à la sortie du troupeau aux pâturages et le soir à leur retour à la bergerie.

V.1.2. Appareillage :

- Lactoscan, SLC de Milkotronic ltd, Bulgarie ;
- Balance Analytique SCALTEC model SBC 31 ;
- Spectrophotomètre UV. Visible BECKMAN DU 520 ;
- Agitateur magnétique chauffant CB 162 ;
- Etuve (MEMMERT, Allemagne) ;
- Chromatographe en phase gazeuse, modèle thermofennigan GC trace ;
- pH-mètre (Hanna Model Hi 99161);
- Centrifugeuse 15000 g Modèle Sigma ;
- Bain Marie MEMMERT, Allemagne.

IV.1.3. Petits Matériels:

Un certain nombre de petits matériels et d'accessoires spécifiques sont utilisées : Burettes, Pipettes, Papier filtres, gants et masques pour la manipulation des produits dangereux (solvants), différents types de verrerie (fioles, béchers, ampoules à décanter, éprouvettes graduées..).

IV.1.4. Produits chimiques et réactifs:

Tous les produits chimiques et réactifs sont répertoriés dans l'annexe 3.

IV.2. Echantillonnage:

Les échantillons de lait cru ont été prélevés de brebis saines sélectionnées sur la base de trois critères, la race (*Ouled Djellal*, *Rumbi*, *Taadmit*), le rang de lactation (primipares, Multipares) et stade de lactation (début, moyen et fin de lactation) le prélèvement a été effectué pendant deux périodes différentes : l'hiver (mois de Février) et le printemps (mois de Mai).

Au moment du prélèvement, une fiche de prélèvement est remplie pour chaque brebis sur laquelle sont enregistrés les paramètres fixés préalablement (race, âge, parité et stade de lactation en plus la date de prélèvement. Pour chaque échantillon, une quantité de 120 à 180 ml a été prélevé dans trois pots stériles en plastique de 60 ml de contenance chacun, les pots étaient placés immédiatement dans une glacière munie de blocs de glaces et transportés au laboratoire. A l'arrivée, une partie est soumise aux analyses physico-chimiques immédiatement effectuées, le reste est conservé au froid négatif, pour des analyses ultérieures. Afin de tenir des conditions réelles du terrain, aucun conservateur n'a été utilisé.

IV.3. Méthodes d'analyses:

Le protocole analytique suivie pour caractériser le lait cru ovin collecté dans la région de Djelfa est présenté dans la figure suivante :

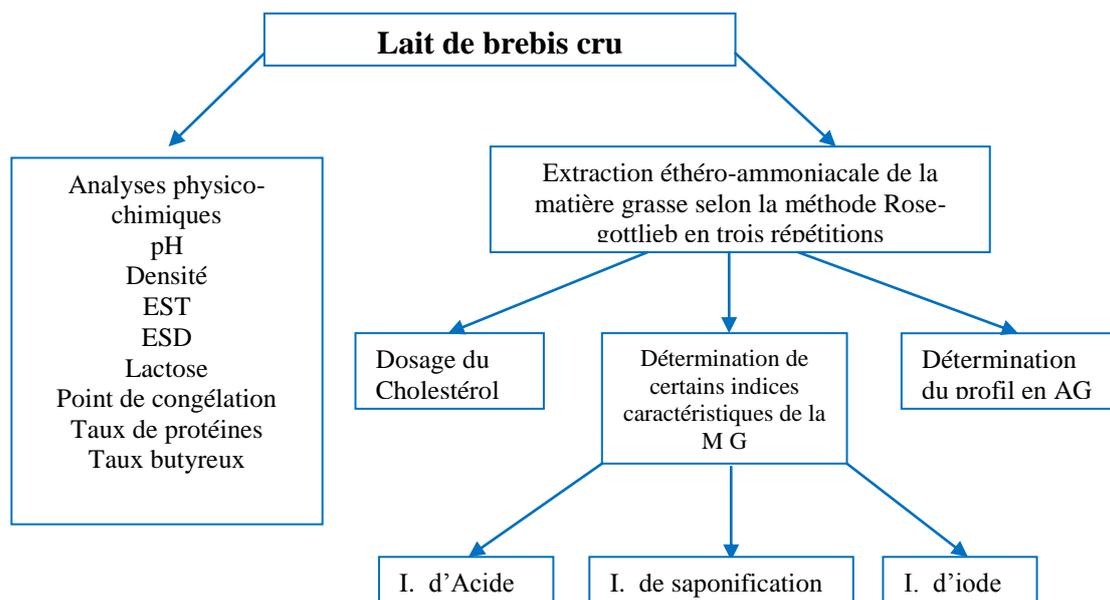


Figure IV.1 : Etapes suivies pour la caractérisation du lait de brebis collecté

IV.3.1. Analyses physico-chimiques:

IV.3.1.1. Mesure du pH:

Les mesures de pH effectuées sur les échantillons, sont basées sur une méthode potentiométrique dont le principe repose sur une mesure de la différence de potentiel entre une électrode dite de mesure et une autre de référence. La valeur de pH de l'échantillon analysé, est lue directement sur le pH-mètre après immersion de son électrode dans le lait.

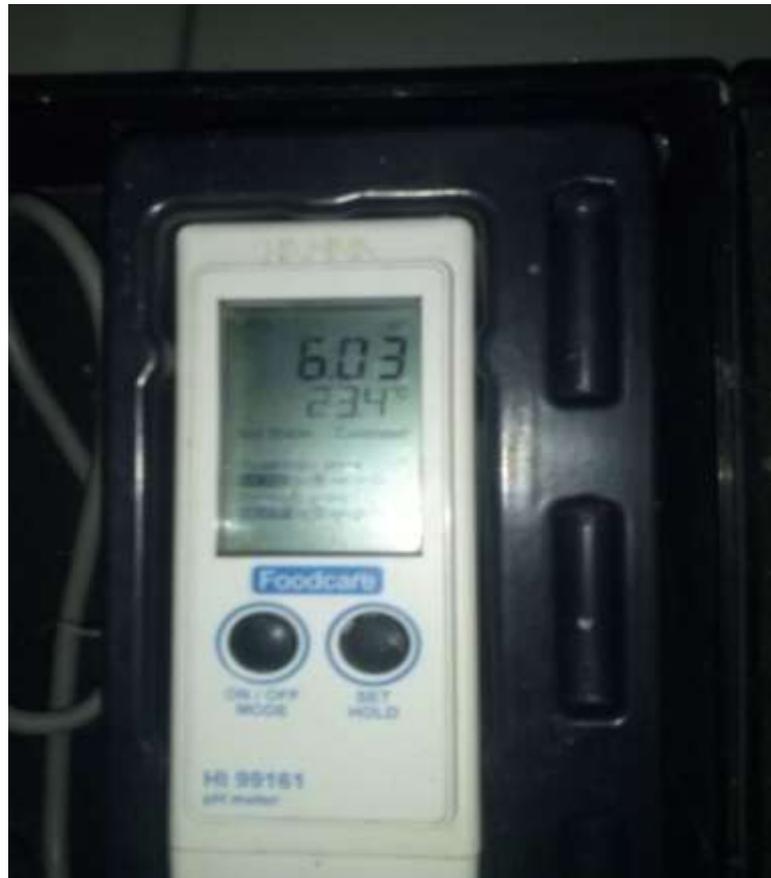


Photo IV.1: pH-mètre (Hanna Model Hi 99161)

IV.3.1.2 Analyses des autres paramètres physico-chimiques :

Pour le reste d'analyses physico-chimiques à savoir le taux protéique, le taux butyreux, le lactose, l'extrait sec dégraissé, l'extrait sec total, le point de congélation et la densité sont effectuées à l'aide d'un analyseur de lait « LACTOSCAN » qui permet la mesure par ultrasons qui a pour avantages :

- Résultats effectués en moins de 90 sec sans besoin de préparation d'homogénéisation ou de chauffage des échantillons ;
- Permet de faire un grand nombre de mesures ;
- Nécessite de petites quantités de lait requises.



Photo IV.2: Lactoscan, SLC de Milkotronic ltd, Bulgarie

IV.3.2. Extraction de la matière grasse:

Le lait de brebis conservé doit être ramené à la température ambiante et bien homogénéisé avant de procéder à l'extraction de la matière grasse en trois répétitions, en utilisant la méthode dite de Rose-Gottlieb qui correspond à un dosage par pesée après extraction éthero-ammoniacale selon la norme NFV04-214/ISO 1211.

IV.3.2.1. Principe:

Dans le lait, les lipides étant associés notamment aux protéines, il faut déstabiliser cette association, pour cela on utilise de l'éthanol qui dénature les protéines et de l'ammoniaque qui permet de les resolubiliser afin qu'elles ne gênent l'extraction des lipides par l'éther.

On extrait en suite ces lipides par l'éther, après extraction le solvant organique contient les lipides, de l'éthanol, mais encore une faible quantité d'eau, afin d'éliminer au maximum la présence d'eau dans le milieu, on ajoute de l'éther de pétrole qui permet le relargage de l'eau.

IV.3.2.2. Manipulation:

Après homogénéisation du lait, dans une ampoule à décanter on introduit en agitant par rotation

- 10 cm³ de lait ;
- 10 cm³ d'ammoniaque pur ;
- 10 cm³ d'éthanol à 95%, dans la même ampoule, on ajoute ;
- 25 cm³ d'éther éthylique, on agite fortement par retournement.

On laisse reposer l'ampoule jusqu'à la séparation nette de deux phases, la phase supérieure doit être limpide. On récupère alors la phase inférieure, par le bas dans un bécher. La phase supérieure est récupérée et est filtrée sur un gramme d'hydrogénosulfate de sodium, le filtrat est recueilli dans un bécher préalablement taré et on évapore sous la hotte. La phase aqueuse inférieure recueillie dans le bécher peut encore contenir des lipides ce qui nécessite une deuxième extraction. Celle-ci est réalisée de la même manière que la première en ajoutant sur cette phase, successivement 15 cm³ d'éther éthylique, on agite fortement et 15 cm³ de l'éther de pétrole et on agite encore fortement par retournement, on récupère comme précédemment la phase supérieure dans le bécher, après évaporation, on dépose le bécher à l'étuve à 100°C pour éliminer les dernières traces d'eau, puis on pèse le bécher, et en déduit la teneur en matière grasse pour le lait étudié en grammes pour 100 ml de lait, cette manipulation est faite en trois répétitions pour le même échantillon, puis on conserve les extraits sous froid négatif pour ultérieures analyses.

IV.3.3. Déterminations de quelques indices de la matière grasse:

IV.3.3.1. Détermination de l'indice d'acide:

L'indice d'acide est mis en évidence en utilisant la méthode de l'arrêté ministériel du 21 Août 2011 rendant obligatoire la méthode de détermination de l'indice d'acide et d'acidité des corps gras d'origine animale et végétale. L'indice d'acide est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire pour neutraliser les acides gras libres présents dans un 1 gramme de corps gras.

Le principe est de mettre en solution un échantillon dans un mélange adapté de solvants, puis titrage des acides obtenus avec une solution éthanolique ou méthanolique d'hydroxyde de potassium.

Réactifs:

- Éthanol (Solvant A) de concentration volumique σ environ 96%,
- Éther-di-éthylique (Solvant B).

Mélange de solvants A et B, en fractions volumique \emptyset 50 ml/100 ml.

On neutralise, juste avant l'emploi avec la solution d'hydroxyde de potassium en présence de 0.3 ml de solution de phénolphthaléine pour 100 ml de mélange de solvants,

- Hydroxyde de potassium titré, de concentration 0.1 mol/l ;
- Phénolphthaléine, solution dans l'éthanol, de concentration massique $\rho = 1 \text{ g}/100 \text{ ml}$.

Appareillage :

Matériel courant de laboratoire, en particulier :

- Burette d'une capacité de 10 ml graduée tous les 0.02 ml ;
- Balance analytique, capable de mesurer à 0.001 g près ;
- Fioles jaugées d'un volume de 1000 ml ;
- Bécher de volume 100 ml.

Mode opératoire:

La méthode utilisée selon la norme suivie est la méthode de solvant à froid utilisant un indicateur, on pèse l'échantillon dans un bécher, on le dissout dans le solvant neutralisé, après avoir ajouté la phénolphaléine comme indicateur coloré, on titre, en agitent constamment, à l'aide d'une solution titrée de KOH, le point final du titrage est atteint lorsque l'ajout d'une seule goutte d'alcali provoque un changement de couleur net même s'il est léger, persistant durant au moins 15 secondes.

Calcul : l'indice d'acide est égal à :

$$I_A = \frac{56.1 \times C \times V}{m}$$

Où :

C : est la concentration exacte en moles par litre de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisé

V : est le volume en ml de la solution titrée d'hydroxyde de potassium ;

m : est la masse en gramme de la prise d'essai.

IV.3.3.2. Détermination de l'indice de saponification:

L'indice de saponification est déterminé conformément à la méthode de l'arrêté ministériel du 29 Mai 2011 rendant obligatoire la méthode de détermination de l'indice de saponification des corps gras d'origine animale et végétale.

Selon lesquelles, l'indice de saponification est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire pour saponifier un gramme de matière grasse dans les conditions opératoires spécifiées dans les présentes normes.

Son principe est de saponifier l'échantillon par ébullition à reflux avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium, puis titrage de l'excès d'hydroxyde de potassium par une solution titrée d'acide chlorhydrique.

Réactifs :

- Hydroxyde de potassium, solution de concentration 0.5 mol/l dans l'éthanol à 95% (V/V) ; Acide chlorhydrique, solution titrée 0.5 mol/l (0.5N) ;
- Phénolphaléine, solution à $\rho = 0.1 \text{ g}/100 \text{ ml}$ dans l'éthanol à 95% (V/V) ;
- Régulateurs d'ébullition.

Appareillage:

- Fiole conique, de capacité de 250 ml à col rodé ;
- Réfrigèrent à reflux avec rodage en verre adaptable à la fiole conique ;

- Dispositif de chauffage : chauffe ballon ;
- Burette de capacité 50 ml graduée en divisions de 0.1 ml ;
- Pipette de capacité 25 ml ;
- Balance analytique, capable de mesurer à 0.001 g près ;
- Bêchers de 50 ml, 100 ml et 250 ml de capacité.

Mode opératoire:

Après avoir pesé l'échantillon on ajoute à la prise d'essai à l'aide d'une pipette de 25 ml de la solution éthanolique d'hydroxyde de potassium et quelques régulateurs d'ébullition, on relie le réfrigérant à reflux à la fiole, ensuite on place la fiole sur le dispositif de chauffage et on fait bouillir doucement, en agitant de temps en temps pendant 60 minutes.

On ajoute à la solution chaude 0.5 ml de la solution de phénolphtaléine et on titre avec la solution titrée d'acide chlorhydrique de potassium, jusqu'à disparition de la couleur rose de l'indicateur.

- Essai à blanc : on effectue un essai à blanc, selon le mode opératoire cité, mais en omettant la prise d'essai.

Expression des résultats:

L'indice de saponification I_s , est donnée par la formule ;

$$I_s = \frac{(V_0 - V_1) \times C \times 56.1}{m}$$

Où :

V_0 : est la valeur, en millilitres, de la solution titrée de l'acide chlorhydrique, utilisée pour l'essai à blanc.

V_1 : est le volume en ml, de la solution titrée d'acide chlorhydrique utilisée pour la détermination.

C : est la concentration exacte, en moles par litre, de la solution titrée d'acide chlorhydrique.

m : est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

IV.3.3.3. Détermination de l'indice d'iode:

La détermination de l'indice d'iode repose sur la méthode énoncée par l'arrêté ministériel du 21 Août 2011 rendant obligatoire la méthode de détermination de l'indice d'iode des corps gras d'origine animale et végétale. Selon ces méthodes; l'indice d'iode est la masse d'halogène, exprimée sous forme d'iode absorbé par la prise d'essai selon le mode opératoire spécifique, divisée par la masse de la prise d'essai. L'indice d'iode est exprimé en grammes pour 100 grammes de corps gras.

Son principe est la dissolution d'une prise d'essai dans un solvant et addition de réactif de Wijs, après un temps donné, on additionne l'iodure de potassium et l'eau, et titrage de l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium.

Réactifs :

- Iodure de potassium ;
- Solution d'amidon ;
- Thiosulfate de sodium ;
- Solvant, cyclohexane et acide acétique ;
- Réactif de Wijs (monochlorure d'iode dans de l'acide acétique).

Appareillage:

- Nacelles en verre appropriées à la prise d'essai ;
- Fioles coniques de 500ml de capacité, munies de bouchons rodés en verre ;
- Balance analytique, graduée à 0.0001g ;
- Fiole jaugée de 1000ml de capacité ;
- Pipette de 25 ml de capacité ;
- Burette de 50 ml graduée en 0.1 ml.

Mode opératoire:

On place la nacelle en verre contenant le prise d'essai dans une fiole conique, et on ajoute 20 ml de solvant à l'aide d'une pipette, on ajoute 20 ml de réactif de Wijs, on bouche la fiole, on la remue par retournement pour homogénéiser le contenu et on la place dans de l'obscurité durant une heure.

Après le temps de réaction, on ajoute 20 ml de la solution d'iodure de potassium et 150 ml d'eau, on titre avec la solution étalon de thiosulfate de sodium jusqu'à ce que la couleur jaune due à l'iode soit presque disparue, on ajoute quelques gouttes de la solution d'empois d'amidon, on poursuit le titrage jusqu'au moment où la couleur bleue disparaît après avoir agité très vigoureusement. On note V_2 le volume de thiosulfate de sodium nécessaire pour atteindre le point de virage.

On prépare un blanc avec le solvant et le réactif comme précédemment mais en omettant la prise d'essai. On effectue la détermination en utilisant simultanément la solution à blanc, on note le volume de la solution de thiosulfate de sodium nécessaire pour atteindre le virage comme V_1 .

Calcul : on calcul l'indice d'iode en grammes pour 100 g de corps gras, à l'aide de la formule suivante :

$$\frac{12.69 \times C \times (V_1 - V_2)}{m}$$

C : est la concentration, en moles par litre de la solution de thiosulfate de sodium.

V_1 : est le volume, en ml, de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour l'essai à blanc

V_2 : est le volume, en ml, de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour la détermination.

m : est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

IV.3.4. Dosage du cholestérol :

Il s'agit d'un dosage spectrophotométrique suivant le test de liebermann-Burchard, basé sur une réaction colorée spécifique de 3 β -hydroxy-stéroïdes possédant une double liaison en 5-6, l'addition d'anhydride acétique et l'acide sulfurique à une solution chloroformique de ces composés laisse se développer une coloration verte.

Réactif :

Le réactif de Liebermann est constitué de :

- 60 ml d'anhydrique acétique ;
- 10 ml d'acide sulfurique;
- 30 ml d'acide acétique ;
- Cholestérol étalon ;
- Chloroforme.

Appareillage:

- Verrerie et matériel courant de laboratoire
- Spectromètre UV-visible.



Photo IV.3 : Spectrophotomètre UV. Visible BECKMAN DU 520

Mode opératoire:

Préparation de l'échantillon:

On prépare une dilution de l'extrait de matière grasse avec du chloroforme en introduisant dans une fiole de 10 cm³ un extrait de la matière grasse et on calcule la concentration approximative du cholestérol, mais avant de déterminer la teneur des stérols dans la matière grasse, il faut préalablement établir une courbe d'étalonnage du cholestérol.

Préparation de la gamme:

A partir d'une solution mère de cholestérol de 1 mg/ml et en diluant avec du chloroforme, on prépare 10 tubes contenant 4 ml de solution et ayant les concentrations allant de 0.1 mg/ml à 1 mg/ml.

Déterminations:

Dans un tube à essai, on introduit 1 ml de chaque solution et 2 ml de réactif de Liebermann puis laisser la coloration se développer et se stabilise vingt-cinq minutes à l'obscurité, on mesure en suite la densité optique de solutions à 550 nm contre un blanc, les échantillons sont traités de la même manière que la courbe d'étalonnage et la teneur en stérols est déterminée à partir de cette courbe.

IV.3.5. Détermination des profils en acides gras:

IV.3.5.1. Préparation des esters méthyliques d'acides gras:

La préparation des esters méthyliques d'acides gras est effectuée conformément aux protocoles décrits selon les méthodes ISO/DIS 12966-2 (2009) et ISO 5509-1978

Les corps gras sont essentiellement composés d'esters d'acides gras de glycérol (triacyl-glycérols, TAG) du fait de leur masse moléculaire élevée et de leur faible molarité, les TAG sont difficile à analyser directement par chromatographie en phase gazeuses(CPG), en particulier si une analyse détaillée des acides gras insaturés est requise, les acides gras eux-mêmes ne réagissent pas bien à la chromatographie (à l'exception des acides gras à chaînes courtes tels que les acides butyriques et valériques). La pratique recommandée consiste donc à former des esters d'acides gras, généralement des esters méthyliques d'acides gras (EMAG), avant la CPG.

La trans-estérification est l'un des mécanismes qui peuvent être employés pour former des EMAG à partir des esters d'acides gras présents dans des corps gras, des procédures de trans-estérification par catalyse alcaline ou acide peuvent être utilisés pour former des EMAG dans un milieu méthanolique, cette procédure porte le nom de trans-méthylation.

Réactifs:

- Méthanol ;
- Eau conforme à la qualité selon l'ISO 3696 ;
- Hydrogénosulfate de sodium, anhydre ;
- Iso-octane (2, 2, 4-triméthylpentane) ou hexane de qualité chromatographique ;
- Hydroxyde de potassium en solution méthanolique (2N environ).

Appareillage:

- Instruments de laboratoire courants, notamment ;
- Tubes à essai à bouchon à vis, 10 ml, avec bouchon muni d'un joint en PTFE (polytétrafluorure éthylène) ;
- Pipettes graduées, 4 ml et 0.2 ml ;
- Flacons à échantillon en verre, 3 ml ;
- Agitateur vortex ISA70 Stuart.

Mode opératoire:

Dans un tube à essai à vis de 10 ml, on pèse environ 0.1g de l'échantillon, puis on ajoute 1 ml d'hexane, agitation au vortex durant quelques secondes, on ajoute 0.2 ml de solution méthanolique 2 N d'hydroxyde de potassium, puis on ferme le tube à l'aide d'un bouchon muni d'un joint en PTFE, on serre le bouchon et on agite vigoureusement pendant 1 min, la solution s'éclaircit avant de se troubler de nouveau sous l'effet de la séparation du glycérol. On laisse reposer pendant environ 10 minutes au réfrigérateur à 4°C.

Pour activer la séparation ; on transfère la couche supérieure d'hexane dans un flacon à échantillon pour être injectée dans le chromatographe en phase gazeuse.

IV.3.5.2. Injection des extraits préparés dans la GC-FID:**Conditions opératoires :**

- Chromatographe de marque : Thermo Finnigan-GC trace ;
- Colonne capillaire polaire FFAP (Free Fatty Acid Phase); de longueur 30m, et d'un diamètre : $\varnothing = 0.25$ mm, et d'épaisseur de couche $D_i = 0.25$ μm ;
- Température initiale: 45°C durant 03 minutes, palier de programmation; taux 20°C pendant 10 min ;
- Température finale 190°C pendant 30 minutes ;
- Volume d'injection 0.4 μl ;
- Température de l'injecteur 210°C ;
- Détecteur : FID, température de détecteur 230°C ;
- Gaz vecteur : Azote; Flamme: Air / hydrogène ;
- Logiciel de traitement des données Chrom-Card.

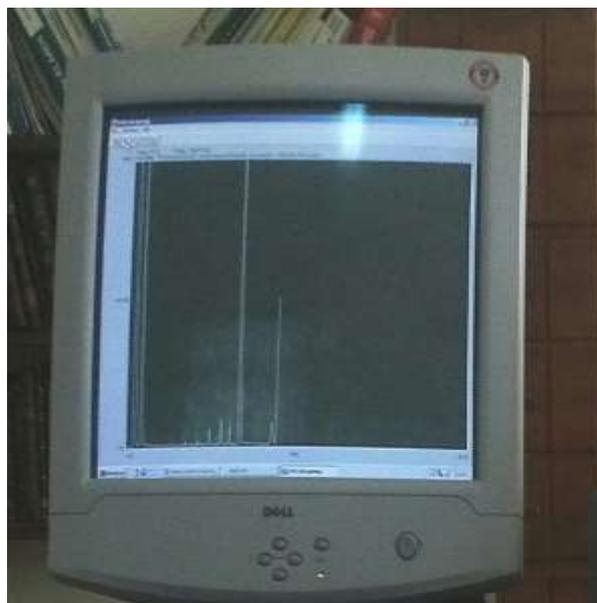


Photo IV. 4: Chromatographe "Thermo Finnigan-G C trace"

Chapitre

5

Résultats et

discussions

Chapitre V : Résultats et discussions

V.1. Composition moyenne du lait cru ovin:

L'analyse de la composition chimique des échantillons du lait individuel prélevés montre une composition moyenne suivante (exprimée en %): protéine (4.71 ± 1.30), matière grasse (9.43 ± 3.10), lactose (4.43 ± 0.55), extrait sec total (19.52 ± 3.82) et extrait sec dégraissé (10.09 ± 1.41) (Tableau V.1). Ces valeurs fluctuent autour des valeurs rapportées par plusieurs auteurs (ANIFANTAKIS et al., 1980 cité par PARK et al., 2007; BALTA DJIEVA et al., 1982 ; SIMOS et al., 1996; RONDIA et al., 2005; MARTINI et al., 2008; RODRIGUEZ et al., 2010; YILMAZ et al., 2011).

Tableau V.1 : Composition moyenne du lait cru de brebis

Paramètre	Abréviation	Unité	Moy	Min	Max	Écart-type
Protéines	PRO	% g / 100 g	4.71	3.73	10.35	1.30
Matière grasse	MG	% g / 100 g	9.43	3.7	16.68	3.10
Lactose	LAC	% g / 100 g	4.43	3.03	6.56	0.55
Extrait sec total	EST	% g / 100 g	19.52	13.13	33.14	3.82
Extrait sec dégraissé	ESD	% g / 100 g	10.09	8.26	18.68	1.71

V.1.1. Protéines:

La teneur en protéines des quarante-trois échantillons du lait cru ovin récolté, varie de 3.73 à 10.35, avec un moyenne générale de 4.71 ± 1.30 , la répartition des valeurs mesurées des protéines montre l'existence de deux groupes prépondérants (Figure V.1), l'un voit ses valeurs varie entre 3 et 4, l'autre groupe entre 4 et 5, représentent plus de la moitié des échantillons.

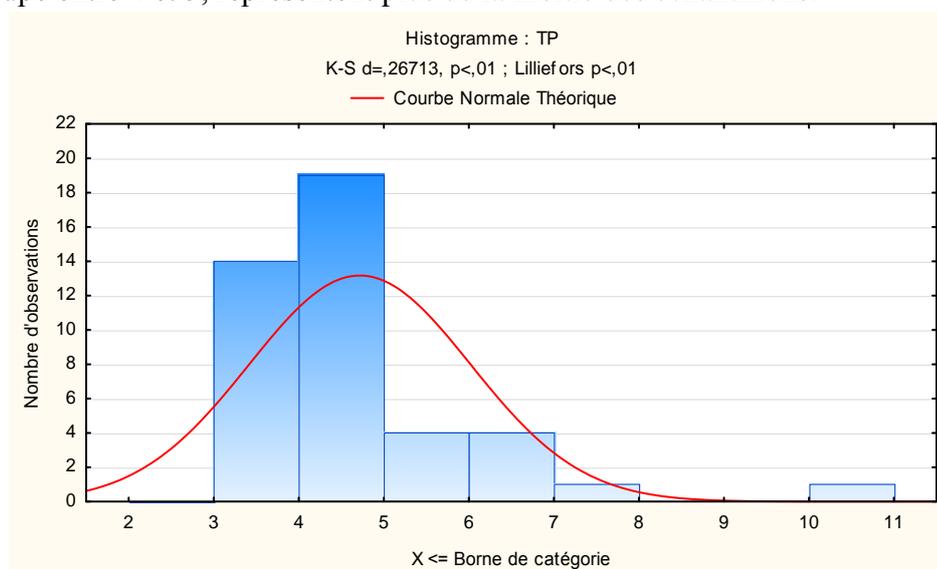


Figure V.1 : Répartition des teneurs en protéines dans le lait cru de brebis

La teneur en protéine semble être faible comparativement à l'ensemble des données disponibles dans divers pays plus particulièrement ceux du bassin méditerranéen (Tableau V.2).

V.1.2. Matière grasse :

Le taux de matière grasse varie entre 3.13 et 16.68% avec une moyenne de 9.43%, la répartition des valeurs de la teneur en matières grasses montre l'homogénéité de la variance des échantillons avec l'apparition de quelques valeurs extrêmes soit très bas ($\leq 4\%$) soit très haut ($\geq 12\%$) (Figure V.2)

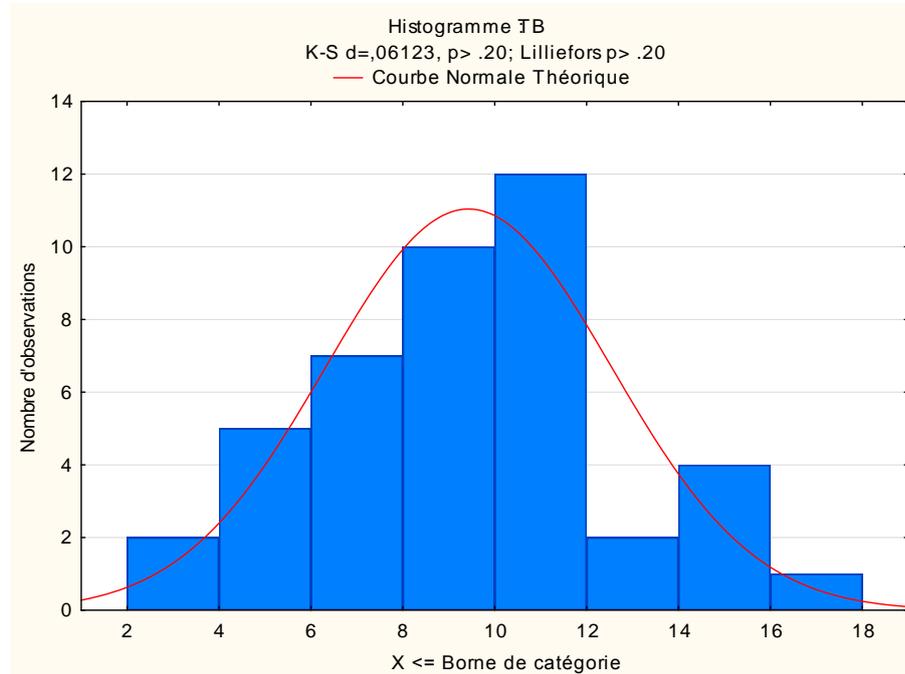


Figure V.2 : Répartition des teneurs en matière grasse dans le lait cru de brebis

Par rapport aux teneurs du taux butyreux citées dans la bibliographie (Tableau V.2), il semble que nos résultats se trouvent plus élevés, on remarque aussi que la matière grasse est le paramètre le plus variable en quantité.

V.1.3. Lactose:

Les valeurs trouvés montre une moyenne de l'ordre de 4.43 pour une variation allant de 3.03 à 6.56 %, la répartition des valeurs montre que la plupart des échantillons au nombre de 33 se rapprochent de la moyenne (Figure V.3), il semble que le lactose est le paramètre la plus constant et sa valeur se trouve près des valeurs citées dans la bibliographie (Tableau V.2).

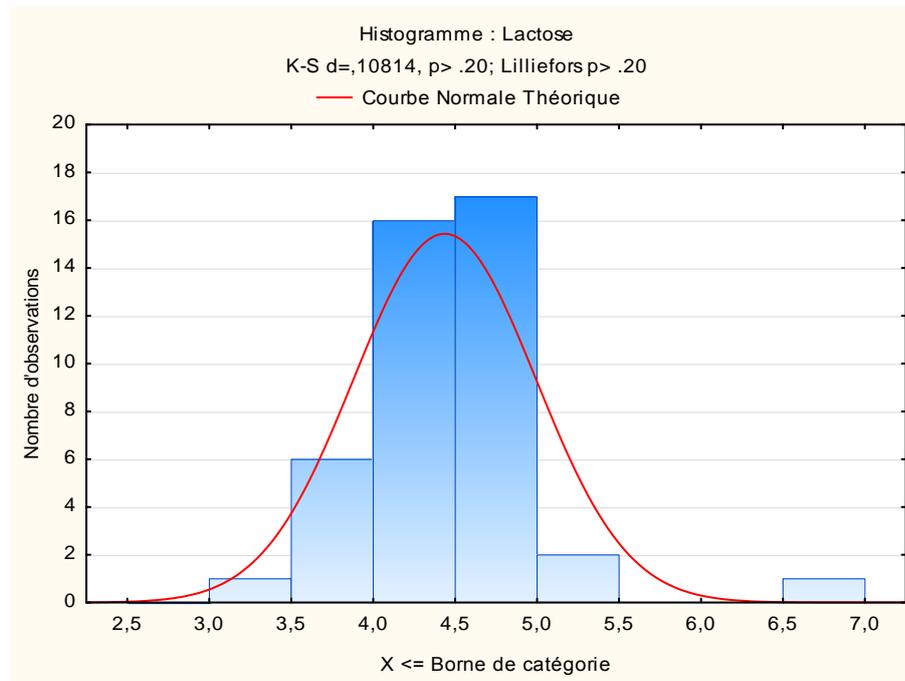


Figure V.3 : Répartition des teneurs en lactose dans le lait cru de brebis

V.1.4. Extrait sec total :

Pour l'extrait sec total, sa valeur moyenne est de 19.53 ± 3.82 , avec une variation allant de 13.33 à 33.14; la plupart des échantillons ont une teneur en EST comprise entre 15 et 25 % (Figure V.4), ces valeurs concordent avec celles trouvés dans la littérature pour la même espèce ovine (Tableau V.2).

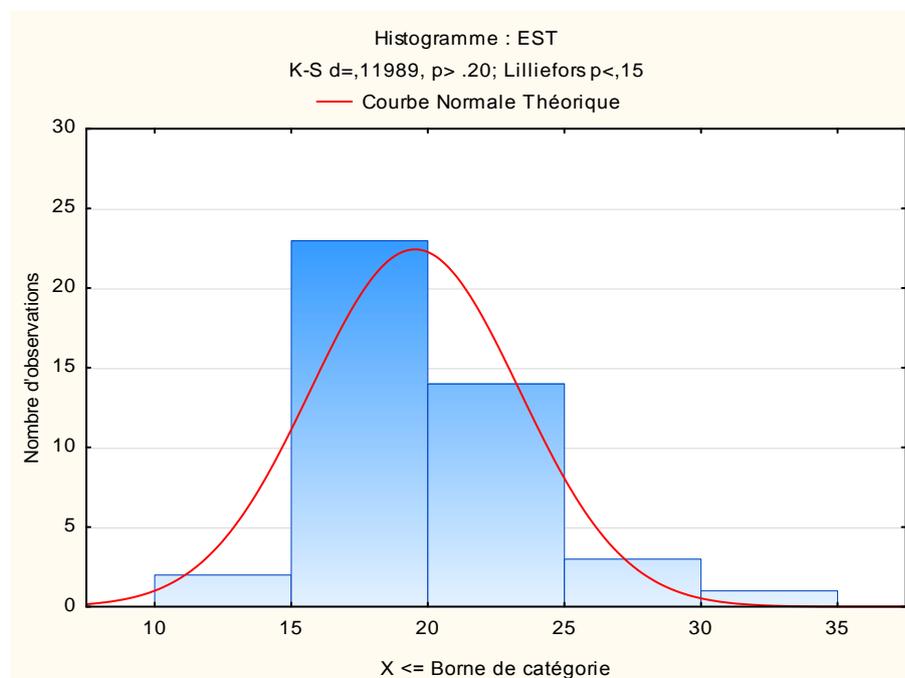


Figure V.4 : Répartition des valeurs de l'extrait sec total dans le lait cru de brebis

V.1.5. Extrait sec dégraissé:

Les quarante-trois échantillons analysés ont un extrait sec dégraissé moyen de 10.09% \pm 1.71 avec une variation allant de 8.26 à 18.68 %, la teneur en extrait sec dégraissé de la majorité des échantillons se situe entre 8 et 12 % (Figure V.5), une concentration qui rejoint celle trouvée dans la littérature (Tableau V.2).

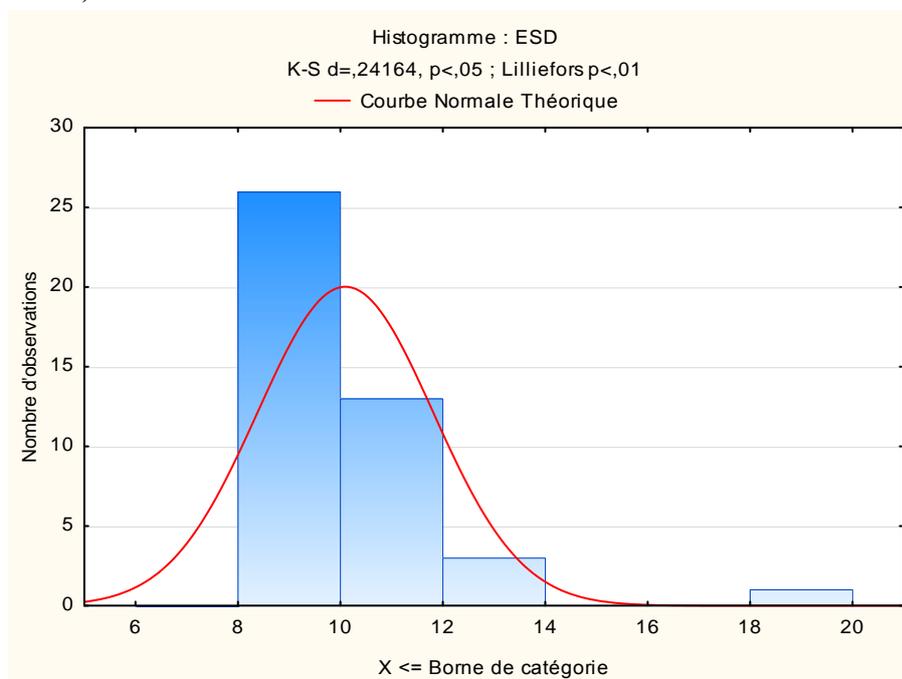


Figure V.5 : Répartition des valeurs de l'extrait sec dégraissé dans le lait cru de brebis

Les valeurs obtenues concordent bien avec celles de la bibliographie, essentiellement pour la teneur en lactose, l'extrait sec total, l'extrait sec dégraissé, par ailleurs on accuse un certain déficit dans le taux de protéine, alors que le taux en matière grasse se trouve un peu plus élevé (Tableau V.2).

Tableau V.2 : Composition du lait de brebis selon différentes sources bibliographiques (en%)

Pro.	MG	Lac	EST	ESD	Pays	Références
5.54	6.98	-	-	-	-	RONDIA <i>et al.</i> (2005)
5.74	6.88	4.32	17.8	10.92	Grèce	BALTADJIEVA <i>et al.</i> (1982)
5.83	8.10	4.51	19.54	11.43	Bulgarie	
6.2	7.9	4.9	-	12.0	Grèce	ANIFANTAKIS <i>et al.</i> (1980) cité par PARK <i>et al.</i> (2007)
6.56	7.85	4.77	-	12.13		SIMOS <i>et al.</i> (1996)
6.23	6.31	5.12	17.35	-	Turquie	YILMAZ <i>et al.</i> (2011)
6.37	7.70	4.97	19.93	-	Espagne	RODRIGUEZ <i>et al.</i> (2010)
5.77	6.41	4.50	17.57	-	Italie	MARTINI <i>et al.</i> (2008)
5.68	6.61	4.34	17.54	-	Turquie	SAHAN <i>et al.</i> (2005)
5.69	7.19	4.66	18.4	-	France	ASSENAT (1985)
5.90	7.52	4.55	19.11	-	Croatie	PAVIC <i>et al.</i> (2002)
4.71	9.43	4.43	19.52	10.09	Algérie	Notre étude

V.2. Caractéristiques physico-chimiques du lait :

Les caractéristiques physico-chimiques, exprimées par le point de congélation, la densité et le pH présentent des moyennes respectives suivantes -0.58°C , 1036.78 et 6.76. Ces données se rapprochent généralement de ceux évoqués par d'autres chercheurs (PAVIC *et al.*, 2002 ; PARK *et al.*, 2007 ; KUCHTIK *et al.*, 2008 ; HILALI *et al.*, 2011).

Tableau V.3 : Caractéristiques physico-chimiques du lait cru ovin récolté

Paramètres	n*	Moy.	Ec.-type	Min	Max
Point de congélation	43	-0.502	0.054	-0.705	-0.452
Densité	43	1.0332	13.278	1.0240	1.1102
pH	43	6.72	0.20	6.50	7.61

n* : nombre d'échantillons analysés

V.2.1. Densité :

La densité de nos quarante-trois échantillon de lait cru mesurées est en moyenne de 1.0332 ± 13.27 . Presque toutes les valeurs se situent entre 1.020 et 1.040 (Figure V.6).

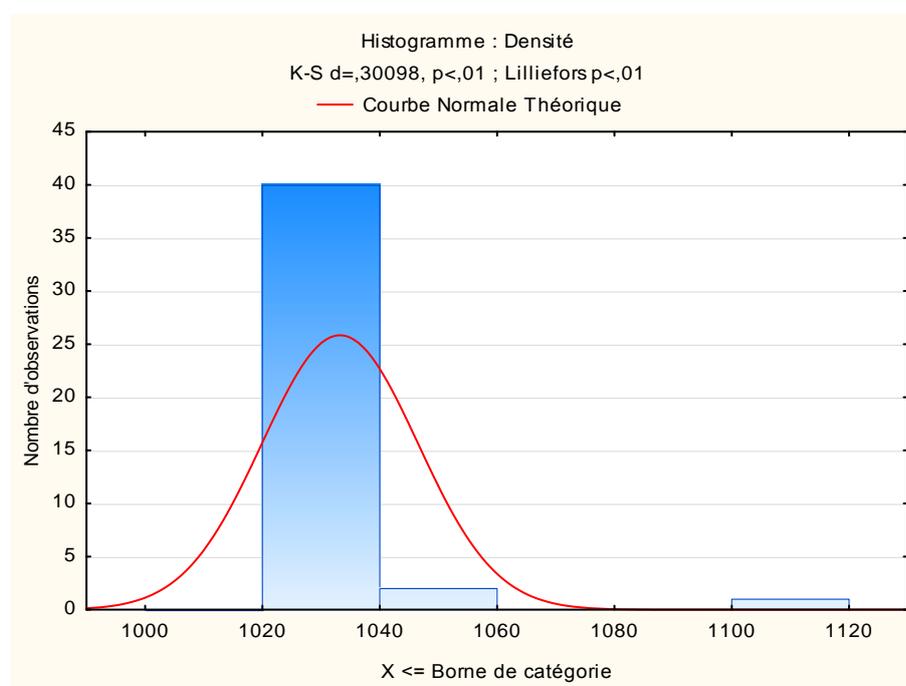


Figure V.6 : Répartition des valeurs de la densité dans le lait de brebis

La valeur moyenne de la densité rejoint celles trouvées par plusieurs auteurs pour le lait de brebis (BALTADJIEVA *et al.*, 1982 avec une valeur moyenne de 1,036 pour le lait Bulgare et Grecque, ROUISSI *et al.*, 2006 avec une valeur de 1,035 à 1,037 pour le lait tunisien et MARTINI *et al.*, 2008 avec une valeur de 1,030 pour le lait Italien). Elle se trouve aussi encadrée par l'intervalle établi par la FAO (1998). La densité du lait dépend de sa composition (CROGUENNEC *et al.*, 2008). L'écémage augmente la densité du lait par contre le mouillage la diminue (MATHIEU, 1998 ; AMIOT *et al.*, 2002). D'autre part, FILIPOVITCH (1954) souligne que les variations de la densité du lait de mélange sont moins étendues que celles des laits individuellement prélevés.

V.2.2. Point de congélation :

La valeur moyenne des échantillons analysés pour le point de congélation est de -0.502 ± 0.054 °C, les extrêmes varient de -0.705 à -0.452 °C, les deux tiers de nos échantillons sont très proche de la moyenne (Figure V.7).

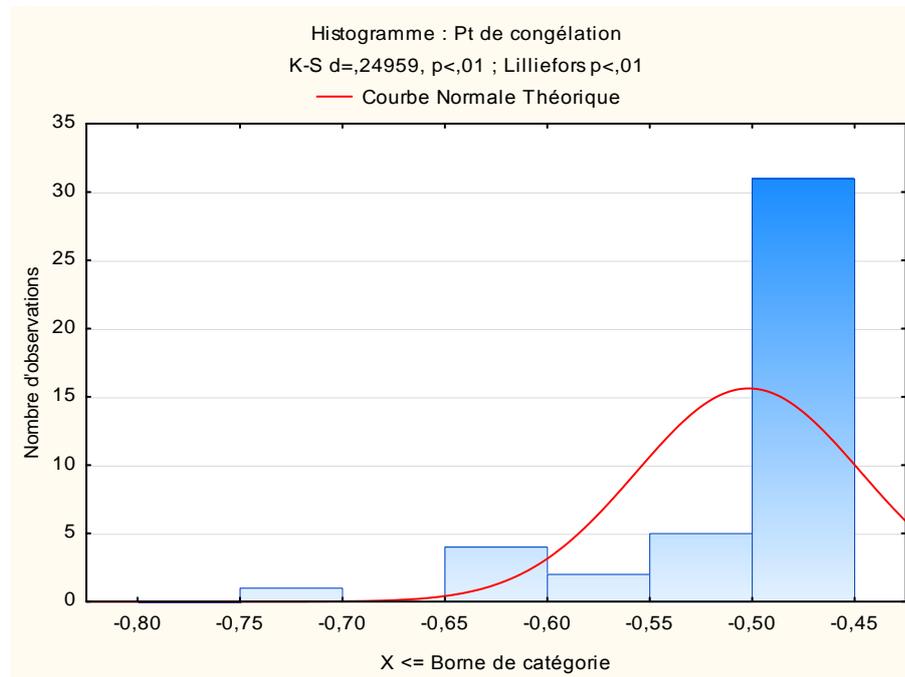


Figure V.7 : Répartition des valeurs de point de congélation dans le lait cru de brebis

La valeur moyenne du point de congélation se trouve très supérieure à celles rapportées par la FAO (1998) ($-0,570$ °C) et par GONZALO *et al.* (2005) ($-0,575$ à $-0,571$ °C) pour le lait de brebis. Par contre elle se rapproche de celle évoquée par MAAMOURI *et al.* (2008) pour le lait tunisien estimée entre -0.498 et -0.507 °C. Il est à signaler que le point de congélation est le paramètre le plus constant. Ce paramètre est utilisé pour détecter un éventuel mouillage du lait (le point de congélation s'élève) alors que l'hydrolyse du lactose (éventuelle fermentation lactique) provoque son abaissement (MATHIEU, 1998).

V.2.3. pH :

Pour les quarante-trois échantillons analysés la moyenne du pH est de 6.72 ± 0.20 , la majorité des échantillons ont un pH compris entre 6.4 et 7 (Figure V.8.).

Le pH est légèrement en dessus des valeurs enregistrées dans la bibliographie (Tableau V.4) et proche de ceux trouvés par MARTINI *et al.* (2008) en Italie et MAAMOURI *et al.* (2008) en Tunisie. La valeur du pH se rapproche de la fourchette (6,5 – 6,85) établie par la FAO (1998). Selon MATHIEU (1998), le pH du lait varie d'une espèce à l'autre et dépend, pour une espèce donnée, de la richesse de son lait en certains constituants, plus particulièrement en phosphates, citrates et caséines. Or il est connu que le lait de brebis est particulièrement riche en ces constituants que les autres ruminants (CHILLIARD et SAUVANT, 1987 ; MATHIEU, 1998).

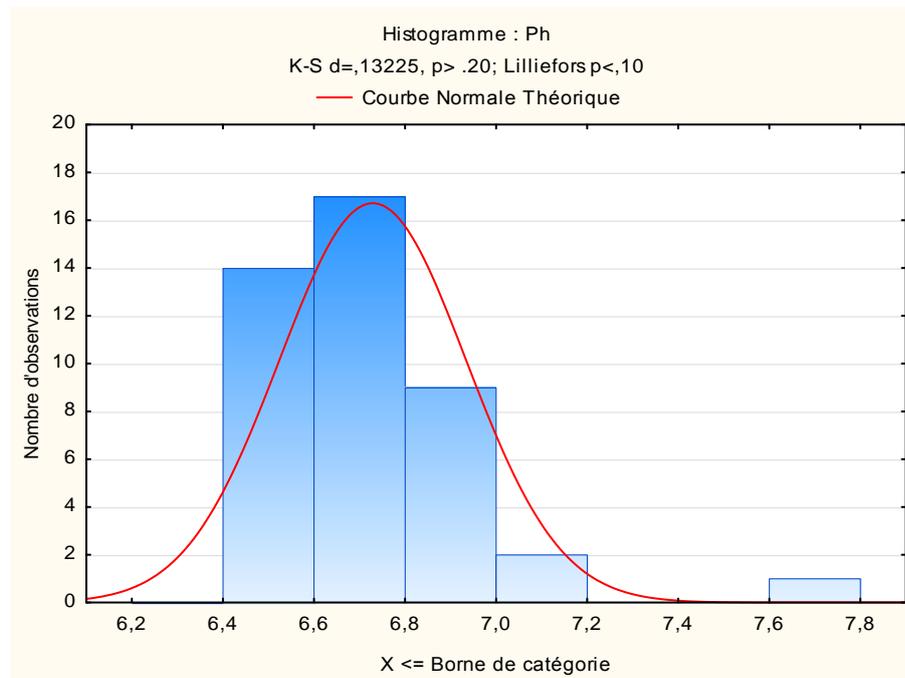


Figure V.8 : Répartition des valeurs de pH dans le lait cru de brebis

Tableau V.4 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de brebis selon différentes sources bibliographiques

pH	Point de congélation	Densité	Références
6.63	-	-	PELLIGRINI <i>et al.</i> (1994)
6.51	-0.570	1.0347	JUAREZ et RAMOS (1986) cité par
6.85		1.0384	PARK <i>et al.</i> (2007)
6.58	-	-	BALTADJIEVA <i>et al.</i> (1982)
6.57			
6.68	-	1.030	MARTINI <i>et al.</i> (2008)
6.77	-0.498 à -0.507	1.031	MAAMOURI <i>et al.</i> (2008)
6.83		1.032	
-	-	1.0372	SIMOS <i>et al.</i> (1996)
6.72	0.502	1.0332	Notre étude

V.3. Facteurs de variation:

La composition du lait cru ovin n'est pas stable et est sujet à des variations multiples (Tableau V.5). Plusieurs facteurs de variation ont été rapportés par la littérature. Certains de ces facteurs sont liés à l'animal: race (HAENLEIN, 2002 ; TSIPLAKOU *et al.*, 2006 ; MIERLITA *et al.*, 2011), stade de lactation (SAHAN *et al.*, 2005 ; KUCHTIK *et al.*, 2008 ; HEJTMANKOVA *et al.*, 2012), rang de lactation (GONZALO *et al.*, 1994 ; PIRAS *et al.*, 2007), numéro de lactation (KREMER *et al.*, 1996 ; ORAVCOVA *et al.*, 2007), âge de l'animal (KREMER *et al.*, 1996; BERGER *et al.*, 2004 ; ABD ALLAH *et al.*, 2011), état de santé des mamelles (BIANCHI *et al.*, 2004 ; RAYNAL-LJUTOVAC *et al.*, 2007); d'autres sont liés à l'alimentation (BOCQUIER et CAJA, 2001 ; PIRISI *et al.*, 2001 ; BOVERA *et al.*, 2003), pratiques de traite (NUDDA *et al.*, 2002 ; RASSU *et al.*, 2007 ; SINAPSIS, 2007), saison (ABD ALLAH *et al.*, 2011) ainsi que d'autres facteurs (SEVI *et al.*, 2003 ; MORANDFEHR *et al.*, 2007).

V.3.1. Effet race:

Les résultats du tableau V.5 confirment l'hypothèse émise par plusieurs auteurs concernant l'effet de la race sur la composition du lait de brebis. La race R produit un lait plus riche en protéines (5.46 vs 4.10%), en matière grasse (10.09 vs 9.35), en extrait sec total (20.99 vs 18.73) et dégraissé (10.90 vs 9.38%) que celui produit par la race OD ($p < 0.001$). Le lait de cette dernière contient plus de lactose (4.36 vs 4.47%) ($p < 0.001$).

Tableau V.5 : Effet de la race sur la composition physico-chimique du lait

Paramètre	Race (moyenne ± écart-type)		P*	Moyenne
	<i>Rumbi</i>	<i>Ouled-Djellal</i>		
TP	5.46±1.61	4.10±0.27	***	4.71±1.30
TB	10.09±3.38	9.35±2.57	*	9.43±3.11
Lact	4.36±0.75	4.47±0.31	ns	4.43±0.5
EST	20.99±4.27	18.73±2.77	***	19.52±3.82
ESD	10.90±2.20	9.38±0.60	**	10.09±1.71
Pt-con	-0.53±0.07	-0.48±0.02	**	-0.50±0.05
Densité	1037.57±18.57	1029.04±2.46	**	1033.21±13.28
pH	6.82±0.25	6.62±0.09	**	6.73±0.21

La plus part des chercheurs s'accordent sur l'effet de la race sur la composition chimique du lait, dans la mesure où les brebis sélectionnées pour la production laitière présentent des taux faibles en matières grasses en protéines et en extrait sec total, ce qui est le cas par exemple des races *East Friesian*, *Lacaune* et *Awassi* (BERGER *et al.*, 2004) ; ainsi une relation négative a été trouvée entre rendement laitier et la composition chimique du lait, en particulier la teneur en TB (HAENLEIN, 2002). Par conséquent la production fromagère augmente mais le rendement fromager diminue (BENCINI, 2001). L'influence de la race sur la composition du lait a été relatée par plusieurs études de part et d'autres dans le monde. En effet, des constituants chimiques du lait et certains paramètres physico-chimiques sont influencés par le type de la race investiguée bien que cette influence soit disparate et parfois même contradictoire pour quelque variable. Par exemple, ABD ALLAH *et al.* (2011) ont trouvé un effet significatif de la race sur le TB et l'ESD en comparant les races Rahmani et Chios Egyptiennes ; MIERLITA *et al.* (2011) n'ont pas trouvés d'effet sur les taux protéique, butyreux et solides totaux en confrontant les races Spanca et Turcana Roumaines. TSIPLAKOU *et al.* (2006) n'ont trouvé d'effet significatif que sur la matière grasse et les solides totaux en comparant les quatre races *Awassi*, *Lacaune*, *Friesland* et *Chios* Grecques soumises au même régime alimentaire.

Concernant les caractéristiques physiques, le lait de la race *Rumbi* est plus dense (1037.57 vs 1029.04) et présente un faible point de congélation (-0.53 vs -0.48°C) que celui de la race *Ouled-Djellal* ($p < 0.001$). L'EST et le pH semble être indifférent ($p > 0.05$). Nos résultats s'accordent avec ceux de ROUISSI *et al.* (2006) pour la densité; ABD ALLAH *et al.* (2011) pour le pH. A l'inverse, MARTINI et CAROLI (2003) rapportent que la race influe significativement le pH.

V.3.2. Effet saison:

La saison a un effet significatif sur tous les paramètres analysés à l'exception de l'EST (Tableau V.6). Le lait d'hiver semble être plus riche en TP, ESD, plus dense et moins acide que celui produit en printemps. Ce dernier est plus gras et plus sucré que celui de l'hiver. L'effet de la saison sur la composition du lait peut être directe (durée de la journée) (BOCQUIER *et al.*, 1997) ou indirecte (effet sur l'alimentation pour les brebis nourris essentiellement au pâturage) (PULINA *et al.*, 1993). Selon THOMSON *et al.* (1982), les températures élevées n'affectent pas la composition chimique du lait. ABDALLAH *et al.* (2011) ont constaté un effet de la saison sur l'EST, l'ESD, cendres et protéines mais pas sur le TB; les valeurs les plus élevées pour l'extrait sec (total et dégraissée) ont été observées pendant les mois février-mars, celles pour les protéines pendant les mois octobre-novembre

Tableau V.6 : *Effet de la saison sur la composition physico-chimique du lait*

Paramètre	Saison (moyenne ± écart-type)		P*	Moyenne
	Hiver	Printemps		
TP	5.35±1.71	4.22±0.46	**	4.71±1.30
TB	8.97±2.76	9.80±3.37	**	9.43±3.11
Lact	4.40±0.70	4.47±0.43	Ns	4.43±0.5
EST	19.61±4.33	19.47±3.47	Ns	19.52±3.82
ESD	10.64±2.39	9.67±0.67	*	10.09±1.71
Pt-con	-0.52±0.07	-0.49±0.03	*	-0.50±0.05
Densité	1036.68±19.45	1030.46±2.84	*	1033.21±13.28
pH	6.77±0.28	6.69±0.12	*	6.73±0.21

V.3.3. Effet parité:

Pour ce qui est du rang de lactation, aucun effet significatif n'a été trouvé pour l'ensemble des paramètres étudiés à l'exception du taux butyreux, l'extrait sec total et le pH (Tableau V.7). Les résultats de PIRAS *et al.* (2007) ne montrent pas d'effet de la parité sur les pourcentages de protéine et de matière grasse; Par contre, pour GONZALO *et al.* (1994) la parité a un effet significatif sur la matière grasse et non sur la teneur en protéine. La concentration en EST augmenté avec la parité (BERGER *et al.*, 2004).

Tableau V.7 : Effet de la parité sur la composition physico-chimique du lait

Paramètre	Parité (moyenne ± écart-type)		P*	Moyenne
	Primipare	Multipare		
TP	4.75±0.99	4.71±1.39	ns	4.71±1.30
TB	8.04±3.46	9.80±2.95	**	9.43±3.11
Lact	4.41±0.74	4.44±0.51	ns	4.43±0.5
EST	18.12±3.14	19.90±3.94	*	19.52±3.82
ESD	10.08±1.12	10.10±1.85	ns	10.09±1.71
Pt-con	-0.50±0.06	-0.50±0.05	ns	-0.50±0.05
Densité	1031.55±5.36	1033.65±14.71	ns	1033.21±13.28
pH	6.98±0.12	6.74±0.22	**	6.73±0.21

V.3.3. Effet stade de lactation:

Le stade de lactation est l'un des facteurs les plus étudiés qui affectent la composition du lait cru ovin. Entre autre, plusieurs auteurs ont rapporté que plusieurs composés du lait sont significativement influencés par le stade de lactation et ont tendance à augmenter graduellement le long du cycle de lactation (CASOLI *et al.*, 1989 ; PLOUMI *et al.*, 1998 ; KUCHTIK *et al.*, 2008).

Les résultats de notre étude montrent que le stade de lactation n'influe significativement que le taux butyreux ($p \leq 0.05$) et le point de congélation ($p \leq 0.05$) (Tableau V.8). Au début de la lactation, la teneur en matière grasse est plus faible comparativement au stade moyen et en fin de lactation. Ce résultat coïncide avec celui trouvé par certains auteurs (GONZALO *et al.*, 1994 ; PAVIC *et al.*, 2002). Le point de congélation augmente au stade moyen de lactation puis se stabilise en fin de lactation. PAVIC *et al.* (2002) ont constaté une diminution du point de congélation vers la fin de lactation.

Les autres paramètres sont relativement stable et indépendant du stade de lactation ($p > 0.05$). Cette constatation se retrouve soit en accord soit en désaccord, en fonction du paramètre considéré, avec l'ensemble des travaux de recherche menés ultérieurement. Ainsi, SAHAN *et al* (2002) rapportent un effet significatif du stade de lactation sur l'extrait sec, pH et densité du lait, alors que BIANCHI *et al* (2004) mentionnent l'effet du stade de lactation sur la teneur du lait en lactose et en protéine. Entre autre, le stade de lactation affecte tous les paramètres du lait analysés par GONZALO *et al.* (1994) ; PAVIC *et al.* (2002) ; KUCHTIK *et al.* (2008).

Tableau V.8 : Effet du stade de lactation sur la composition physico-chimique du lait

Paramètre	Stade (moyenne ± écart-type)			P*	Moyenne
	Début	Moyen	Fin		
TP	4.99±1.56	4.43±0.74	4.13±0.23	ns	4.71±1.30
TB	9.16±3.44 ^a	9.86±2.82 ^b	9.81±2.36 ^b	*	9.43±3.11
Lac	4.40±0.67	4.49±0.37	4.49±0.30	ns	4.43±0.5
EST	19.46±4.48	19.80±2.90	19.41±2.43	ns	19.52±3.82
ESD	10.29±2.13	9.94±0.73	9.60±0.51	ns	10.09±1.71
Pt-con	-0.51±0.07 ^a	-0.49±0.03 ^b	-0.49±0.02 ^b	*	-0.50±0.05
Densité	1035.26±16.74	1029.96±3.29	1030.24±2.17	ns	1033.21±13.28
pH	6.74±0.17	6.72±0.32	6.71±0.15	ns	6.73±0.21

V.4. Caractérisation de la matière grasse laitière:

V.4.1. Paramètres physiques de la matière grasse:

La matière grasse laitière est caractérisée par un certain nombre d'indices dont les principaux sont résumés dans le tableau suivant pour le lait cru ovin issu des deux races investiguées.

Autrefois ces indices et d'autres constituaient un élément primordial d'investigation de la matière grasse laitière en apportant plusieurs renseignements sur cette dernière. Actuellement et avec le développement des méthodes instrumentales, permettent de déterminer avec précision la proportion des divers acides gras, ces indices ont perdu leur importance (VEISSEYRE, 1979). C'est pourquoi les revus bibliographiques font défaut dans ce sens et en particulier ceux relatives au lait de brebis.

Tableau V.9 : Caractéristiques de la matière grasse du lait cru ovin

Indice	Race		P*	Moyenne
	OD	R		
I_i	33.46±2.25	32.72±2.02	ns	33.05±2.03
I_s	234.77±3.61	235.48±4.05	ns	235.21±3.93
I_a	10.22±1.13	10.22±1.86	ns	10.09±1.47
I_e	224.54±3.90	225.26±4.69	ns	225.12±4.43

Comme indiqué sur le tableau précédent, la race n'a aucun effet significatif sur les différents indices mesurés au seuil de 5%. D'autre part les moyennes enregistrées pour les indices d'iode et de saponification se trouvent pour le premier légèrement supérieur (38.42 vs 20-35) et pour le second légèrement inférieur (225.75 vs 230-245) à ceux évoqués par ASSENAT (1985); MATHIEU (1998) et PARK *et al.* (2007) pour le lait de brebis. Par contre, ils se trouvent encadrer par les valeurs observées pour le lait de vache (32-42, pour l'I_i) et (220-232, pour l'I_s) (ASSENAT, 1985; MATHIEU, 1998).

V.4.1.1 Effet de quelques facteurs de variation

L'analyse de la variance à un facteur n'a montré aucun effet de la saison, du rang de lactation et du stade de lactation sur les paramètres étudiés (Indices d'iode, de saponification, d'acide et d'ester) au seuil de 5% (Tableau V.10).

Les laits d'hiver présentent des indices d'iode et d'acide supérieurs à ceux du printemps ; alors que ces derniers ont des indices de saponification et d'esters supérieurs. La valeur de la plupart des indices augmente au fur et à mesure qu'on avance dans le stade de lactation.

Tableau V.10 : Facteurs de variation des indices lipidiques

		I _i	I _s	I _a	I _e
Saison	Hiver	33.40±2.22 ^a	233.75±2.46 ^a	10.35±1.55 ^a	223.40±2.85 ^a
	Printemps	32.76±1.87 ^a	236.48±4.57 ^a	9.87±1.40 ^a	226.61±5.07 ^a
Rang de lactation	Primipare	33.05±0.17 ^a	236.16±3.20 ^a	10.89±0.45 ^a	225.28±2.75 ^a
	Multipare	33.05±2.11 ^a	235.14±4.03 ^a	10.03±1.50 ^a	225.11±4.57 ^a
Stade de lactation	Début	32.50±2.21 ^a	234.46±3.90 ^a	10.15±1.60 ^a	224.31±4.30 ^a
	Moyen	33.64±1.45 ^a	235.19±3.93 ^a	10.29±1.37 ^a	224.90±4.31 ^a
	Fin	34.38±1.38 ^a	238.42±3.20 ^a	9.49±1.17 ^a	228.93±4.19 ^a

V.4.2. Teneur en cholestérol:

Dans les échantillons analysés, la teneur en cholestérol varie de 113.11 à 592.79 mg/100g de MG avec une moyenne de l'ordre de 362.55 (Tableau V.11). Les valeurs extrêmes sont observées chez la matière grasse issue du lait de la race *Rumbi*. La race n'a aucun effet significatif sur la teneur en cholestérol alors que GOUDJIL *et al.* (2003) ont rapporté un effet race bien que les variations observées ne furent pas claires.

Tableau V.11 : Teneur en cholestérol (mg/100g de MG) du lait cru ovin

	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Les 2 races	362.55	163.96	113.11	592.79
Ouled Djellal	319.44	81.64	184.33	437.79
Rumbi	405.67	219.12	113.11	592.79

Selon CHAMBON (1992), la teneur en stérols de la matière grasse laitière est estimée à 300mg/100g de corps gras dont 99% sont constitués de cholestérol. Pour BOUTONNIER et DUNANT (1990), la teneur en stérol varie de 200 à 386 mg/100g dont la teneur en cholestérol libre a été estimée à 300mg/100g. PACCALIN et GALANTIER (1986) rapportent la même teneur en cholestérol, en précisant que le lait en renferme 105mg/l et que la consommation de 25g de beurre apporte 65mg de cholestérol qui représente 20% d'un apport journalier de 300mg. Pour le lait de brebis, la teneur en cholestérol varie de 15 à 30 mg pour 100 ml de lait (ASSENAT, 1985), celle-ci

évoluant avec la richesse du lait en matière grasse. Alors que GOUDJIL *et al.* (2003) rapportent une teneur de 288.4 mg/100g de MG.

V.4.3. Profil en acides gras :

Le profil moyen en acides gras des échantillons du lait cru ovin des deux races est illustré dans le tableau V.12. Deux chromatogrammes types des deux races sont illustrés sur la Figure V.9. Pour le reste des échantillons du lait, les chromatogrammes sont rassemblés en Annexe X.

A la lecture des chromatogrammes, on remarque l'existence de 18 pics dont cinq sont les plus représentés : acide palmitique (24.41%), acide oléique (24.18%), acide stéarique (10.84%), acide myristique (10.42%), acide caprique (8.30%). Ces acides gras totalisent en moyenne 78.15% des acides gras totaux. A l'exception des résultats obtenus par LOCK *et al.* (2005) et BIONDI *et al.* (2008) où l'acide butyrique domine par rapport à l'acide caprique, l'importance quantitative de ces acides gras fut aussi observée par plusieurs auteurs (ZHANG *et al.*, 2006 ; CARTA *et al.*, 2008 ; TALPUR *et al.*, 2008 ; CASTRO *et al.*, 2009 ; HILALI *et al.*, 2011 ; MIERLITA *et al.*, 2011a et b).

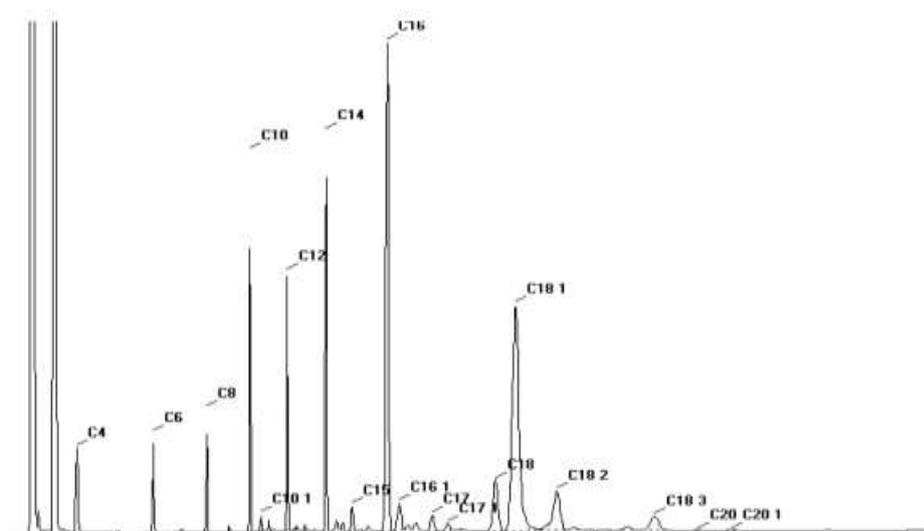


Figure V.9: Chromatogramme d'échantillon n°01 (OD)

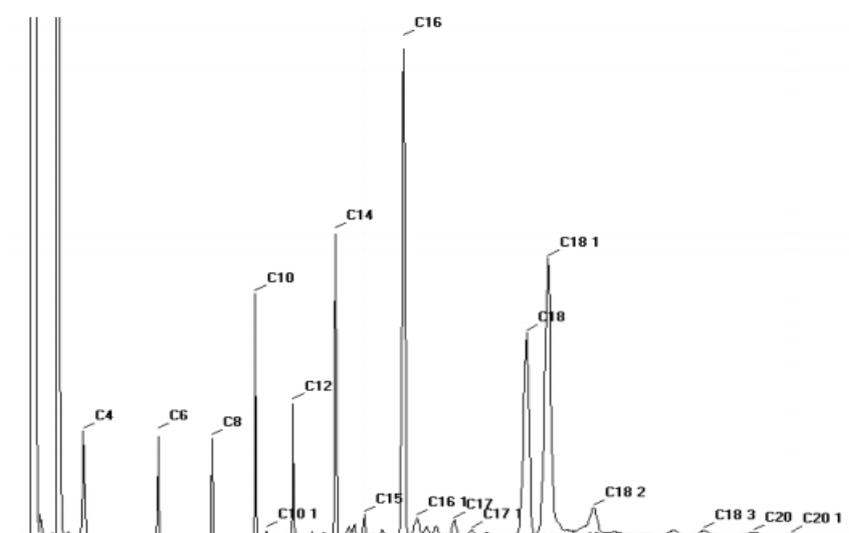


Figure V.10 : Chromatogramme d'échantillon n°14 (R)

Tableau V.12 : concentration des acides gras(%) des laits ovin issus des races Ouled Djellal (OD) et Rumbi (R).

Acides gras	Race		P*	Moyenne
	OD	R		
C4	3.05	2.51	Ns	2.91
C6	2.82	2.21	*	2.75
C8	2.93	2.26	*	2.90
C10	8.24	6.73	*	8.30
C10: 1	0.23	0.19	**	0.24
C12	4.43	3.86	*	4.49
C14	10.14	10.72	Ns	10.42
C15	1.06	1.13	Ns	1.07
C16	24.25	25.85	*	24.41
C16: 1	1.43	1.36	*	1.42
C17	0.83	0.87	Ns	0.83
C17: 1	0.35	0.35	Ns	0.35
C18	10.88	12.34	**	10.84
C18: 1	24.34	24.94	Ns	24.18
C18: 2	3.54	3.35	Ns	3.47
C18: 3	1.03	0.83	Ns	1.00
C20	0.26	0.35	*	0.27
C20: 1	0.15	0.17	Ns	0.15
AGS^a	69.37	69.21	Ns	69.64
AGI^b	31.08	31.17	Ns	30.81
AGMI^c	26.51	26.99	Ns	26.33
AGP^d	4.57	4.17	Ns	4.48
∑AGCC^e	21.71	17.76	*	21.57
∑AGCM^f	38.06	40.27	*	38.49
∑AGCL^g	40.21	41.96	Ns	39.92
IA^h	2.40	2.36	Ns	2.38

P* : Analyse de la variance (ns: non significatif, *: P< 0.05 **: P< 0.01)

^a: Acides gras saturés

^b: Acides gras insaturés

^c: Acides gras mono insaturés

^d: Acides gras polyinsaturés

^e: Somme des acides gras à chaînes courtes (C_{4:0} – C_{12:0})

^f: Somme des acides gras à chaînes moyennes (C_{14:0} – C_{17:1})

^g: Somme des acides gras à chaînes longues (≥C_{18:0})

^h: Indice d'athérogénéité (C_{12:0} + 4*C_{14:0} + C_{16:0}) / ∑ AGI

Les acides gras saturés s'imposent par rapport aux acides gras insaturés (69.64% vs 30.81%), aussi bien pour le lait de brebis (59.35 à 74.28% ; CARTA *et al.*, 2008, BIONDI *et al.*, 2008 vs 22.77% à 39.25% ; CARTA *et al.*, 2008, MIERLITA *et al.*, 2011a) que pour le lait de vache (63% ; ALAIS, 1984 et MOATE *et al.*, 2007 vs 33.9% à 34.32%, ALAIS, 1984, MOATE *et al.*, 2007).

Parmi les acides gras saturés, ceux dont la chaîne hydrocarbonée est supérieure ou égale à 14C sont les majoritaires (68% des acides gras saturés totaux) avec prédominance de l'acide palmitique (35%) suivie des acides stéarique et myristique avec des taux respectifs de 15.57 et 14.96% par rapport aux acides gras saturés totaux.

Les acides gras saturés à chaîne courte (C4-C12) totalisent un pourcentage de 21.35% et représentent 30.66% des acides gras saturés totaux. Dans ce groupe, l'acide caprique est le constituant majoritaire avec un taux de 8.30% par rapport au total des AG, suivi des acides laurique, butyrique et caprylique.

Cette tendance confirme celle d'autres études sur le lait de brebis (ZHANG *et al.*, 2006 ; CARTA *et al.*, 2008 ; HILALI *et al.*, 2011 ; MIERLITA *et al.*, 2011a). Pour LOCK *et al.* (2005) et BIONDI *et al.* (2008), c'est l'acide butyrique qui l'emporte par rapport à l'acide caprique (4.2 et 11.35% vs 3.5 et 8.3% respectivement). La teneur en acide butyrique estimée à 2.91% est inférieure à celle du lait de vache (ALAIS, 1984 ; MOATE *et al.*, 2007 ; TALPUR *et al.*, 2008) ceci est en contradiction avec la confirmation émise par BARLOWSKA *et al.* (2011), selon laquelle la teneur élevée en acide butyrique est l'une des caractéristiques du lait de brebis par rapport à celui de la vache ou de la chèvre. Selon SANZ-SAMPELAYO *et al.* (2007), les acides caprique et caprylique sont utilisés comme traitement spécifique des patients souffrants de divers problèmes de malabsorption, insuffisance pancréatique ou de déficit ou absence de sels biliaires.

Bien que les acides gras saturés n'aient pas une importance nutritionnelle (GNADIG *et al.*, 2001), les teneurs plus ou moins importantes des acides à chaîne courte et moyenne en font d'une part une matière grasse très digestible (PACCALIN et GALANTIER, 1986) et d'autre part un moyen pour déceler une éventuelle pratique frauduleuse consistant en l'ajout de graisses étrangères au beurre (VEISSEYRE, 1979) si l'on sait que ces dernières sont très pauvres en ce type d'acides gras (PLUMEY, 2003). Entre autre, ils participent à l'arôme des produits laitiers du fait de leur libération sous l'action des lipases, naturelles ou microbiennes (JEANTET *et al.*, 2007).

Pour ce qui est des acides gras insaturés, les mono-insaturés l'emportent sur les polyinsaturés (26.33% vs 4.48%). Cette tendance se trouve confirmée aussi bien pour le lait de brebis que pour celui de la vache.

L'acide oléique prédomine avec un pourcentage moyen de l'ordre de 24.18%, inférieur à celui de la vache (26.0-26.69%, ALAIS, 1984 et MOATE *et al.*, 2007) mais bien supérieur à celui des brebis dans divers pays (GOUDJIL *et al.*, 2004 ; ZHANG *et al.*, 2006 ; VALVO *et al.*, 2007 ; BIONDI *et al.*, 2008 ; CARTA *et al.*, 2008 ; CASTRO *et al.*, 2009 ; DE LA FUENTE *et al.*, 2009 ; HILALI *et al.*, 2011 ; MIERLITA *et al.*, 2011a) à l'exception de ceux cités par d'autres auteurs (SIGNORELLI *et al.*, 2008 ; TALPUR *et al.*, 2008 ; MIERLITA *et al.*, 2011a). Alors qu'il se rapproche de ceux évoqués par certains autres (PEREA *et al.*, 2000).

Les autres acides gras mono-insaturés représentent 2.15% des acides gras totaux, supérieurs à ceux évoqués par plusieurs auteurs pour le lait de brebis (LOCK *et al.*, 2005 ; CARTA *et al.*, 2008 ; CASTRO *et al.*, 2009 ; HILALI *et al.*, 2011 ; MIERLITA *et al.*, 2011a ; MARTINI *et al.*, 2012) mais inférieur à d'autres de la même espèce (ZHANG *et al.*, 2006 ; BIONDI *et al.*, 2008) et aussi de l'espèce bovine (ALAIS, 1984 ; MOATE *et al.*, 2007).

L'indice d'athérogénéité 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 importante mise en cause, il semble être pertinent pour le consommateur en matière des acides gras saturés (CASTRO *et al.*, 2009). Il varie entre 2.36 (race *Rumbi*) et 2.40 (race *Ouled Djellal*) pour une moyenne de 2.38, bien que cette variation ne soit pas significative. Néanmoins, il est inférieur à celui obtenu par CASTRO *et al.* (2009) estimé à 2.94 mais supérieur à ceux trouvés par GOMEZ-CORTES *et al.* (2009) évalué à 1.53 et CIESLAK *et al.* (2010) estimé entre 1.3 et 1.4. Cet indice est estimé à 2.55 pour le lait de vache et 2.88 pour le lait de chèvre (CIESLAK *et al.*, 2010).

V.4.4. Effet de la race:

Les facteurs qui affectent la composition en acides gras du lait de brebis ont fait l'objet d'un travail de recherche publié par DE LA FUENTE *et al.* (2009). Parmi ces facteurs, ceux liés à l'animal sont plus ou moins référencés. L'effet de la race sur le profil lipidique de la matière grasse laitière de la brebis est signalé dans divers travaux de recherche (MIHAYLOVA *et al.*, 2004 ; BARBOSA *et al.*, 2007 ; SIGNORELLI *et al.*, 2008 ; MIHAYLOVA et ODJAKOVA, 2011 ; TALPUR *et al.*, 2008 ; MIERLITA *et al.*, 2011a et b, GERCHEV et MIHAYLOVA, 2012).

Les concentrations de divers acides gras des laits crus ovins analysés diffèrent d'une race à l'autre, parfois significativement (Tableau V.12).

Tous les acides gras à chaîne courte, à l'exception de l'acide butyrique, ont des concentrations différentes selon la race. Il semble en effet que la race *Ouled-Djellal* en soit la plus riche. Même constat a été observé par TALPUR *et al.* (2008) et MIERLITA *et al.*, (2011a) en comparant les races *Kachi* et *Kooka* Pakistanaises et *Spanca* et *Turcana* roumaines respectivement. Il semble que les races *Spanca* et *Kachi* en soient les plus riches. La race *Spanca* se rapproche de notre race OD surtout pour les taux des acides caproïque et caprylique alors que la race *Kachi* s'en rapproche uniquement par rapport à l'acide caproïque. D'autre part, elle se rapproche de la race *Turcana* pour ce qui est des acides caprique et laurique et en dépasse de loin ceux de la race *Kooka*.

Selon MIHAYLOVA *et al.* (2004), le lait issu de la race *Karakachan* est plus riche en acides gras à chaîne courte que la race *Tsigay*. Contrairement à ce constat, BARBOSA *et al.* (2007) n'ont trouvé aucun effet de la race sur ces paramètres en comparant les races *Assaf* et *Churra* d'une part et les races *Awassi*, *Churra* et *Lacaune* d'autre part.

Au contraire, la race *Rumbi* est plus riche en acides gras à chaîne moyenne bien que ces derniers ne diffèrent significativement que par rapport aux acides palmitique et palmitoléique. TALPUR *et al.* (2008) n'ont observé d'effet de la race que pour l'acide myristique ; MIERLITA *et al.* (2011a) ont trouvé un effet sur l'acide myristique et l'acide palmitique alors que BARBOSA *et al.* (2007) signalent l'effet de la race sur les acides palmitique, margarique.

Parmi les acides gras à chaîne longue, seuls les acides stéarique et arachidique sont influencés par la race. Notre résultat contredit celui de MIERLITA *et al.* (2011b) pour qui, aucun acide gras à longue chaîne n'est influencé par la race à l'exception des acides oléique (C18:1Cis9) et vaccénique (C18:1 Trans-11). Aussi MIHAYLOVA *et al.* (2004) constatent l'effet de la race sur ces deux acides où le lait issu de la race *Tsigay* est plus riche en acide oléique comparé à celui de la race *Karakachan* et que ce dernier est plus riche en acide vaccénique.

D'autre par TALPUR *et al.* (2008) relatent l'effet de la race sur les acides gras stéarique, oléique, vaccénique. La race *Rumbi* est plus riche que la race *Ouled Djellal* en acides stéarique et arachidique. La teneur en acide stéarique de la race OD (10.88%) est supérieure à celle de la race *Kooka* et celle de la race R (12.34%) à celle de la race *Kachi* (TALPUR *et al.*, 2008). Elles sont aussi supérieures aux races *Altamura*, *Gentile di Puglia* et *Sarda* (SIGNORELLI *et al.*, 2008), *Spanca* et *Turcana* (MIERLITA *et al.*, 2011b) mais inférieures aux races *Srednostaroplaninska* et *Tetevenska* (GERCHEV et MILHAYLOVA, 2012).

V.4.5. Effet des autres facteurs:

L'analyse de la variance a montré que la parité affecte significativement la teneur en certains acides gras plus particulièrement ceux présentant des degrés d'insaturation tels que les acides en C16:1, C17:1, C18:2, C18:3 et les groupes d'acides insaturés, en particulier les acides gras polyinsaturés (Tableau V.13). Le stade de lactation affecte beaucoup plus les acides gras saturés, plus particulièrement ceux à chaînes moyennes (C12, C15 et C17). Cet effet est ressenti entre le début et le stade moyen de la lactation (Tableau V.13). Il semble que la saison est le facteur qui marque beaucoup plus son effet sur le profil lipidique. Ce sont les acides à chaîne courte (C4, C6 et C8) et à chaîne moyenne (C14, C15 et C16) qui soient les plus affectés par la saison. Entre autre, on constate que l'effet de la saison est plus marqué sur les acides gras saturés si on excepte le C20:1 (Tableau V.13).

Tableau V.13: Effet des facteurs de variation sur le profil lipidique des laits analysés

Acides gras	Rang de lactation		Saison		Stade de lactation		
	Primipare	Multipare	Hiver	Printemps	Début	Moyen	Fin
C4	3,62	2,90	3,49 ^a	2,41 ^b	2,91	3,05	2,53
C6	3,72	2,76	3,36 ^a	2,21 ^b	2,75	2,84	2,25
C8	4,04	2,91	3,58 ^a	2,31 ^b	2,90	2,95	2,28
C10	11,12	8,33	9,83	6,96	8,30 ^a	8,28 ^b	6,81
C10: 1	0,32	0,23	0,28	0,19	0,24 ^a	0,23 ^b	0,19
C12	5,61	4,47	5,04	4,01	4,49 ^a	4,41 ^b	3,92
C14	9,88	10,40	9,64 ^a	11,10 ^b	10,42	10,10	10,87
C15	0,95	1,07	0,94 ^a	1,18 ^b	1,07 ^a	1,06	1,20 ^b
C16	21,82	24,41	22,27 ^a	26,26 ^b	24,41	24,25	26,30
C16: 1	1,52 ^a	1,40 ^b	1,50	1,35	1,42 ^a	1,41 ^b	1,37 ^b
C17	0,75	0,82	0,80	0,85	0,83 ^a	0,82 ^b	0,84
C17: 1	0,35 ^a	0,34 ^b	0,37	0,32	0,35	0,34	0,31
C18	8,14	11,07	9,53	11,97	10,84	11,14	12,15
C18: 1	22,83	24,05	24,23	24,14	24,18	24,21	24,12
C18: 2	3,70 ^a	3,41 ^b	3,64	3,33	3,47	3,47	3,41
C18: 3	1,32 ^a	0,96 ^b	1,16	0,86	1,00	0,98	0,88
C20	0,13	0,28	0,17 ^a	0,36 ^b	0,27	0,27	0,36
C20: 1	0,12	0,15	0,11 ^a	0,18 ^b	0,15	0,15	0,19
AGS^a	70,43	69,90	69,23	70,00	69,64	69,65	69,91
AGI^b	30,16 ^a	30,55 ^b	31,30	30,39	30,81	30,80	30,47
AGMI^c	25,14	26,18	26,49	26,19	26,33	26,34	26,17
AGP^d	5,02 ^a	4,37 ^b	4,80	4,20	4,48	4,45	4,29
ΣAGCC^e	28,43	21,61	25,60 ^a	18,08 ^b	21,57	21,76	17,99
ΣAGCM^f	35,28	38,45	35,52 ^a	41,06 ^b	38,49	37,99	40,90
ΣAGCL^g	36,24	39,92	38,84	40,85	39,92	40,23	41,11
IA^h	2,34	2,41	2,22	2,54	2,39	2,35	2,51

Deux lettres différentes sur la même ligne signifient que la différence est significative au seuil de 5%

^a: Acides gras saturés

^b: Acides gras insaturés

^c: Acides gras mono insaturés

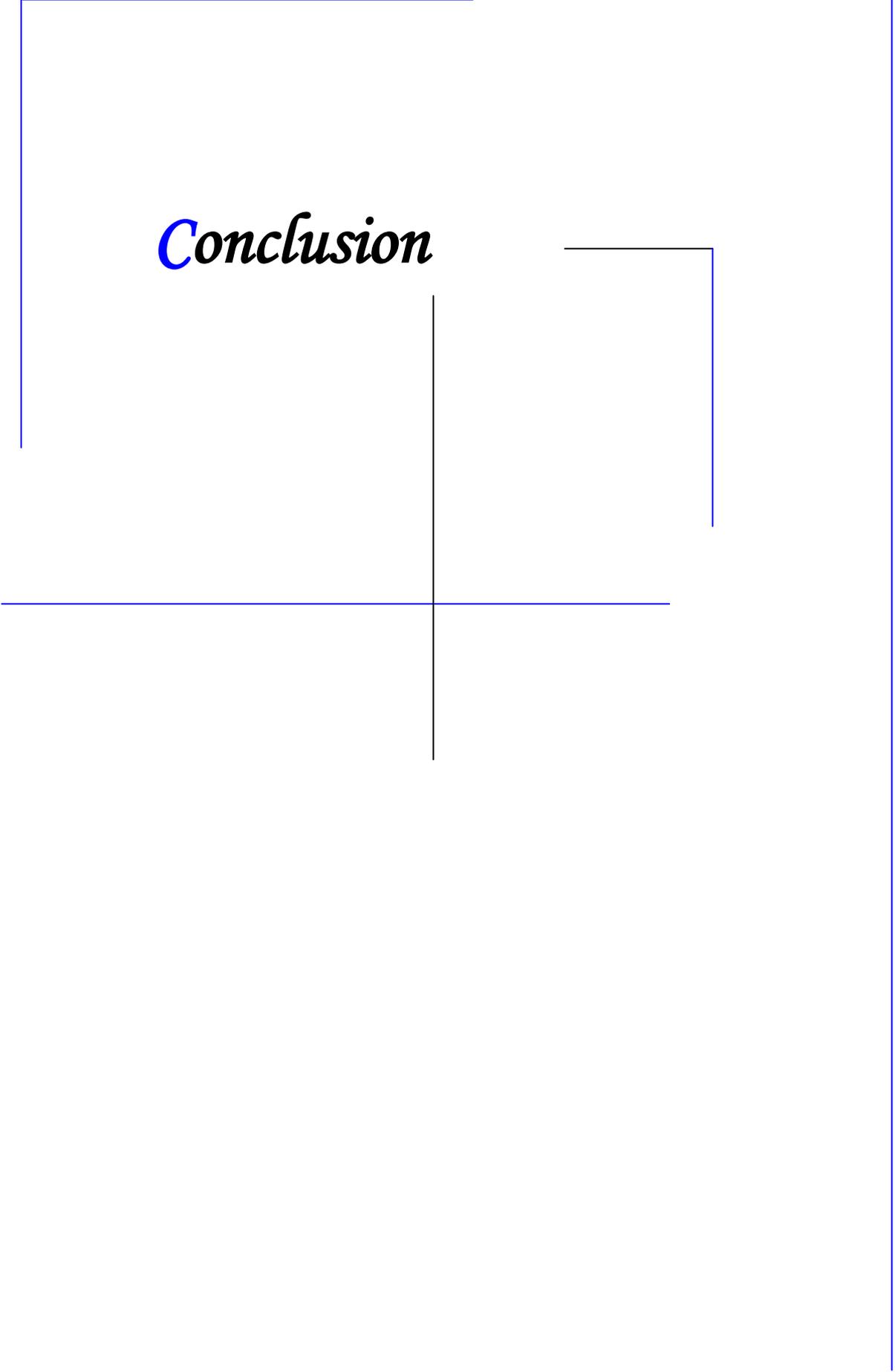
^d: Acides gras polyinsaturés

^e: Somme des acides gras à chaînes courtes (C_{4:0} – C_{12:0})

^f: Somme des acides gras à chaînes moyennes (C_{14:0} – C_{17:1})

^g: Somme des acides gras à chaînes longues (≥C_{18:0})

^h: Indice d'athérogénéité (C_{12:0} + 4*C_{14:0} + C_{16:0}) / Σ AGI



Conclusion

Conclusion:

Ce travail, entrepris dans le but de contribuer à une meilleure connaissance du lait ovin dans la région de Djelfa, se subdivise en deux volets, l'un axé sur les caractéristiques physico-chimiques du lait de brebis des races peuplant la zone, et l'autre sur la caractérisation de la matière grasse, visant ainsi une meilleure exploitation de celui-ci en industrie de transformation éventuelle.

Pour ce qui est de la composition chimique, l'analyse du lait individuel des brebis montre une teneur moyenne en protéines de 4.71%, en matière grasse de 9.43%, en lactose de 4.43%, en extrait sec total de 19.52 %, et en extrait sec dégraissé de 10.09 % ; valeurs qui fluctuent autour de celles rapportées par plusieurs auteurs. Ainsi nous relevons des taux de protéines relativement faible, alors que le taux de matière grasse se trouve un peu plus élevé.

Les caractéristiques physico-chimiques moyenne du lait cru ovin collecté exprimées par le pH (6.73), la densité (1033.24) et le point de congélation (-0.50°C), se rapprochent en générale de celles évoquées par la plus part des chercheurs.

La variabilité de la composition physicochimique des laits analysés se trouve parfois confirmée par la littérature selon le facteur étudié. Ainsi, la race *Rumbi* produit un lait plus riche en composants recherchés par rapport à la race *Ouled Djellal* : protéines (5.46 vs 4.10 %), matière grasse (10.09 vs 9.35), en extrait sec total (20.99 vs 18.73) et dégraissé (10.90 vs 9.38%) excepté pour le lactose (4.36 vs 4.47).

La saison marque son effet sur tous les paramètres analysés à l'exception de l'EST. Le lait d'hiver semble être plus riche en TP et en ESD, plus dense et moins acide que celui produit en printemps, alors que ce dernier est plus gras et plus sucré.

La parité n'a d'effet significatif que sur le taux butyreux, l'EST et le pH. Il semble que les multipares en sont les plus riches et les plus acides.

Le stade de lactation n'influe significativement que le taux butyreux et le point de congélation. Le premier est plus faible au début de lactation comparativement au stade moyen et en fin de lactation alors que le point de congélation augmente au stade moyen de lactation puis se stabilise en fin de lactation, les autres paramètres sont relativement stables et indépendant du stade de lactation.

Concernant la fraction lipidique, dont l'importance tant sur la santé humaine, qu'en technologie a été prouvé, elle a été extraite par la méthode dite de Rose-Gottlieb et caractérisée par la détermination des principaux indices et du profil lipidique. La teneur moyenne en matière grasse fluctue autour de 9.32%, qui est très appréciable. C'est d'ailleurs, le paramètre le plus variable en quantité et en qualité et le plus influencé par les divers facteurs étudiés. En effet, la race, le rang de lactation, le stade de lactation et la saison ont tous un effet plus ou moins significatif sur ce paramètre. Ainsi, le lait des multipares, de la race *Rumbi* collecté pendant le printemps, au stade moyen de lactation semble être le plus riche comparativement à celui des primipares, de la race *Ouled-Djellal* collecté en hiver et au début de lactation.

Les laits d'hiver présentent des indices d'iode et d'acide supérieurs à ceux du printemps alors que les laits de ce dernier ont des indices de saponification et d'esters supérieurs ; d'autre part, la valeur de la plupart des indices augmente au fur et à mesure qu'on avance dans le stade de lactation. Bien que ces variations ne soient significatives au seuil de 5%, elles se trouvent encadrées par les fourchettes évoquées par les sources bibliographiques, en particulier pour les indices d'iode et de saponification. La race et le rang de lactation n'ont montré aucun incident sur ces indices.

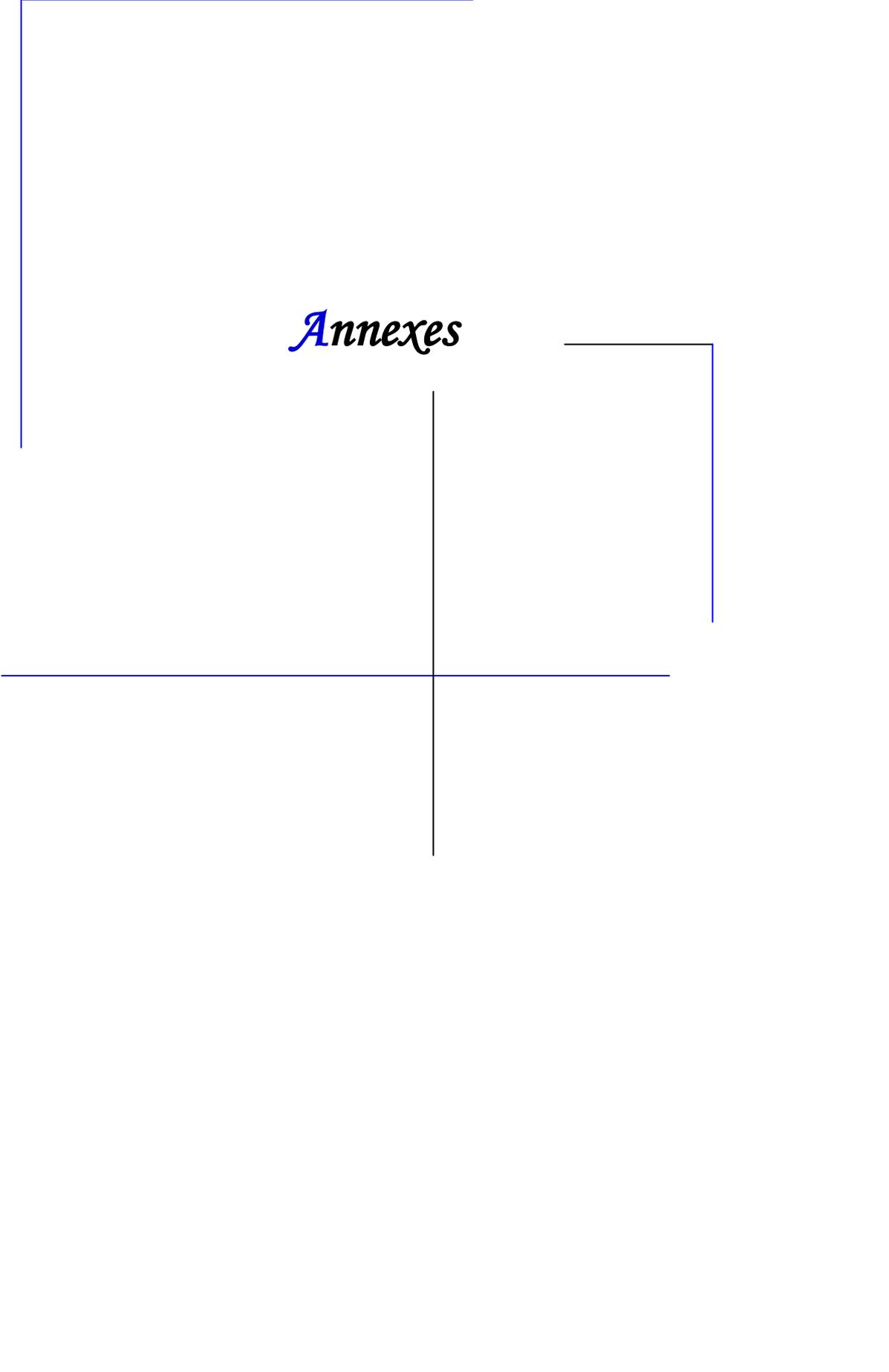
La moyenne de la teneur en cholestérol des échantillons analysés est de 362.55 mg/100g de MG, légèrement supérieure à celles rapportées par certains auteurs. Néanmoins, les valeurs extrêmes sont observées chez la matière grasse de la race *Rumbi* bien que la race n'a aucun effet sur la teneur en cholestérol.

L'analyse de la matière lipidique par chromatographie en phase gazeuse a permis de distinguer l'existence de 18 pics d'acides gras dont cinq sont les plus représentés : acides palmitique, oléique, stéarique, myristique et caprique avec des taux respectifs de (24.41; 24.18 ; 10.84 ; 10.42 et 8.30%). Ces composés totalisent en moyenne 78.15% des acides gras totaux. Les AG saturés s'imposent par rapport aux AGI (69.64 vs 30.81%). Parmi les AGS, ceux dont la chaîne hydrocarbonée est supérieure ou égale à 14 carbones, sont majoritaires (68% des AGS totaux). Pour ce qui est des AGI, les monoinsaturés l'emportent sur les polyinsaturés (26.33 vs 4.48%). L'acide oléique prédomine avec un pourcentage moyen de l'ordre de 24.18%. Le cholestérol (teneur moyenne estimée à 362.55 mg/100g) se retrouve à des teneurs les plus élevées dans le lait de race *Rumbi*

les concentrations en divers acides gras des laits crus ovins analysés diffèrent d'une race à l'autre parfois significativement, il semble que le lait de la race *Ouled Djellal* est plus riche en acide gras à chaîne courte que la race *Rumbi* à l'exception de l'acide butyrique. Au contraire le lait de cette dernière est plus riche en acides gras à chaîne moyenne. Parmi les acides gras à chaîne longue seuls les acides stéarique et arachidique sont influencés par la race, le lait de la race *Rumbi* est plus riche en ces acides.

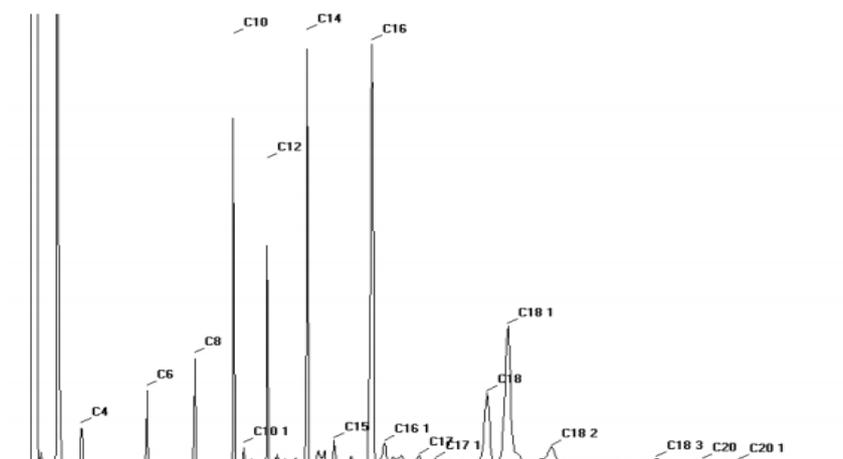
L'analyse de la variance à un seul facteur a montré l'effet de la parité sur la teneur en acides gras insaturés et en particulier les acides gras polyinsaturés. Le stade de lactation affecte beaucoup plus les AGS surtout ceux à chaîne moyenne (C12, C15 et C17), effet ressenti entre le début et le stade moyen de lactation. La saison affecte les acides à chaîne courte et à chaîne moyenne, cet effet est marqué notamment sur les AGS.

À l'issue de ce travail, il ressort que le lait de brebis de nos races locales, présentent des compositions intéressantes que les laits de brebis produits de par le monde, quoique, la quasi-totalité du lait produit est mal-exploité dans l'alimentation de notre consommateur, et qu'il n'existe aucune transformation technologique de ce type de lait dans ces régions, il est temps et il serait très souhaitable de promouvoir une industrie de transformation, il reste encore un long travail à faire en matière de sélection et amélioration de nos races plus particulièrement *Rumbi*, *Ouled Djellal* et *Taadmit* qui ont montré leur adaptation aux conditions rudes de nos régions.

The page features several blue lines: a vertical line on the left, a horizontal line at the top, a horizontal line at the bottom, and a vertical line on the right. A black crosshair is centered on the page. The word "Annexes" is written in a black, italicized serif font, positioned in the upper-middle section of the page.

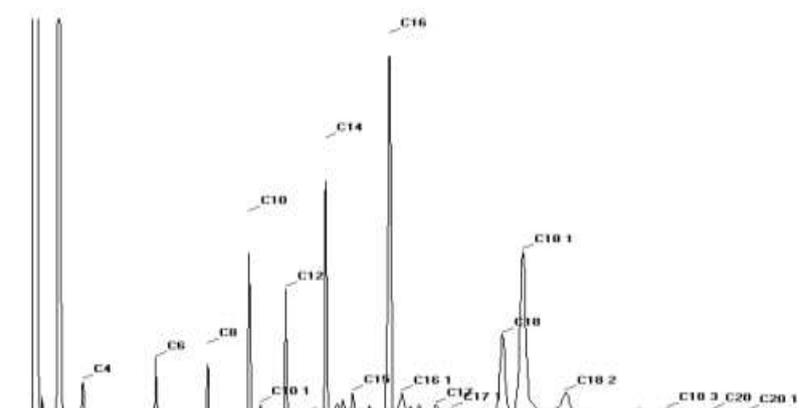
Annexes

Annexe 1 : Quelques chromatogrammes d'acides gras des laits crus individuels de brebis



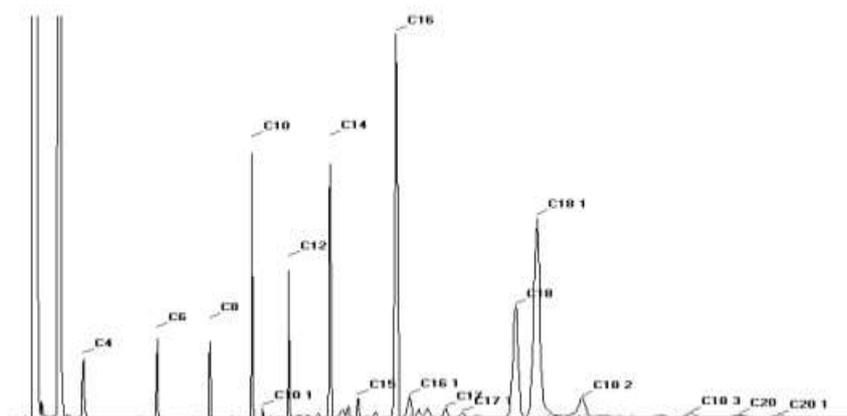
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	1.8090	2.90	3194531	mi
C6	2.0070	5.49	3544326	mi
C8	2.3806	7.37	4203980	mi
C10	9.1208	8.91	16106830	mi
C10 1	0.3769	9.30	665584	mi
C12	6.3766	10.24	11260820	mi
C14	15.0291	11.82	26540700	mi
C15	1.0043	12.88	1773598	mi
C16	26.8997	14.38	47503640	mi
C16 1	1.5494	14.87	2736083	mi
C17	0.5623	16.24	993027	mi
C17 1	0.2724	16.89	480995	mi
C18	8.3309	18.94	14711880	mi
C18 1	20.3014	19.76	35851230	mi
C18 2	2.9385	21.48	5189293	mi
C18 3	0.6065	25.63	1071054	mi
C20	0.3305	27.46	583651	mi
C20 1	0.1042	28.90	184023	mi

Chromatogramme n°01 : Race Ouled Djellal (OD)



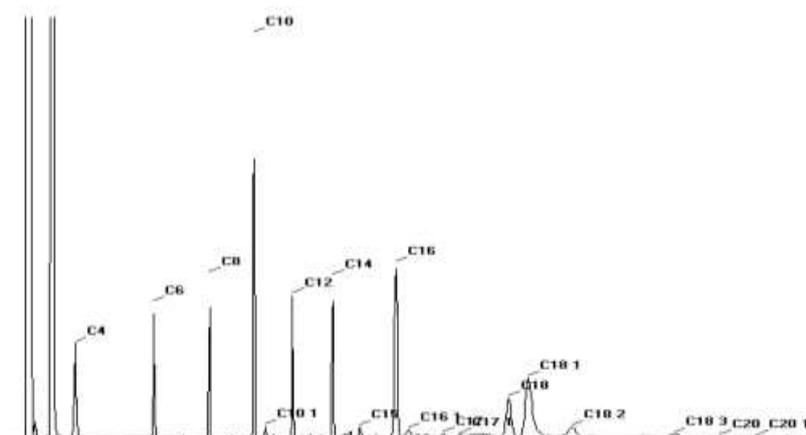
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	1.7519	2.65	2254621	mi
C6	1.8517	5.29	2383020	mi
C8	1.9131	7.17	2462003	mi
C10	5.4224	8.69	6978325	mi
C10 1	0.2557	9.08	329017	mi
C12	3.3220	10.01	4275257	mi
C14	10.8341	11.45	13942760	mi
C15	1.0843	12.42	1395422	mi
C16	27.5982	13.76	35517200	mi
C16 1	1.9146	14.21	2464018	mi
C17	0.7146	15.45	919647	mi
C17 1	0.3778	16.03	486226	mi
C18	10.6975	17.86	13767000	mi
C18 1	26.7025	18.60	34364490	mi
C18 2	4.0196	20.14	5173022	mi
C18 3	0.7500	23.85	965246	mi
C20	0.5767	25.52	742159	mi
C20 1	0.2131	26.77	274307	mi

Chromatogramme n°02 : Race Ouled Djellal (OD)



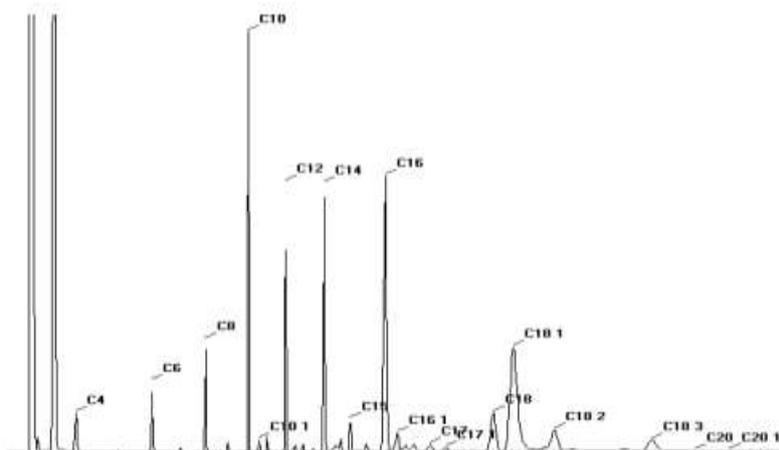
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	2.9140	2.68	3275046	mi
C6	2.4609	5.34	2765857	mi
C8	2.2708	7.24	2552205	mi
C10	6.1001	8.77	6855899	mi
C10 1	0.2353	9.16	264410	mi
C12	3.5008	10.10	3934582	mi
C14	9.3616	11.58	10521520	mi
C15	0.9162	12.59	1029747	mi
C16	23.5029	13.97	26414890	mi
C16 1	1.7514	14.45	1968455	mi
C17	0.7648	15.75	859605	mi
C17 1	0.3732	16.36	419393	mi
C18	13.0022	18.28	14613230	mi
C18 1	28.0853	19.05	31565130	mi
C18 2	3.4284	20.68	3853230	mi
C18 3	0.7322	24.58	822870	mi
C20	0.4673	26.34	525188	mi
C20 1	0.1324	27.74	148842	mi

Chromatogramme n°03 : Race Ouled Djellal (OD)



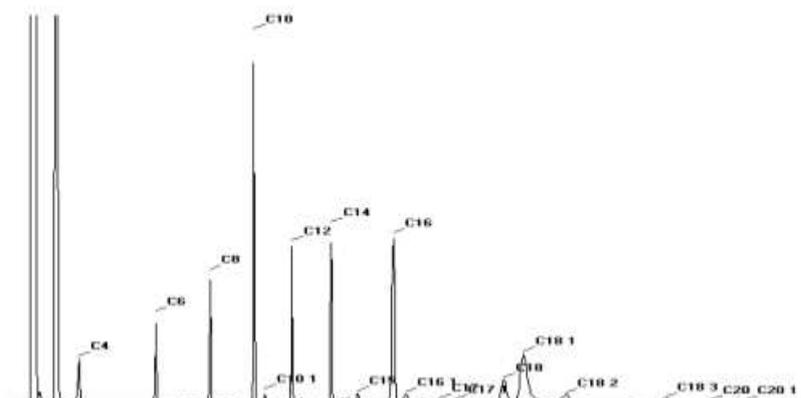
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	7.2098	2.47	4357310	mi
C6	6.9327	5.15	4189826	mi
C8	6.9477	7.05	4198885	mi
C10	16.3103	8.57	9857233	mi
C10 1	0.4900	8.96	296123	mi
C12	5.8454	9.88	3532703	mi
C14	9.2963	11.26	5618276	mi
C15	0.7730	12.19	467186	mi
C16	17.6195	13.41	10648440	mi
C16 1	1.1615	13.86	701942	mi
C17	0.4348	15.04	262775	mi
C17 1	0.1605	15.59	96988	mi
C18	7.4480	17.26	4501252	mi
C18 1	15.5908	17.93	9422431	mi
C18 2	2.7746	19.43	1676823	mi
C18 3	0.8315	22.90	502523	mi
C20	0.1172	24.46	70848	mi
C20 1	0.0565	25.72	34154	mi

Chromatogramme n°04 : Race Ouled Djellal (OD)



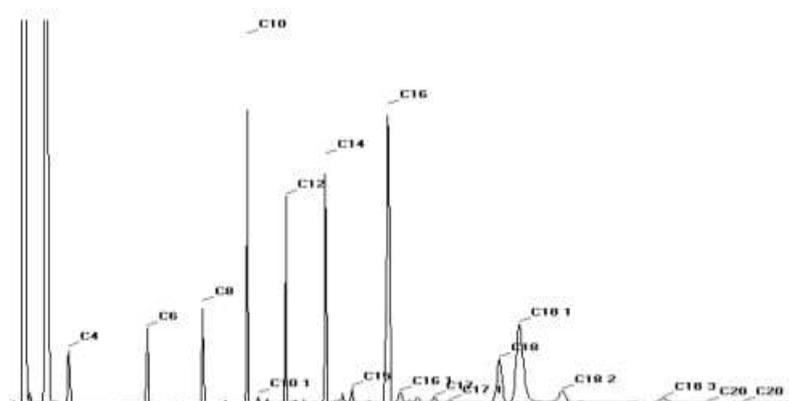
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	2.1063	2.44	2952538	mi
C6	2.6708	5.15	3743714	mi
C8	3.4458	7.05	4830202	mi
C10	12.2696	8.58	17198830	mi
C10 1	0.3345	8.97	468915	mi
C12	7.7741	9.90	10897320	mi
C14	11.1962	11.28	15694150	mi
C15	1.7213	12.21	2412790	mi
C16	20.5362	13.46	28786460	mi
C16 1	1.7847	13.88	2501643	mi
C17	0.6687	15.06	937365	mi
C17 1	0.3887	15.61	544853	mi
C18	5.4181	17.31	7594815	mi
C18 1	22.0054	18.01	30845940	mi
C18 2	4.2730	19.48	5989626	mi
C18 3	2.5731	22.95	3606883	mi
C20	0.1487	24.50	208378	mi
C20 1	0.1860	25.72	260770	mi

Chromatogramme n°05 : Race Ouled Djellal (OD)



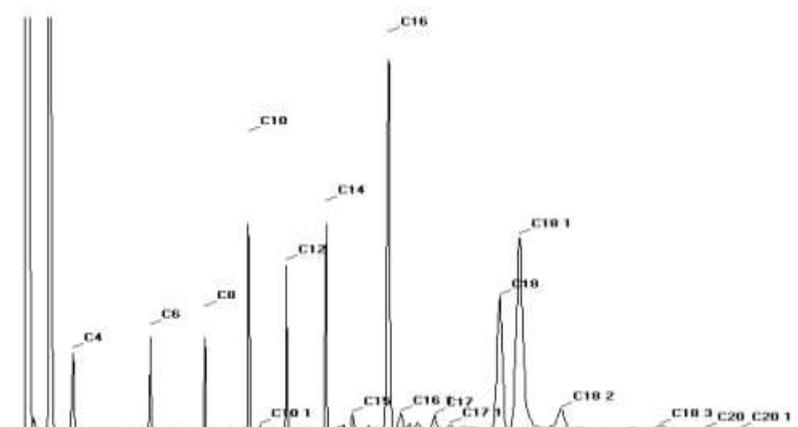
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	3.9178	2.46	3195628	mi
C6	5.3149	5.14	4335209	mi
C8	6.3822	7.04	5205824	mi
C10	17.2632	8.56	14081150	mi
C10 1	0.5496	8.95	448274	mi
C12	7.3673	9.88	6009308	mi
C14	11.7422	11.25	9577812	mi
C15	0.8285	12.18	675826	mi
C16	19.7368	13.42	16098820	mi
C16 1	1.3374	13.86	1090889	mi
C17	0.3558	15.03	290180	mi
C17 1	0.1989	15.58	162269	mi
C18	5.0414	17.27	4112123	mi
C18 1	15.8955	17.95	12965540	mi
C18 2	2.5903	19.44	2112858	mi
C18 3	1.2796	22.92	1043710	mi
C20	0.1148	24.48	93663	mi
C20 1	0.0839	25.68	68412	mi

Chromatogramme n°06 : Race Ouled Djellal (OD)



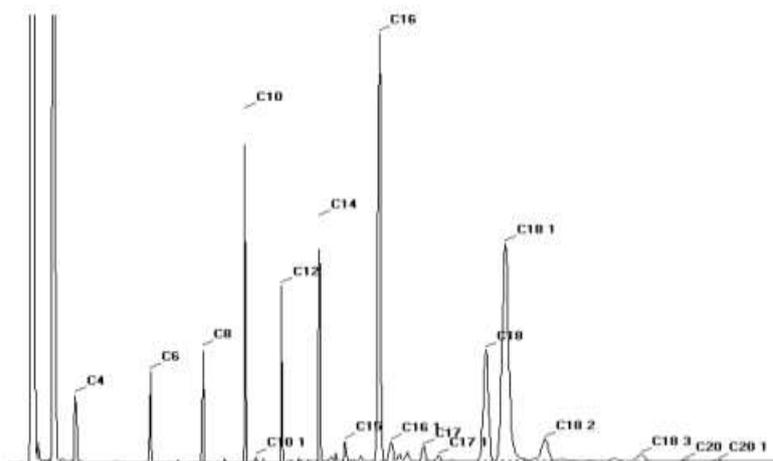
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	3.4072	2.40	4283616	mi
C6	3.2608	5.10	4099580	mi
C8	3.5769	7.01	4496882	mi
C10	12.3637	8.53	15543910	mi
C10 1	0.2897	8.92	364169	mi
C12	7.0326	9.85	8841518	mi
C14	11.7564	11.22	14780370	mi
C15	1.0031	12.13	1261079	mi
C16	25.5154	13.38	32078450	mi
C16 1	1.2579	13.79	1581494	mi
C17	0.6884	14.96	865506	mi
C17 1	0.2885	15.50	362662	mi
C18	7.2632	17.21	9131464	mi
C18 1	17.9439	17.88	22559430	mi
C18 2	2.8267	19.36	3553730	mi
C18 3	1.2764	22.83	1604678	mi
C20	0.1534	24.37	192824	mi
C20 1	0.0958	25.61	120380	mi

Chromatogramme n°07 : Race Ouled Djellal (OD)



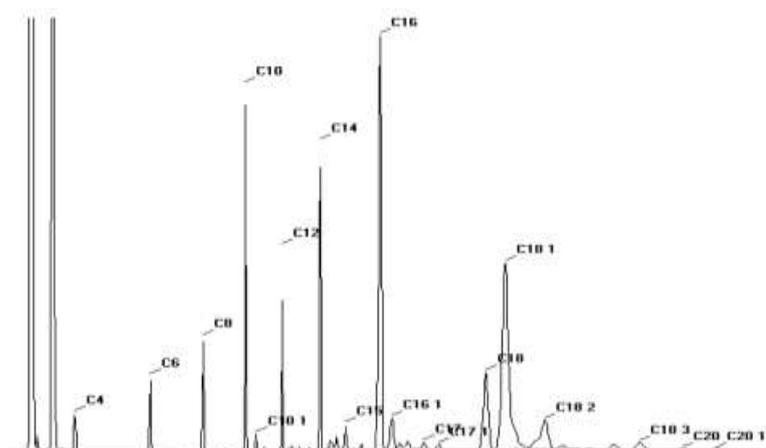
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	3.3801	2.45	4747930	mi
C6	2.9990	5.14	4212558	mi
C8	2.9084	7.04	4085338	mi
C10	6.6720	8.57	9371992	mi
C10 1	0.1209	8.95	169823	mi
C12	3.7302	9.88	5239700	mi
C14	7.3351	11.26	10303420	mi
C15	0.6999	12.19	983123	mi
C16	22.4882	13.44	31588670	mi
C16 1	1.3570	13.87	1906111	mi
C17	1.1351	15.04	1594427	mi
C17 1	0.3934	15.59	552569	mi
C18	14.7657	17.32	20740950	mi
C18 1	27.6848	18.00	38888230	mi
C18 2	3.3150	19.45	4656489	mi
C18 3	0.7943	22.91	1115775	mi
C20	0.1209	24.47	169863	mi
C20 1	0.1001	25.69	140632	mi

Chromatogramme n°08 : Race Ouled Djellal (OD)



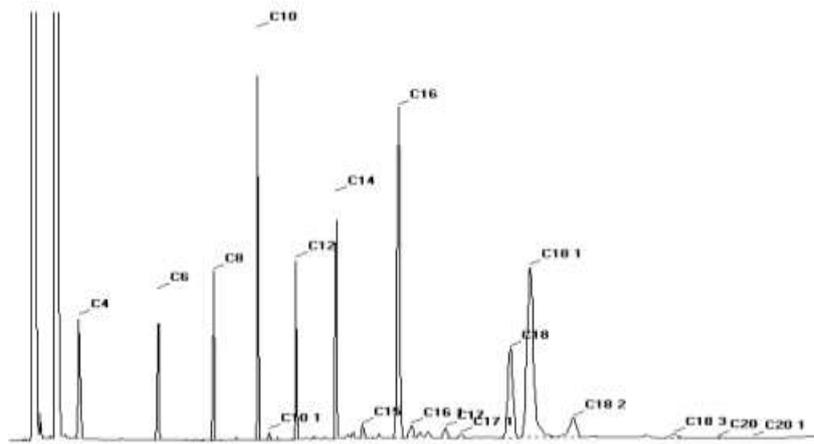
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	2.7453	2.42	3715455	mi
C6	2.5335	5.13	3428802	mi
C8	2.5870	7.04	3501234	mi
C10	7.4065	8.56	10023930	mi
C10 1	0.1379	8.95	186691	mi
C12	3.7552	9.88	5082303	mi
C14	7.4749	11.26	10116460	mi
C15	0.8386	12.18	1134901	mi
C16	23.5948	13.43	31932940	mi
C16 1	1.4873	13.86	2012923	mi
C17	1.1163	15.03	1510849	mi
C17 1	0.4588	15.58	620882	mi
C18	11.5838	17.29	15677480	mi
C18 1	29.6698	18.00	40154880	mi
C18 2	3.2470	19.44	4394481	mi
C18 3	1.1113	22.90	1503978	mi
C20	0.1156	24.47	156432	mi
C20 1	0.1364	25.69	184565	mi

Chromatogramme n°09 : Race Ouled Djellal (OD)



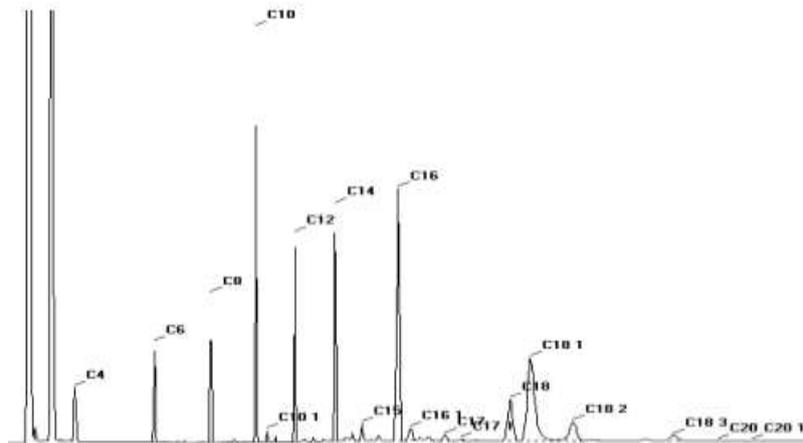
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	1.5314	2.42	2667480	mi
C6	2.1168	5.12	3687250	mi
C8	2.6459	7.03	4608729	mi
C10	8.0669	8.54	14051470	mi
C10 1	0.3788	8.93	659797	mi
C12	4.4992	9.86	7837064	mi
C14	9.7143	11.23	16921070	mi
C15	1.0865	12.15	1892569	mi
C16	23.4918	13.39	40919730	mi
C16 1	2.3941	13.81	4170229	mi
C17	0.5989	14.95	1043284	mi
C17 1	0.4827	15.49	840767	mi
C18	8.3111	17.18	14476910	mi
C18 1	27.7151	17.88	48276080	mi
C18 2	5.3451	19.30	9310516	mi
C18 3	1.2392	22.70	2158452	mi
C20	0.2064	24.23	359518	mi
C20 1	0.1758	25.45	306177	RS

Chromatogramme n°10 : Race Ouled Djellal (OD)



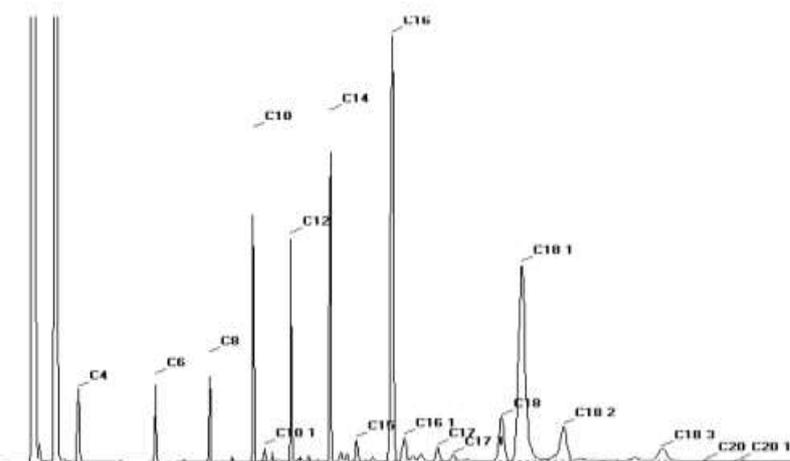
Peak Number #	Area %	Ret. Time	Area	BC
C4	5.5499	2.38	4381957	mi
C6	4.6978	5.12	3709171	mi
C8	4.3116	7.03	3404236	mi
C10	10.0000	8.56	7895592	mi
C10 1	0.2120	8.95	167419	mi
C12	4.3908	9.88	3466802	mi
C14	8.3836	11.26	6619366	mi
C15	0.5973	12.19	471622	mi
C16	20.1086	13.43	15876890	mi
C16 1	1.1197	13.88	884083	mi
C17	0.8177	15.05	645618	mi
C17 1	0.3370	15.59	266044	mi
C18	10.4312	17.29	8236045	mi
C18 1	24.8677	17.98	19634500	mi
C18 2	3.3753	19.46	2664993	mi
C18 3	0.6190	22.94	488732	mi
C20	0.1031	24.49	81366	mi
C20 1	0.0776	25.68	61300	mi

Chromatogramme n°11 : Race Ouled Djellal (OD)



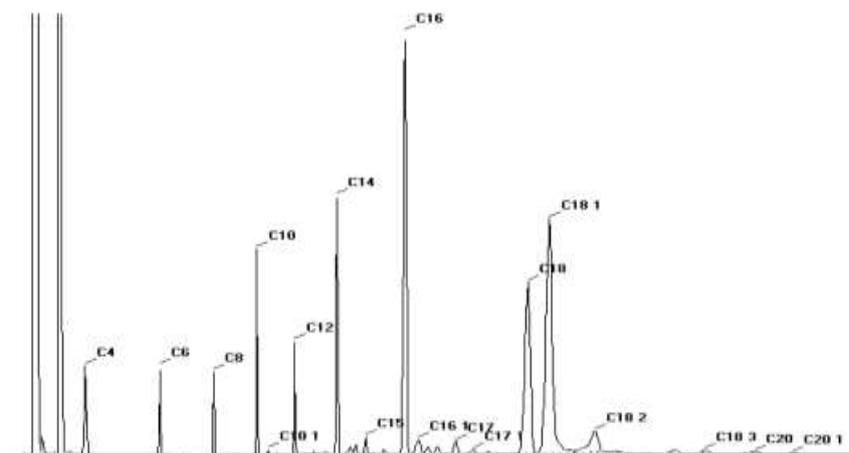
Peak Number #	Area %	Ret. Time	Area	BC
C4	3.2984	2.41	3402383	mi
C6	4.1903	5.11	4322393	mi
C8	5.1008	7.01	5261512	mi
C10	13.5828	8.54	14010880	mi
C10 1	0.3824	8.93	394465	mi
C12	6.8240	9.86	7039037	mi
C14	10.9348	11.22	11279440	mi
C15	1.0633	12.14	1096762	mi
C16	20.8349	13.36	21491490	mi
C16 1	1.4486	13.78	1494201	mi
C17	0.6595	14.95	680258	mi
C17 1	0.2269	15.49	234002	mi
C18	6.4700	17.16	6673931	mi
C18 1	19.2238	17.84	19829570	mi
C18 2	4.1486	19.29	4279378	mi
C18 3	1.3265	22.68	1368332	mi
C20	0.1252	24.20	129129	mi
C20 1	0.1593	25.35	164282	mi

Chromatogramme n°12 : Race Ouled Djellal (OD)



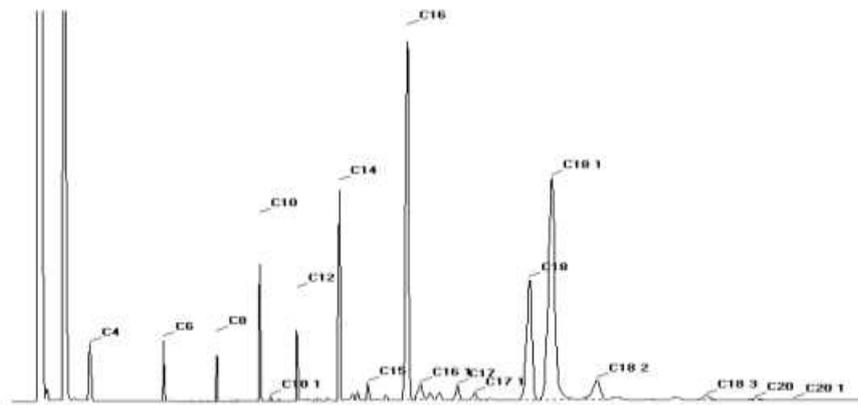
Peak Number #	Area %	Ret. Time	Area	BC
C4	3.0848	2.44	3949651	mi
C6	2.4362	5.14	3119282	mi
C8	2.4938	7.04	3192945	mi
C10	7.2418	8.56	9272181	mi
C10 1	0.3130	8.95	400703	mi
C12	4.9052	9.88	6280465	mi
C14	10.9461	11.26	14015170	mi
C15	0.9293	12.18	1189839	mi
C16	24.2807	13.43	31088470	mi
C16 1	1.8928	13.85	2423501	mi
C17	1.0620	15.02	1359702	mi
C17 1	0.5390	15.57	690114	mi
C18	4.6846	17.26	5998112	mi
C18 1	27.6561	17.97	35410240	mi
C18 2	5.1372	19.43	6577544	mi
C18 3	2.1590	22.89	2764345	mi
C20	0.1051	24.42	134588	mi
C20 1	0.1336	25.62	171010	mi

Chromatogramme n°13 : Race Ouled Djellal (OD)



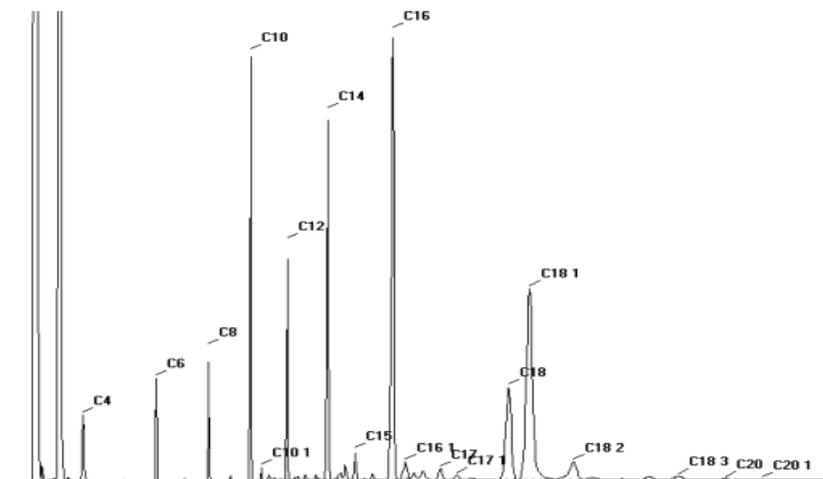
Peak Number #	Area %	Ret. Time	Area	BC
C4	3.6631	2.73	4442954	mi
C6	2.1818	5.36	2646232	mi
C8	1.7167	7.25	2082184	mi
C10	3.9631	8.77	4806742	mi
C10 1	0.1128	9.17	136863	mi
C12	2.1921	10.10	2658806	mi
C14	7.7582	11.59	9409770	mi
C15	0.6766	12.60	820580	mi
C16	22.7959	13.99	27648750	mi
C16 1	1.2172	14.46	1476324	mi
C17	0.8782	15.76	1065134	mi
C17 1	0.3312	16.37	401758	mi
C18	17.9626	18.31	21786480	mi
C18 1	29.4844	19.07	35761100	mi
C18 2	4.1142	20.67	4989982	mi
C18 3	0.5422	24.53	657632	mi
C20	0.3298	26.30	399973	mi
C20 1	0.0800	27.64	96986	mi

Chromatogramme n°14 : Race Rumbi (R)



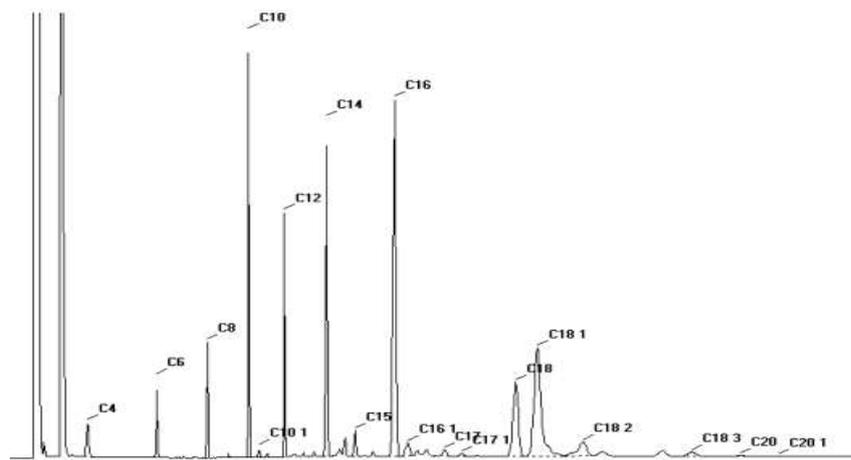
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	2.7360	2.75	4185693	mi
C6	1.7542	5.38	2683690	mi
C8	1.5903	7.27	2432900	mi
C10	4.1028	8.79	6276883	mi
C10 1	0.1030	9.18	157544	mi
C12	2.4023	10.12	3675314	mi
C14	7.4781	11.62	11440560	mi
C15	0.7875	12.64	1204718	mi
C16	23.4741	14.04	35912660	mi
C16 1	1.6501	14.51	2524515	mi
C17	1.2188	15.82	1864627	mi
C17 1	0.6481	16.43	991567	mi
C18	14.6607	18.38	22429190	mi
C18 1	32.8768	19.18	50297640	mi
C18 2	3.3717	20.78	5158352	mi
C18 3	0.7478	24.68	1144044	mi
C20	0.2946	26.41	450742	mi
C20 1	0.1032	27.78	157872	mi

Chromatogramme n°15 : Race Rumbi (R)



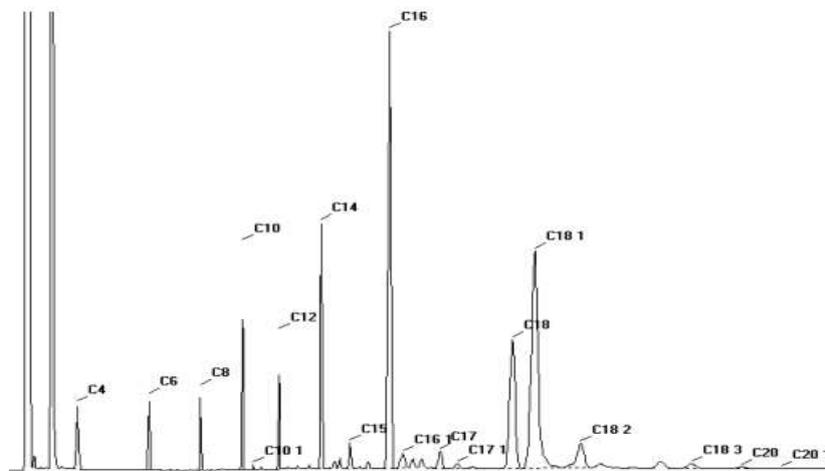
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	2.7519	2.67	3907489	mi
C6	2.6195	5.32	3719446	mi
C8	2.8653	7.21	4068465	mi
C10	8.6026	8.74	12215090	mi
C10 1	0.2692	9.13	382229	mi
C12	4.8183	10.06	6841691	mi
C14	11.2918	11.53	16033540	mi
C15	1.1876	12.53	1686311	mi
C16	25.0940	13.89	35631750	mi
C16 1	1.3415	14.35	1904820	mi
C17	0.8098	15.62	1149902	mi
C17 1	0.3947	16.22	560458	mi
C18	9.8746	18.09	14021210	mi
C18 1	24.3372	18.85	34557170	mi
C18 2	2.7899	20.43	3961521	mi
C18 3	0.6327	24.24	898450	mi
C20	0.2224	25.95	315825	mi
C20 1	0.0970	27.29	137690	mi

Chromatogramme n°16 : Race Rumbi (R)



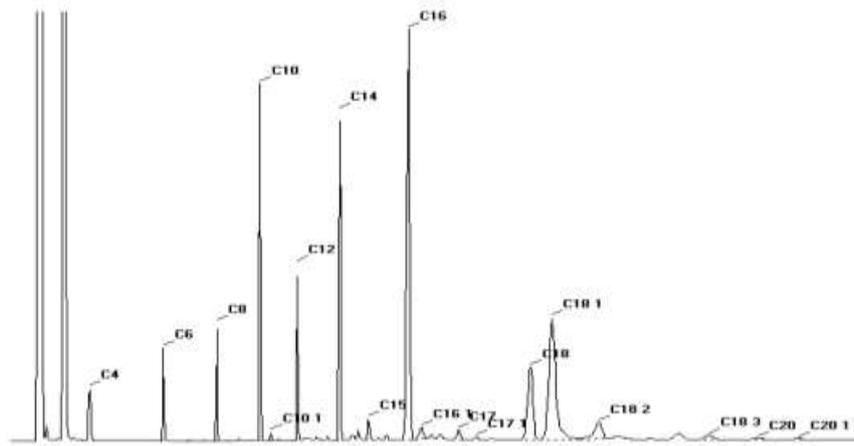
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	1.9809	2.93	2408171	mi
C6	2.4416	5.50	2968228	mi
C8	2.9173	7.38	3546422	mi
C10	10.3797	8.90	12618250	mi
C10 1	0.2590	9.30	314852	mi
C12	5.8193	10.23	7074346	mi
C14	13.2240	11.79	16076000	mi
C15	1.3396	12.86	1628513	mi
C16	25.2862	14.32	30739690	mi
C16 1	1.4059	14.82	1709144	RS
C17	0.5847	16.18	710770	RS
C17 1	0.3069	16.82	373061	mi
C18	9.7895	18.82	11900850	mi
C18 1	19.8387	19.62	24117400	mi
C18 2	3.1241	21.31	3797891	mi
C18 3	0.9260	25.36	1125727	mi
C20	0.2458	27.16	298756	mi
C20 1	0.1309	28.57	159148	mi

Chromatogramme n°17: Race Rumbi (R)



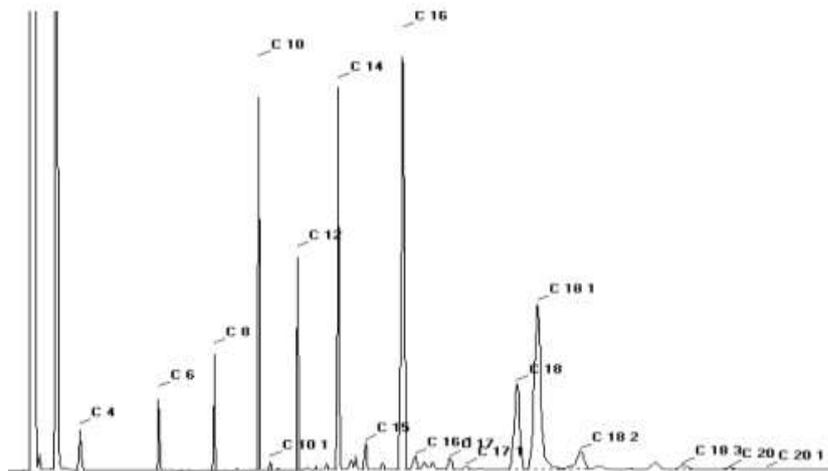
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	2.8280	2.83	3822134	mi
C6	1.8350	5.44	2480095	mi
C8	1.6966	7.32	2293051	mi
C10	4.4820	8.85	6057592	mi
C10 1	0.1122	9.24	151635	mi
C12	2.7274	10.18	3686161	mi
C14	7.6558	11.71	10347090	mi
C15	1.0625	12.77	1435984	mi
C16	25.3237	14.21	34225950	mi
C16 1	1.2828	14.70	1733731	mi
C17	1.3094	16.05	1769760	mi
C17 1	0.4267	16.69	576692	mi
C18	14.3789	18.69	19433590	mi
C18 1	29.7248	19.50	40174250	mi
C18 2	3.8624	21.18	5220139	mi
C18 3	0.8367	25.21	1130833	mi
C20	0.3284	27.04	443910	mi
C20 1	0.1268	28.48	171351	mi

Chromatogramme n°18: Race Rumbi (R)



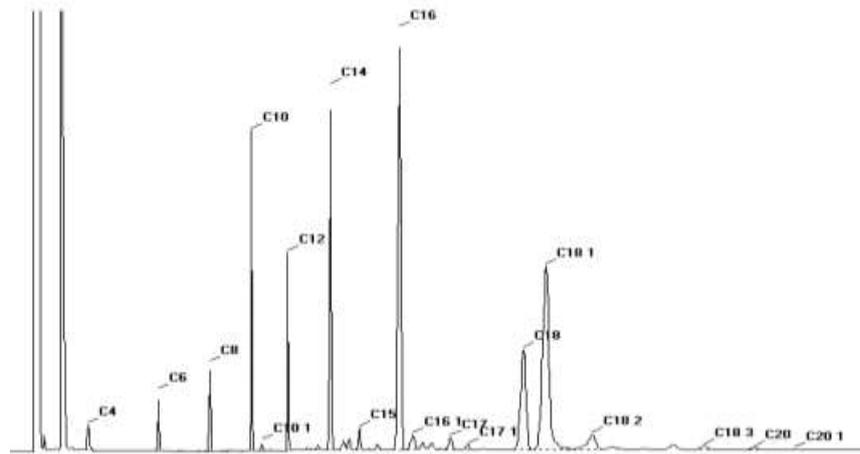
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C4	2.7523	2.77	3883539	mi
C6	2.8311	5.39	3994776	mi
C8	2.9768	7.28	4200328	mi
C10	8.5750	8.81	12099660	mi
C10 1	0.2082	9.19	293707	mi
C12	4.1838	10.13	5903443	mi
C14	12.3358	11.63	17406280	mi
C15	1.0548	12.65	1488330	mi
C16	28.2689	14.06	39888400	mi
C16 1	1.2544	14.53	1770055	mi
C17	0.8733	15.84	1232194	mi
C17 1	0.2887	16.46	407384	mi
C18	9.3145	18.37	13143060	mi
C18 1	20.5120	19.14	28943090	mi
C18 2	3.2003	20.79	4515687	mi
C18 3	0.8717	24.70	1229984	mi
C20	0.2853	26.43	402571	mi
C20 1	0.2132	27.86	300814	mi

Chromatogramme n°19: Race Rumbi (R)



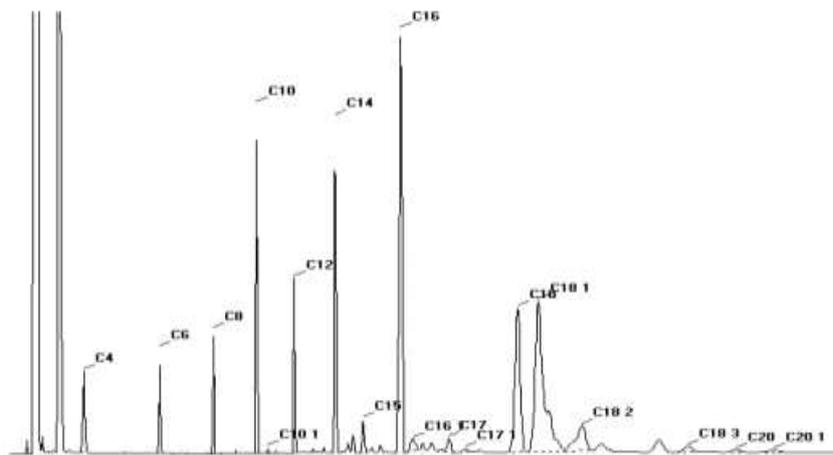
Peak Number #	Area %	Ret.Time	Area	BC
C 4	1.8979	2.49	2859123	mi
C 6	2.3721	5.17	3573363	mi
C 8	2.9527	7.07	4448023	mi
C 10	9.1779	8.59	13825980	mi
C 10 1	0.2703	8.98	407190	mi
C 12	4.9758	9.91	7495700	mi
C 14	12.7035	11.30	19137040	mi
C 15	1.1963	12.23	1802177	mi
C 16	25.8405	13.51	38927070	mi
C 16 1	1.1259	13.93	1696112	mi
C 17	0.8404	15.11	1265976	mi
C 17 1	0.3374	15.66	508215	mi
C 18	9.6449	17.40	14529420	mi
C 18 1	22.4232	18.10	33779090	mi
C 18 2	2.9222	19.56	4402102	mi
C 18 3	0.8128	23.06	1224465	mi
C 20	0.3684	24.66	555036	mi
C 20 1	0.1378	25.91	207561	mi

Chromatogramme n°20: Race Rumbi (R)



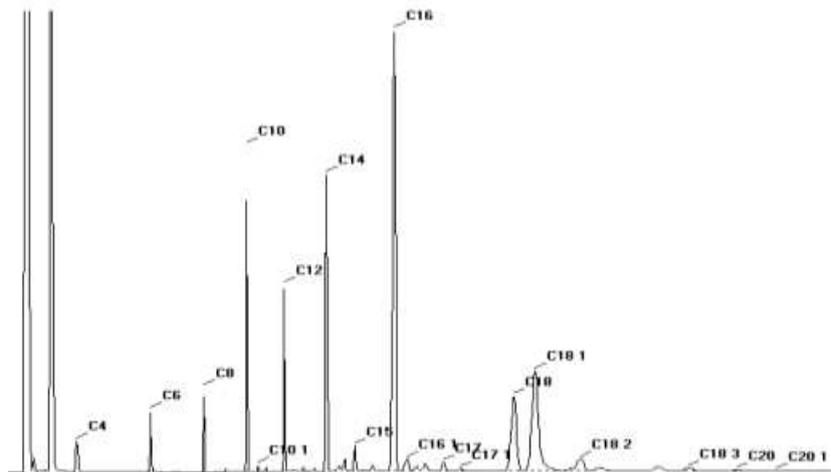
Peak Number #	Area %	Ret. Time	Area	BC
C4	1.2474	2.91	1826498	mi
C6	1.5668	5.49	2294248	mi
C8	1.9477	7.37	2851966	mi
C10	6.6946	8.90	9802872	mi
C10 1	0.1917	9.29	280656	mi
C12	4.1154	10.23	6026116	mi
C14	12.3727	11.79	18117270	mi
C15	0.9853	12.85	1442707	mi
C16	26.0632	14.33	38164080	mi
C16 1	1.3309	14.82	1948759	mi
C17	0.9547	16.19	1397990	mi
C17 1	0.4264	16.83	624352	mi
C18	11.9755	18.87	17535590	mi
C18 1	26.2180	19.69	38390730	mi
C18 2	2.7361	21.39	4006504	mi
C18 3	0.6821	25.48	998848	mi
C20	0.3782	27.32	553797	mi
C20 1	0.1134	28.80	165993	mi

Chromatogramme n°21: Race Rumbi (R)



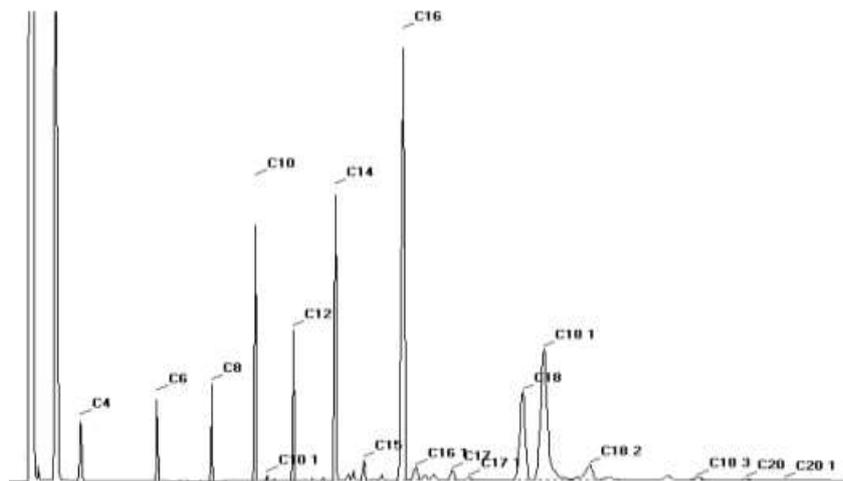
Peak Number #	Area %	Ret. Time	Area	BC
C4	3.1859	2.60	4124984	mi
C6	2.5733	5.27	3331755	mi
C8	2.4970	7.16	3233068	mi
C10	6.7724	8.69	8768675	mi
C10 1	0.1054	9.08	136531	mi
C12	3.4202	10.01	4428323	mi
C14	9.8198	11.45	12714220	mi
C15	1.2648	12.43	1637597	mi
C16	22.1072	13.75	28623410	mi
C16 1	1.1223	14.19	1453060	mi
C17	0.8898	15.45	1152127	mi
C17 1	0.2545	16.03	329504	mi
C18	14.3823	17.88	18621580	mi
C18 1	25.4334	18.60	32930050	mi
C18 2	4.6326	20.13	5998138	mi
C18 3	0.8843	23.85	1144937	mi
C20	0.3495	25.54	452485	mi
C20 1	0.3053	26.87	395306	mi

Chromatogramme n°22: Race Rumbi (R)



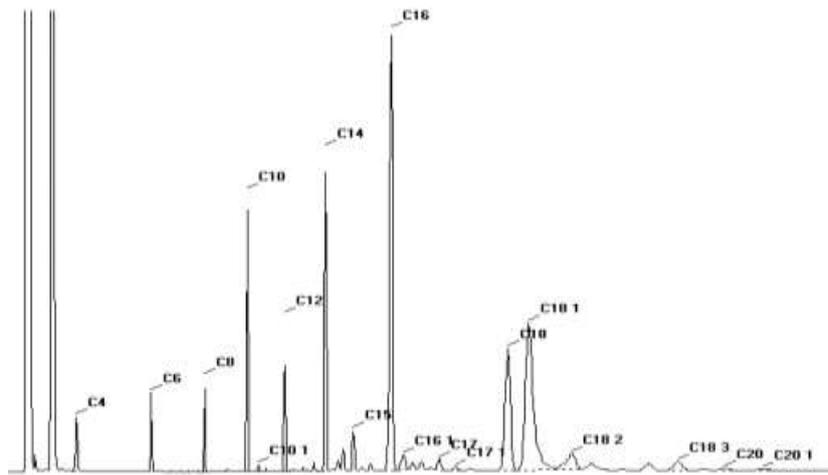
Peak Number #	Area %	Ret. Time	Area	BC
C4	1.7442	2.76	2354348	mi
C6	2.0409	5.38	2754736	mi
C8	2.3331	7.26	3149246	mi
C10	8.4020	8.78	11340930	mi
C10 1	0.1873	9.17	252845	mi
C12	4.8459	10.11	6540904	mi
C14	12.0215	11.59	16226390	mi
C15	1.3526	12.60	1825690	mi
C16	32.8918	14.00	44396900	mi
C16 1	1.2870	14.46	1737194	mi
C17	0.8351	15.74	1127177	mi
C17 1	0.2561	16.34	345683	mi
C18	10.2883	18.23	13886980	mi
C18 1	17.8738	18.98	24125800	mi
C18 2	2.4290	20.59	3278606	mi
C18 3	0.7288	24.41	983677	mi
C20	0.2818	26.12	380357	mi
C20 1	0.2008	27.52	271076	mi

Chromatogramme n°23: Race Rumbi (R)



Peak Number #	Area %	Ret. Time	Area	BC
C4	3.0789	2.64	4678308	mi
C6	2.6671	5.30	4052667	mi
C8	2.4886	7.19	3781390	mi
C10	7.2555	8.72	11024660	mi
C10 1	0.1734	9.11	263407	mi
C12	3.5983	10.04	5467536	mi
C14	10.6803	11.50	16228590	mi
C15	1.0242	12.49	1556279	mi
C16	30.6523	13.86	46575820	mi
C16 1	1.2446	14.30	1891152	mi
C17	0.9010	15.56	1369123	mi
C17 1	0.3054	16.15	464033	mi
C18	11.0607	18.02	16806610	mi
C18 1	20.9784	18.75	31876540	mi
C18 2	2.8316	20.34	4302560	mi
C18 3	0.6024	24.09	915360	mi
C20	0.3055	25.79	464265	mi
C20 1	0.1518	27.12	230719	mi

Chromatogramme n°24: Race Rumbi (R)



Peak Number #	Area %	Ret. Time	Area	BC
C4	2.4393	2.64	3534683	mi
C6	2.1270	5.29	3082126	mi
C8	2.1273	7.18	3082638	mi
C10	5.9694	8.70	8650018	mi
C10 1	0.1419	9.09	205684	mi
C12	3.2894	10.02	4766604	mi
C14	10.4580	11.47	15154370	mi
C15	1.7280	12.46	2504007	mi
C16	25.7409	13.80	37300420	mi
C16 1	1.3264	14.24	1921985	mi
C17	0.8239	15.51	1193833	mi
C17 1	0.3323	16.09	481526	mi
C18	13.4719	17.95	19521710	mi
C18 1	24.7843	18.68	35914170	mi
C18 2	3.1207	20.21	4522058	mi
C18 3	1.4927	23.97	2163013	mi
C20	0.3728	25.63	540207	mi
C20 1	0.2540	26.99	368130	mi

Chromatogramme n°25: Race Rumbi

Annexe 2 : Appareillages et matériel utilisés

- 01-** Agitateur magnétique chauffant CB 162
- 02-** Agitateur vortex ISA70 Stuart
- 03-** Bain Marie MEMMERT, Allemagne
- 04-** Centrifugeuse 15000 g Modèle Sigma
- 05-** Chromatographe de marque : Thermo Finnigan-GC trace.
- 06-** Etuve MEMMERT, Allemagne
- 07-** Lactoscan, SLC de Milkotronic ltd, Bulgarie
- 08-** Nacelles en verre appropriées à la prise d'essai
- 09-** pH-mètre (Hanna Model Hi 9124)
- 10-** Réfrigèrent à reflux avec rodage en verre adaptable à la fiole conique
- 11-** Spectrophotomètre UV. Visible BECKMAN DU 520

Références bibliographiques

1. **ABD ALLAH M., ABBAS S. F., et ALLAM F. M. 2011.** Factors affecting the milk yield and composition of Rahmani and Chios sheep. *International Journal of Livestock Production*, 2(3), 24-30.
2. **ABOUTAYEB R., 2009.** Technologie du lait et dérivés laitiers <http://www.azaquar.com>.
3. **ABRAHAMSE P. A., J. DIJKSTRA., B. VLAEMINCK and S. TAMMINGA, 2008.** Frequent allocation of rotationally grazed dairy cows changes grazing behavior and improves productivity. *J. Dairy Sci.* **91**:2033-2045.
4. **ABUGHAZALEH A. A., D. J. SCHINGOETHE, A. R. HIPPEN and K. F. KALSCHUR. 2003.** Conjugated linoleic acid and vaccenic acid in rumen, plasma, and milk of cows fed fish oil and fats differing in saturation of 18 carbon fatty acids. *J. Dairy Sci.* **86**:3648-3660.
5. **ADLOF R.O. 1994.** Separation of cis and trans unsaturated fatty acid methyl esters by silver ion high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr. A* **659**:95-99.
6. **AFSSA, 2005.** Synthèse du rapport : Risques et bénéfices pour la santé des AG trans apportés par les aliments - Recommandations. Page 43.
7. **AFSSA, 2010,** Avis du 1^{er} mars 2010 relatif à l'actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras., page 10.
8. **AILHAUD G., F. MASSIERA., P. WEIL., P. LEGRAND., J. M. ALESSANDRI and P. GUESNET. 2006.** Temporal changes in dietary fats: Role of n-6 polyunsaturated fatty acids in excessive adipose tissue development and relationship to obesity. *Prog. Lipid Res* **45**: 203-236.
9. **ALAIS, C., 1984,** Science du lait- principes des techniques laitières – Editions Sépaic, 4^{ème} éd.814p. Paris.
10. **AMIOT J., FOURNIER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R. 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyses du lait. In : « Science et technologie du lait » Ed. Presses internationales Polytechnique de Montréal. ISBN:3-25-29 (600 pages). Canada.
11. **ANGERS P., F. DESTAILLATS et J. M. G. GALVEZ, INVENTORS. 2004.** New conjugated Linolenic acids and methods for commercial preparation, purification and uses. Université de Laval, assignee. Canada Brevet. No. CA 2 396 840 A1.
12. **ANONYME, 2003.** Rapport National sur les ressources génétiques Animales, Algérie, Commission Nationale AnGR, Ministère d'agriculture et de développement rural, Algérie.
13. **ANONYME, 2007.** Le marché des produits laitiers, carnés et avicoles en 2007. Ovin /monde <http://www.office-elevage.fr/publications/marche2007/ovins/ov-resume.pdf>.
14. **ANONYME, 2012.** Profil de projet d'investissement bancable, appui au développement de la filière ovine avec installation d'un abattoir aux normes internationales dans la wilaya de Djelfa. Appui à la mise en œuvre du NEPAD-PDDAA. TCP/ALG 3102(i). Volume V de V. Rapport NEPAD/FAO, page 34.
15. **ARMAND, M. 2008.** Milk fat digestibility. *Sci. Aliments* **28** :84-98.

16. **ASSENAT L. 1985.** Le lait de brebis. Composition et propriétés; In:« Lait et produits laitiers. 1. Les laits de la mamelle à la laiterie ». Ed. Tech. et doc. Lavoisier, Paris, 656 pages .
17. **BAER, D. J. 2010.** New findings on dairy trans fat and heart disease risk. IDF World Dairy Summit.
18. **BALTADJIEVA M., VEINOGLU B., KANDARAKIS J., EDGARYAN M. et STAMENOVRA V. 1982.** La composition du lait de brebis de la région de la Plovdiv en Bulgarie et d'Ioannina en Grec. *Le lait*, **62**, 191-201.
19. **BARBOSA E., OLIVEIRA C., CASAL S., OLIVEIRA B., ARRANZ J. J., DE LA FUENTE L. F., SAN PRIMITIVO Y. F. 2007.** Effect of breed on fatty acids content in sheep milk. *Arch. Zootec.* **56** (1), 681-686
20. **BARGO, F., J.E. DELAHOY, G. F. SCHROEDER and L. D. MULLER. 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.
21. **BARGO, F., L. D. MULLER, J. E. DELAHOY and T. W. CASSIDY. 2002.** Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances .*J. Dairy Sci.* .85:1777-1792.
22. **BARLOWSKA J., SZWAJKOWSKA M., LITWINCZUKA Z., and KROL J. 2011.** Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **10**, 291-302.
23. **BAUMAN, D. E et A. LOCK, 2006.** Conjugated linoleic acid: Biosynthesis and nutritional significance, pages 93-136 in *Advanced dairy chemistry. Vol. 3rd edition, vol. 2 Lipids.* P. F. Fox et P. L. H. Mc Sweeney, ed. Springer, New York.
24. **BAUMAN, D. E., et J. M. GRIINARI., 2003.** Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev.Nutr.*23:203-227.
25. **BEN AISSA R., 2001,** Ministre délégué au développement rural, rencontre avec les éleveurs de la steppe Algérienne. In DAGHNOUCHE K.2011.étude de certains paramètres zootechniques et du métabolisme énergétique de la brebis dans les régions aride (Biskra), thèse Doctorat-Batna.
26. **BENCINI, R. 2001.** Factors Affecting the Quality of Ewe's Milk in Proc. 7th Great Lakes Dairy Sheep Symposium.Eau Claire, Wisconsin, USA: 52-83.
27. **BERGER Y., BILLON P., BOCQUIER F., CAJA G., CANNAS A., MCKUSICK B., MARNET, P-G., THOMAS, D.2004 .**Principles of sheep dairying in North America. Cooperative Extension Publishing, 432 N. Lake St., Rm. 103, Madison, WI 53706.151p.
28. **BERGMAN, E. N. 1990.** Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiol. Rev.* .70:567-590
29. **BERNARD, L., C. LEROUX and Y. CHILLIARD. 2008.** Expression and nutritional regulation of lipogenic genes in the ruminant lactating mammary gland, pages 67-108 in *Bioactive Components of Milk .Vol .606 .*Springer–Verlag Berlin, Berlin .
30. **BIANCHI L., BOLLA A., BUDELLI E., CAROLI A., CASOLI C, PAUSELLI M., DURANTI E. 2004.** Effect of udder health status and lactation phase on the characteristics of Sardinian ewe milk. *Journal of Dairy Science*, **87**, 2401-2408.

31. **BIONDI L., VALVO M. A., DI GLORIA M., SCINARDO TENGGI E., GALOFARO V., PRIOLO A. 2008.** Changes in ewe milk fatty acids following turning out to pasture. *Small Ruminant Research*, **75**, 17-23.
32. **BLIGH, E. G., and W. J. Dyer. 1959.** A rapid method of total lipid extraction and purification *Can. J. Biochem. Physiol.* **37**:911-917.
33. **BOCQUIER F. et CAJA G. 2001.** Production et composition du lait de brebis: effets de l'alimentation. *INRA Prod. Anim.* **14** (2), 129-140.
34. **BOCQUIER F., LIGIOS S., CASU S. 1997.** Effet de la photopériode sur la production, la composition du lait et sur les consommations volontaires chez la brebis laitière. *Ann. Zootech.*, **46**, 427-438.
35. **BOURGUIGNON, A. 2006.** La rentabilité de l'élevage ovin et comparaison de deux techniques d'élevage. Mémoire ingénieur en agronomie (Institut Supérieur Industriel HUY-GEMBOUX), page 109.
36. **BOUTONNIER J. L. et DUNANT Cl. 1990.** Crèmes, beurres et autres produits issus de la matière grasse ; in : « laits et produits laitiers vache-brebis-chèvre 2. Les produits laitiers, technologie et transformation » Ed. Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
37. **BOVERA F., CUTRIGNELLI M.I., SCHETTINI R., DI LELLA T. 2003.** Effects of non-structural carbohydrate levels of diet on milk yield of primiparous Sarda ewes. *Italian Journal of Animal Science*, **2** (suppl.), 521-523.
38. **BROUWER I. A., A. J. WANDERS and M. B. KATAN. 2010.** Effect of animal and industrial trans fatty acids on HDL and LDL cholesterol levels in humans – a quantitative review. *PLoS ONE* e 9434.
39. **BYLUND G., 1995.** Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S-221 86, Lund, Sweden: **18-23-381** (436 pages).
40. **CARRAPISO A. I. and C. GARCIA. 2000.** Development in lipid analysis: Some new extraction techniques and in situ trans esterification. *Lipids* **35**:1167-1177.
41. **CARTA A., CASU S., USAI M. G., ADDIS M., FIORI M., FRAGHI A., MIARI S., MURA L., PIREDDA G., SCIBLER L., SECHI T., ELSEN J.M., BARILLET F. (2008).** Investigating the genetic component of fatty acid content in sheep milk. *Small Ruminant Research*, **79**, 22-28.
42. **CASOLI C., DURANTI E., MORBIDINI L., PANELLA F., VIZIOLI V. 1989.** Quantitative and compositional variations of Massese sheep milk by parity and stage of lactation. *Small Ruminant Research*, **2**, 47-62.
43. **CASTRO T., MANSO T., JIMENO V., DEL ALAMO M. ETMANTECON 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.
44. **CHAMBON M. 1992.** Matière grasse laitière ; in : « Manuel des corps gras » Ed. Tec et Doc., Lavoisier, Paris.
45. **CHARDIGNY J. M., F. DESTAILLATS, C. MALPUECH-BRUGERE, J. MOULIN, D. E. BAUMAN, A. L. LOCK, D. M. BARBANO, R. P. MENSINK, J. B. BEZELGUES, P. CHAUMONT, N. COMBE, I. CRISTIANI, F. JOFFRE, J. B. GERMAN, F. DIONISI, Y. BOIRIE ET J. L. SEBEDIO. 2008.** Do trans fatty acids from industrially produced sources and from natural sources have the same effect on cardiovascular disease risk factors in healthy subjects? Results of the trans Fatty Acids Collaboration (TRANSFACT) study. *Am. J. Clin. Nutr.* **87**:558-566.

46. **CHELLIG, 1992**, Les races ovines Algériennes, Ed. office de publications universitaire, Alger, Algérie.
47. **CHILLIARD Y, SAUVANT D, 1987**. La sécrétion des constituants du lait; in le lait, matière première de l'industrie laitière. 13- 26, INRA-CEPIL, Paris.
48. **CHILLIARD Y., A. FERLAY, R. M. MANSBRIDGE and M. DOREAU. 2000**. Ruminant milk fat plasticity; nutritional control of saturated, polyunsaturated, *trans* and conjugated fatty acids Ann. Zootech. 49:181-205.
49. **CHILLIARD Y., FERLAY A., DOREAU M. 2001**. Contrôle de la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait par l'alimentation des vaches laitières: acides gras trans, polyinsaturés, acide linoléique conjugué. INRA Production Animale, **14**, 323-335.
50. **CHILLIARD Y., G. GAGLIOSTRO, J. LEFAIVRE and I. SEBASTIAN. 1991**. Duodenal rapeseed oil infusion in early and midlactation cows. 5. Milk fatty acids and adipose tissue lipogenic activities. J. Dairy Sci. 74:1844-1854.
51. **CHILLIARD Y., GLASSER F., ENJALBERT F., FERLAY A., BOCQUIER F., SCHMIDELY Ph. 2007**. Données récentes sur les effets de l'alimentation sur la composition en acides gras du lait de vache, de chèvre et de brebis. Renc. Rech. Ruminants, **14**, 321-327.
52. **CHRISTIE W. W. 1998**. Gas chromatography mass spectrometry methods for structural analysis of fatty acids. Lipids. 33:343-353.
53. **CHRISTIE W. W. and G.H. M. BRECKENRIDGE. 1989**. Separation of cis isomers and trans isomers of unsaturated fatty acids by high performance liquid chromatography in the silver ion mode. J. Chromatogr. 469:261-269.
54. **CHRISTIE, 1993b**, Preparation of lipid extracts from tissues. Pages 195-213 in Lipid Methodology- Two. W. W. Christie, ed. Oily press. Dundee.
55. **CHRISTIE, W. W. 1993a**. Preparation of ester derivatives of fatty acids for chromatographic analysis. Pages 69-111 in Advances in Lipid Methodology-2.W. W. Christie. Ed. Oily Press, Dundee.
56. **CHRISTIE, W. W., G. DOBSON and R. O. ADLOF. 2007**. A practical guide to the isolation, analysis and identification of conjugated linoleic acid. Lipids 42:1073-1084.
57. **CIESLAK A., KOWALCZYK J., CZAUDERNA M., POTKANSKI A., SZUMACHER-STRABEL M. (2010)**. Enhancing unsaturated fatty acids in ewe's milk by feeding rapeseed or linseed oil. *Czech J. Anim. Sci.*, **55 (11)**, 496-504.
58. **COLLOMB M., BÜTIKOFER U., MAURER J. et SIEBER R. 2006**. Composition en acides gras du lait de brebis produit à diverses altitudes. Revue suisse Agric. **38 (6)**, 335-339.
59. **COLON-RAMOS, U., A. BAYLIN and H. CAMPOS. 2006**. The relation between trans fatty acid levels and increased risk of myocardial infraction does not hold at lower levels of trans fatty acids in the Costa Rican food supply. J. Nutr. 136 : 2887-2892.
60. **CROGUENNEC T., JEANTET R., BRULE G. 2008**. Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Ed. Tec et Doc. Paris, page 161.
61. **CUVELIER, C., J. F. CABARAUX, I. DUFRASNE, L. ISTASSE et J. L. HORNICK. 2005**. Digestion and absorption of fatty acids in the ruminant. Ann. Med. Vet. 149:49-59.

62. **DABADIE, H., E. PEUCHANT, M. BERNARD, P. LERUYET and F. MENDY. 2005.** Moderate intake of myristic acid in sn-2 position has beneficial lipidic effects and enhances DHA of cholesteryl esters in an interventional study. *J. Nutr. Biochem.* 16:375-382.
63. **DE CATERINA, R. et A. ZAMPOLLI. 2001.** n-3 fatty acids: Antiatherosclerotic effects. *Lipids* 36:S69-S78.
64. **DE LA FUENTE L. F., BARBOSA E., CARRIEDO J. A., GONZALO C., ARENAS R., FRESNO J. M., SAN PRIMITIVO F. 2009.** Factors influencing variation of fatty acid content in ovine milk. *J. Dairy Sci.*, **92**, 3791-3799.
65. **DE LAFUENTE L. F., SAN PRIMITIVO Y. F. 2007.** Effect of breed on fatty acids content in sheep milk. *Arch. Zootec.* **56** (1), 681-686.
66. **DEBRY, G., 2001.** Lait, nutrition et santé, Tec. Et Doc. Paris 21 (566 pages).
67. **DELMONTE, P., J. A. G. ROACH, M. M. MOSSOBA, K. M. MOREHOUSE, L. LEHMANN et M. P. YURAWECZ. 2003.** Synthesis and isolation of trans-7, cis-9 octadecadienoic acid and other CLA isomers by base conjugation of partially hydrogenated gamma-linolenic acid. *Lipids* 38:579-583.
68. **DELMONTE, P., M. P. YURAWECZ, M. M. MOSSOBA, C. CRUZ-HERNANDEZ et J. K. G. KRAMER. 2004.** Improved identification of conjugated linoleic acid isomers using silver-ion HPLC separations. *J. AOAC Int.* 87:563-568
69. **DELMONTE, P., Q. Hu, A. R. F. KIA et J. I. RADER. 2008.** Preparation, chromatographic separation and relative retention times of cis/trans heptadecaenoic (17:1) fatty acids. *J. Chromatogr. A* 1214:30-36.
70. **DELORGERIL, M., S. RENAUD, N. MAMELLE, P. SALEN, J. L. MARTIN, I. MONJAUD, J. GUIDOLLET, P. TOUBOUL and J. DELAYE. 1994.** Mediterranean alpha linolenic acid rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. *Lancet* 343:1454-1459.
71. **DESTAILLATS, F., J. P. TROTTIER, J. M. G. GALVEZ and P. ANGERS. 2005.** Analysis of alpha-linolenic acid bio-hydrogenation intermediates in milk fat with emphasis on conjugated linolenic acids. *J. Dairy Sci.* 88:3231-3239.
72. **DESTAILLATS, F., L. WOLFF, D. PRECHT and J. MOLKENTIN. 2000.** Study of individual trans and cis-16:1 isomers in cow, goat, and ewe cheese fats by gas-liquid chromatography with emphasis on the trans-Delta 3 isomer. *Lipids* 35:1027-1032.
73. **DEWHURST, R. J., K. J. SHINGFIELD, M. R. F. LEE and N. D. SCOLLAN. 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.
74. **DEWHURST, R. J., W. J. FISHER, J. K. S. TWEED and R. J. WILKINS. 2003.** Comparison of grass and legume silages for milk production. 1. Production responses with different levels of concentrate. *J. Dairy Sci.* 86:2598-2611.
75. **DOREAU M. A. FERLAY. 1994.** Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 45:379-396.
76. **DPAT. 2010.** Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire. Annuaire de la Wilaya de Djelfa.
77. **DSA, 2012,** Rapport annuel, statistiques agricoles, Direction des Services Agricoles, Djelfa, Algérie, page 06 à régler.

78. **EULITZ K., M. P. YURAWECZ, N. SEHAT, J. FRITSCHÉ, J. A. G. ROACH, M. M. MOSSOBA, J. K. G. KRAMER, R. O. ADOLF et Y. KU. 1999.** Preparation, separation, and confirmation of the eight geometrical cis/trans conjugated linoleic acid isomers 8, 10-through 11, 13-182. *Lipids* 34:873-877.
79. **FAO et WHO .1998.** General conclusions and recommendations of the consultation. in Expert consultation on fats and oils in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
80. **FAO STAT, 2012.** Statistics Division (internet). Food and Agriculture Organization of the United Nations, available from <http://Faostat.Fao.org>
81. **FAO STAT. 2012.** (16 janvier 2012). Disponible. en ligne: <http://faostat.fao.org/>.
82. **FAVIER J. C. 1985.** Composition du lait de vache -lait de consommation, <http://www.horizon.documentation.fr>
83. **FERLAY A., B. MARTIN, P. PRADEL, J. B. COULON and Y. CHILLIARD. 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.
84. **FERLAY A., C. AGABRIEL, C. SIBRA, C. JOURNAL, B. MARTIN et Y. CHILLIARD. 2008.** Tanker milk variability in fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in a French semi-mountain area. *Dairy Sci. Technol.* 88:193-215.
85. **FERLAY A., GLASSER F., MARTIN B., ANDUEZA D., CHILLIARD Y. 2011.** Effects of Feeding Factors and Breed on Cow Milk Fatty Acid Composition: Recent Data. *Bulletin UASVM, Veterinary Medicine* 68(1), 137-145.
86. **FILIPOVITCH D.J. 1954.** Etude sur les variations de la densité du lait de mélange. *Le lait*, 34 (333-334), 129-132.
87. **FOLCH J., M. LEES and G. H. SLOANE STANELY. 1957.** A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:497-509
88. **FRANWORTH E. et MAINVILLE I. 2010.** les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe, <http://www.dos.transf.edwa.pdf>.
89. **FREDOT, E. 2005.** Connaissance des aliments -Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique-, Tec. Et Doc, Lavoisier : 10-14 (397 pages).
90. **FREDOT, E. 2006.** Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec. Et Doc, Lavoisier : 25 (397 pages).
91. **GAUCHERON F., 2004,** Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier 783 (922 pages).
92. **GEOMEZ-CORTES P., FRUTOS P., MANRECON A. R., JUAREZ M., DE LA FUENTE M. A. and HARVAS G. 2009.** Effect of supplementation of grazing dairy ewes with a cereal concentrate on animal performance and milk fatty acid profile. *J. Dairy Sci.*, 9, 3364-3972.
93. **GERCHEV, G. and MIHAYLOVA G. 2012.** Milk yield and chemical composition of sheep milk in Srednostarplaninska and Tetevenska breeds. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28 (2), 241-251.
94. **GLASSER, F., A. FERLAY, M DOREAU, P. SCHMIDLEY, D.SAUVANT and Y.CHILLIARD. 2008.** Long-chain fatty acid metabolism in dairy cows: A meta-analysis of milk fatty acid yield relation to duodenal flows and de novo synthesis. *J. Dairy. Sci.* 91 :2771-2785.

95. GNADIG S., CHARDIGNY J.-M, SEBEDIO J. L. 2001. Lipides; in: « Lait, nutrition et santé » Ed. Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
96. 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.
97. GONZALO C., CARRIEDOJ. A., BAROJ. A., and SAN PRLMLTLVO F. 1994. Factors Influencing Variation of Test Day Milk Yield, Somatic Cell Count, Fat, and Protein in Dairy Sheep. *J Dairy Sci.*, **77**, 1537-1542.
98. GOUDJIL H., FONTECHA J., FRAGA M. J., JUAREZ M., 2003a. TAG Composition of ewe's milk fat. Detection of foreign fats. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **80**: 219.
99. GOUDJIL H., FONTECHA J., LUNA P., DE LA FUENTE M. A., ALONSO L., JUÁREZGOUDJIL M. 2004. Quantitative characterization of unsaturated and trans fatty acids in ewe's milk fat. *Le Lait*, **84**, 473–482.
100. GOUDJIL H., TORRADO S., FONTECHA J., FRAGA M. J., JUAREZ. M., 2003b. composition of cholesterol and its precursors in ovine milk. *Lait*. **83**, 1-8.
101. GRIINARI, J. M. and D. E. BAUMAN. 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.
102. GRUNDY S. M. et M. A. DENKE. 1990. Dietary influence on serum lipids and lipoproteins. *J. Lipid Res.* **31**:1149-1172.
103. HAENLEIN G.F.W. 2002. Nutritional value of sheep milk. *Sheep Dairy News*. **19**, 5-11.
104. HARFOOT, C. G. and G. P. HAZLEWOOD. 1997. Lipid metabolism in the rumen. Pages 382-426, in *The rumen microbial ecosystem*. Second edition. C. G. Hobson et C. S. Stewart, ed. Blackie Academic and Professional, Bury St Edmunds
105. HEJTMANKOVA A., PIVEC V., DRAGOUNOVA H. 2012. Differences in the composition of total and whey proteins in goat and ewe milk and their changes throughout the lactation period. *Czech Journal of Animal Science*, **57 (7)**, 323-331.
106. HENNESSY, A. A., R. P. ROSS, R. DEVERY and C. STANTON. 2011. The health promoting properties of the conjugated isomers of alpha-linolenic acid. *Lipids* **46**:105-119.
107. HILALI M., EL-MAYDA E., RISCHKOWSKY B. 2011. Characteristics and utilization of sheep and goat milk in the Middle East. *Small Ruminant Research*, **10**, 92-101.
108. HITE, A. H., R. D. FEINMAN, G. E. GUZMAN, M. SATIN, P. A. SCHEONFELD and R. J. WOOD. 2010. In the face of contradictory evidence: Report of the Dietary Guidelines for Americans Committee. *Nutrition* **26**:915-924.
109. HODEN P. et COLON H., 1991. Composition chimique du lait <http://www.2.vet.lyon.fr>.
110. HOLY E. W. M. FORESTIER, E. K. RICHTER, A. AKHMEDOV F, LEIBER G. G. CAMICI P. MOCHARLA, T. F. LUSCHER, J. H. BEER et F. C. TANNER. 2011. Dietary alpha-Linolenic Acid Inhibits Arterial Thrombus Formation, Tissue Factor Expression, and Platelet Activation. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* **31** :1772-U1142.
111. ITERG. 2002. Informations générales sur les corps gras. Page 11. ITERG, Pessac
112. J.O.R.A.D.P. N°09 du 10 février 2013 : Arrête du 21 Ramadhan 1432 correspondant au 21 août 2011 rendant obligatoire la méthode de détermination de l'indice d'iode des corps gras d'origine animale et végétale.

113. **J.O.R.A.D.P. N°64 du 25 novembre 2011** : Arrête du 26 Joumada Ethania 1432 correspondant au 29 mai 2011 rendant obligatoire la méthode de détermination de l'indice de saponification des corps gras d'origine animale et végétale
114. **J.O.R.A.D.P. N°68 du 16 décembre 2010** : Arrête du 21 Ramadhan 1432 correspondant au 21 août 2011 rendant obligatoire la méthode de détermination de l'indice d'acide et d'acidité des corps gras d'origine animale et végétale.
115. **JEAN C., et DIJON C., 1993** : Au fil du lait, ISBN 2-86621-192-3.
116. **JEANTET R., CROGUENNEC T. MAHAUT M., SCHUCK P. et BRULE G., 2008** : Les produits laitiers, 2ème édition, Tec. et Doc. , Lavoisier : 1-3-13-14-17 (185 pages).
117. **JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P., BRULE G. 2007.** Science des aliments- Biochimie. Microbiologie. Procédés. Produits. Ed. Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
118. **JENSEN R. G. 2002.** The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *J. Dairy Sci.* 85:295-3502002.
119. **JENSEN, 1995 (JENSEN 2002).** Hand look of milk composition-general description of milk, Academic press, Inc: 3 (919 pages).
120. **JINKINS, T. C. R. J. WALLACE, P. J. MOATE et E. E. MOSLEY. 2008.** Board review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *J. Anim. Sci.* 86:397-412.
121. **JUANEDA P., J. L. SEBEDIO and W. W. CHRISTIE. 1994.** Complete separation of the geometrical isomers of linolenic acid by high performance liquid chromatography with a silver ion column. *J. High Resolut. Chromatogr.* 17:321-324.
122. **JUANEDA P., M. LEDOUX and J. L. SEBEDIO. 2007.** Analytical methods for determination of trans fatty acid content in food. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **109**:901-917.
123. **JUAREZ M., RAMOS, M., 1986.** Physico-chemical characteristics of goat milk as distinct from those of low milk. In; International Dairy Federation (Ed), proceedings of the IDF seminar production and utilization of Ewe's and Food's milk, Bulletin N° 202. Athens, Greece, pp.54-67.
124. **JURJANZ, S., V. MONTEILS, P. JUANEDA and F. LAURENT. 2004.** Variations of trans octadecenoic acid in milk fat induced by feeding different starch-based diets to cows. *Lipids* **39**:19-24.
125. **KATAN M. B., I. A. BROUWER., R. CLARKE., J. M. GELEIJNSE and R. P. MENSINK. 2010.** Saturated fat and heart disease Reply. *Am. J. Clin. Nutr.* 92:460-461.
126. **KATZ, I and M. KEENEY. 1966.** Characterization of the octadecenoic acids in rumen digesta and rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* **49**:962-966.
127. **KELLY M. L., E. S. KOLVER., D. E. BAUMAN., M. E. VAN AMBURGH and L. D. MULLER. 1998.** Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J. Dairy Sci.* **81**:1630-1636.
128. **KEPLER, C. R. and S. B. TOVE. 1967.** Bio-hydrogenation of unsaturated fatty acids, Purification and properties of a linoleate delta-12-cis, delta-11-trans-isomerase from *Butyrivibrio fibrisolvens*. *J. Biol. Chem.* 242:5686-5692.
129. **KHELIFI Y. 1999.** Sheep and goat production in Algerian steppe areas. CIHEAM-Option Méditerranéennes, Série A**38**, 245-247.
130. **KHELILI, 1999,** Sheep and goat production in Algerian steppe areas, CIHEAM. Option.

131. **KOBA K., M. A. BELURY and M. SUGANO. 2007.** Potential health benefits of conjugated trienoic acids. *Lipid Tech.* **19**:200-203.
132. **KRAMER J. K. C., V. FELLNER, M. E. R. DUGAN, F. D. SAUER, M. M. MOSSOBA et M. P. YURAWEZC. 1997.** Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. *Lipids* **32**:1219-1228.
133. **KRAMER, J. K. G. and J. Q. ZHOU. 2001.** Conjugated linoleic acid and octadecenoic acids: Extraction and isolation of lipids. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **103**:594-600.
134. **KRAMER, J. K. G., M. HERNANDEZ., C. CRUZ-HERNANDEZ., J. KRAFT and M. E. R. DUGAN. 2008.** Combining results of two GC separations partly achieves determination of all cis and trans 16:1, 18:1, 18:2 and 18:3 except CLA isomers of milk fat as demonstrated using ag-ion SPE fractionation. *Lipids* **43**:259-273.
135. **KREMER R., ROSÉS L., RISTA L., BARBATO G., PERDIGON F., HERRERA V. 1996.** Machine milk yield and composition of non-dairy Corriedale sheep in Uruguay. *Small Ruminant Research*, **19**, 9-14.
136. **KROMHOUT, D., A. MENOTTI, B. BLOEMBERG., C. ARAVANIS., H. BLACKBURN., R. BUZINA., A. S. DONTAS., F. FIDANZA., S. GIAIPAOLI., A. JANSEN., M. KARVONEN., M. KATAN., A. NISSINEN., S. NEDELJKOVIC., J. PEKKANEN., M. PEKKARINEN., S. PUNSAR., L. RASANEN., B. SIMIC and H. TOSHIMA. 1995.** Dietary saturated and trans fatty acids and cholesterol and 25 year mortality from coronary heart disease: the seven countries study. *Prev. Med.* **24**:308- 315.
137. **KUCHTIK J., SUSTOVA K., URBAN T., ZAPLETAL D. 2008.** Effect of stage of lactation on milk composition, its properties and the quality of rennet curdling in East Friesian ewes. *Czech Journal of Animal Science*, **53**, 55-63.
138. **LAFAY, L. et E. VERGER. 2010.** Les apports en lipides d'origine animale de la population française : résultats de l'étude INCA2. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides* **17**:17-21.
139. **LAWRENCE, P. and J. T. BRENNAN. 2006.** Acetonitrile covalent adduct chemical ionization mass spectrometry for double bond localization in non-methylene-interrupted polyene fatty acid methyl esters. *Anal. Chem.* **78**:1312-1317.
140. **LEDOUX, M. 2006.** Les acides linoléiques conjugués: présence dans les aliments et propriétés physiologiques. Pages 1-10 dans *Cholé-Doc*. Vol. 94. CERIN.
141. **LEE Y.J and T. C. JENKINS. 2011.** Bio-hydrogenation of linolenic Acid to stearic Acid by the rumen microbial population yields multiple intermediate conjugated diene isomers. *J. Nutr.* **141**:1445-1450.
142. **LEQUERE, J. L., et E. SEMON. 1998.** Le couplage Chromatographie en Phase Gazeuse- Spectrométrie Infrarouge à transformée de Fourier (CPG/IRTF) dans l'analyse des acides gras d'origine biologique. *AnalSuis Mag.* **26**:M40-M44.
143. **LERCH, S. 2012.** Supplémentation en colza on en lin de ration à base d'herbe chez la vache laitière durant deux lactations consécutives : Effets sur les professeurs zootechniques et la composition fine en acide gras, Thèse Doctorat, Univ. d'Auvergne-BLAISE PASCAL. P17
144. **LIE KEN JIE, M. S. F. 2001.** Analysis of conjugated linoleic acid esters by nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **103**:628-632.

145. LOCK A. L. and P. C. GARNSWORTHY. 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and Delta (9)-desaturase activity in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 79:47-59.
146. LOCK A. L., SINCLAIR L. A. and BAUMAN D. E. 2005. Milk fat synthesis and its regulation in dairy sheep. Proceedings of the 11th Annual. Great Lakes Dairy Sheep Symposium, November 3 – 5, Sheraton Hotel & Conference Center Burlington, Vermont, USA.
147. LOOR J. J., A. FERLAY., A. OLLIER and Y. CHILLIARD. 2005. 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.
148. LOOR J. J., K. UEDA., A. FERLAY., Y. CHILLIARD and M. DOREAU. 2004. Bio-hydrogenation, 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.
149. LOPEZ C. and V. BRIARD-BION. 2007. The composition, supramolecular organisation and thermal properties of milk fat: a new challenge for the quality of food products. 87:317-336.
150. LOPEZ-MIRANDA J., L. BADIMON., A. BONANOME., D. LAIRON., P. M. KRISTHERTON., P. MATA and F. PEREZ-JIMENEZ. 2006. Monounsaturated fat and cardiovascular risk. *Nutr. Rev.* 64:2-12.
151. LUCAS A., S. HULIN., V. MICHEL., C. AGABRIEL., J. F. CHAMBA., E. ROCK and J. B. COULON. 2006. Relationships between the conditions of milk production and the contents of nutritional constituents in cheese: study under real conditions of production. *INRA Prod. Anim.* 19:15-28.
152. LUNA, P., V. RODRIGUEZ-PINO and M. A. DE LA FUENTE. 2009. Occurrence of C16:1 isomers in milk fats from ewes fed with different dietary lipid supplements. *Food Chem.* 117:248-253.
153. MAAMOURI O., ROUISSI H., DRIDI S., KAMMOUN M., DE BAERDEMAEKER J., KAROU R. 2008. Mid infrared attenuated total reflection spectroscopy as a rapid tool to assess the quality of Sicilo-Sarde ewe's milk during the lactation period after replacing soybean meal with scotch bean in the feed ration. *Food Chemistry*, 106, 361–368.
154. MADR, 2009, statistiques agricoles, série B, Ministère de l'agriculture et des développements rural, Algérie, p 65.
155. MARTINI M., CAROLI A. 2003. Evaluation of ovine milk clotting aptitude. *Italian Journal of Animal Science*, 2: 89-95.
156. MARTINI M., LOLANDA A. FEDERICCA S. 2012. Evaluation of the Fatty Acid Profile from the core and membrane of fat globules in ewe's milk during lactation. *Food science and technology*, 1-6.
157. MARTINI M., MELE M., SCOLOZZI C., SALARI F. 2008a. Cheese making aptitude and the chemical and nutritional characteristics of milk from Massese ewes. *Italian Journal of Animal Science*, 7: 419-437.
158. 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.

159. **MATHIEU, J. 1999.** Initiation à la physicochimie du lait. Ed. Tec et Doc. Paris: 3-190 (page 220).
160. **MAXWELL, R. J., D. MONDIMORE and J. TOBIAS. 1986.** Rapid method for the quantitative extraction and simultaneous class separation of milk lipids. *J. Dairy Sci.* **69**:321-325.
161. **MELIS, M. P., E. ANGIONI, G. CARTA, E. MURRU, P. SCANU, S. SPADA and S. BANNI. 2001.** Characterization of conjugated linoleic acid and its metabolites by RP-HPLC with diode array detector. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **103**:617-621.
162. **MENSINK, R. P., P. L. ZOCK, A. D. M. KESTER and M. B. KATAN. 2003.** Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* **77**:1146-1155.
163. **MICHAUD A. L., M. P. YURAWECZ., P. DELMONTE., B. A. CORL., D. E. BAUMAN and J. T. BRENNAN. 2003.** Identification and characterization of conjugated fatty acid methyl esters of mixed double bond geometry by acetonitrile chemical ionization tandem mass spectrometry. *Anal. Chem.* **75**:4925-4930.
164. **MIERLITA D., DARABAN S.T., LUP F. 2011a.** Effects of breed on milk fatty acid profile in dairy ewes, with particular reference to cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid. *South African Journal of Animal Science*, **41 (no. 3)**, 224-231.
165. **MIERLITA D., PADEANU I., MAERESCU CRISTINA, CHEREJI I, HALMA ELENA, LUP F. 2011b.** Comparative study regarding the fatty acids profile in sheep milk related to the breed and parity. *Analele Universităţii din Oradea, Fascicula: Ecotoxicologie, Zootehnie si Tehnology de Industrie Alimentară*, 2011 221-232.
166. **MIHAYLOVA G., GERCHEV G., MOECKEL P. and JAHREIS G. 2004.** Comparative study on fatty acid content in milk of Tsigay and Karakachan sheep. *Bulg. J. Vet. Med.*, **7 (3)**, 181-187.
167. **MITTAINÉ J., 1980.** Les laits autres que le lait de vache, http://whqlidoco.who.int/monograph/who_mono.
168. **MOATE P. J., CHALUPA W., BOSTON R. C., LEANT I. J. 2007.** Milk fatty acids. Variation in the concentration of individual fatty acids in bovine milk. *J. Dairy Sci.*, **90** 4730-4739.
169. **MOHAMMEDI, SAIDI M, BOULGABOUL A., BENBAREK H., 2009.** Etude prospective du parasitisme interne des ovins dans une région steppique: cas de la région de Ain D'hab, Algérie, *Méd. Vet.*, **153**, 224-230.
170. **MOLKENTIN J. and D.PRECHT. 1996.** Isomeric distribution and rapid determination of trans-octadecenoic acids in German brands of partially hydrogenated edible fats. *Nahr.-Food* **40**:297-304.
171. **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 Research.* **68**,20-34.
172. **MORAND-FEHR, P. et G. TRAN. 2001.** La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Prod. Anim.* **14**:285-302 .
173. **MOSSOBA, M. M. 2001.** Application of gas chromatography-infrared spectroscopy to the confirmation of the double bond configuration of conjugated linoleic acid isomers. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **103**:624-627.

- 174. MOTARD-BELANGER, A., A. CHAREST., G. GRENIER., P. PAQUIN, Y. CHOUINARD., S. LEMIEUX., P. COUTURE and B. LAMARCHE. 2008.** Study of the effect of trans fatty acids from ruminants on blood lipids and other risk factors for cardiovascular disease. *Am. J. Clin. Nutr.* **87**:593-599.
- 175. NEVILLE M. C et JENSEN R. G., 1995.** The physical properties of human and bovine, milk in JENSEN R., hand book of milk composition general description of milks, Academic Press, Inc. 82 (919 pages).
- 176. NIKOLOVA-DAMYANOVA, B. 2009.** Retention of lipids in silver ion high-performance liquid chromatography: Facts and assumptions. *J. Chromatogr. A* **1216**:1815-1824.
- 177. NUDDA A., BENCINI R., MIJATOVIC S., PULINA G. 2002.** The yield and composition of milk in Sarda, Awassi, and Merino sheep milked unilaterally at different frequencies. *Journal of Dairy Science*, **85**, 2879-2884.
- 178. NUGTEREN D. H., and E. CHRISTHAZELHOF. 1987.** Naturally occurring conjugated octadecatrienoic acids are strong inhibitors of prostaglandin biosynthesis. *Prostaglandins* **33**:403-417.
- 179. ONS, 2009.** Productions animales 2000-2009, office national des statistiques <http://www.ons.dz>.
- 180. OOMEN C. M., M. C. OCKE., E. J. M. FESKENS., M. A. J. VAN ERP-BAART., F. J. KOK and D. KROMHOUT. 2001.** Association between trans fatty acid intake and 10-year risk of coronary heart disease in the Zutphen Elderly Study: a prospective population-based study. *Lancet* **357**:746-751.
- 181. ORAVCOVA M., MARGETIN M., PESKOVICOVA D., DANO J., MILERSKI M., HETENYI L., POLAK P. 2007.** Factors affecting ewe's milk fat and protein content and relationships between milk yield and milk composition. *Czech Journal of Animal Science*, **52** (7), 189-198.
- 182. PACCALIN J. et GALANTIER M. 1986.** Valeur nutritionnelle du lait et des produits laitiers ; in « laits et produits laitiers vache-brebis-chèvre.3. qualité-énergie et tables de composition » Ed. Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
- 183. PALMQUIST D. L., A. D. BEAULIEU and D. M. BARBANO. 1993.** Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* **76**:1753-1771.
- 184. PALMQUIST D. L. 2006.** Milk Fat: origin of fatty acids and influence of nutritional factors thereon. Pages 43-92 in *Advanced dairy chemistry*. Vol. 2. P. F. Fox et P. L. H. Mc Sweeney, ed. Springer, New York.
- 185. PARK Y. W., K. J. ALBRIGHT., Z. Y. CAI and M. W. PARIZA. 2001.** Comparison of methylation procedures for conjugated linoleic acid and artifact formation by commercial (trimethylsilyl) diazomethane. *J. Agric. Food Chem.* **49**:1158-1164.
- 186. PARK Y. W., JUAREZ M., RAMOS M., HAENLEIN G. F. W. 2007.** Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, **68**, 88-113.
- 187. PARODI P. W. 2001.** Cow's milk components with anti-cancer potential. *Aust. J. Dairy Technol.* **56**:65-73.
- 188. PARODI P. W. 1999.** Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *J. Dairy Sci.* **82**:1339-1349.

- 189. 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.
- 190. PAWLOSZY R. J., J. R. HIBBLEN., J. A. NOVONTY and N. SALEM. 2001.** Physiological compartmental analysis of alpha-linolenic acid metabolism in adult humans. *J. Lipid Res.* **42**:1257- 1265.
- 191. PELLIGRINI O., REMEUF F., RIVEMALE M. 1994.** Evolution of physico-chemical characteristics and renneting properties of ewe's milk collected in the "Roquefort area". *Lait*, **74**, 425-442.
- 192. PEREA S., DE LABASTIDA E. F., NAJERA A. I., CHAVARI F., VIRTO M., DE RENOBALLES M., BARRON L.J.R., 2000.** Seasonal changes in the fat composition of *Lacha* sheep's milk used for Idiazabal cheese manufacture. *Eur. Food Res. Technol*, **210**, 318-323.
- 193. PICTORIS, B., 2008,** Les filières ovines et caprines dans le monde, journées défis et opportunités pour l'élevage des ruminants en Europe, [www.inste-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf-03 Reperes-les-filières-ovines-et-caprine.pdf](http://www.inste-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf-03_Reperes-les-filières-ovines-et-caprine.pdf).
- 194. PIPEROVA L. S., J. SAMPUGNA., B. B. TETER., K. F. KALSCHEUR., M. P. YUAREWZC., Y. KU., K. M. MOREHOUS AND R. A. ERDMAN 2002.** Duodenal and milk trans octadecenoic acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomers indicate that post absorptive synthesis is the predominant source of cis-9-containing CLA in lactating dairy cows. *J. Nutr.* **132**:1235-1241.
- 195. PIRAS M., LIGIOS S., SITZIA M., FOIS N. 2007.** Out of season sheep milk production in Sardinia. *Italian Journal of Animal Science*, **6** (suppl. 1), 588-590.
- 196. PIRISI A., PIREDDA G., SCINTU M. F., FOIS N. 2001.** Effect of feeding diets on quality characteristics of milk and cheese produced from Sarda ewes. *CIHEAM-Option Méditerranéennes, Série A*, **46**, 115-119.
- 197. PLOUMI K., BELIBASAKI S., TRIANTAPHYLIDIS G. 1998.** Some factors affecting dairy milk yield and composition in a flock of Chios ewes. *Small Rumin. Res.*, (28), 89-92.
- 198. PLOURDE, M. LEDOUX, S. GREGOIRE, L. PICTORIS, J. J. FONTAINE, Y. A. CARPENTIER, P. ANERS, J.M. CHARDIGNY et J. L. SEBEDIO. 2007b.** adverse effects of conjugated alpha-linolenic acids (CLnA) on lipoprotein profile on experimental atherosclerosis in hamsters animal 1:905-910.
- 199. PLOURDE, M., F. DESTAILLATS, P. Y. CHOUINARD and P. ANGERS. 2007a.** Conjugated alpha-linolenic acid isomers in bovine milk and muscle. *J. Dairy Sci.* **90**:5269-5275.
- 200. PLUMEY, L. 2003.** Aliments et boissons. Tome 1. ENP Nutrition. 3^{ème} édition.
- 201. POINTURIER H., 2003.** La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France : 64 (388 pages).
- 202. POUGHEON S. et GOURSAUD J. 2001.** Le lait : caractéristiques physicochimiques ; in : **DEBRY G.** « Lait, nutrition et santé » Ed. Tec et Doc, Lavoisier, Paris.6 (566p.)

- 203. PRECHT D. and J. MOLKENTIN, 1999.** C18:1, C18:2 and C18:3 trans and cis fatty acid isomers including conjugated cis Delta 9, trans Delta 11 linoleic acid (CLA) as well as total fat composition of German human milk lipids. *Nahr.-Food* **43**:233-244.
- 204. PULINA G., RASSU S.P.G., CANNAS A. 1993.** The effect of group feeding strategy on milk production. in dairy ewes. pp 2003-2006 in Proc. 47th. Nat. Congr. SISV et Riccione, Italy.
- 205. RASSU S. P. G., CANNAS E. A., NICOLUSSI P., NUDDA A., PULINA G. 2007.** Machine milking management and milk nitrogen fraction in primiparous ewes. *Italian Journal of Animal Science*, **6 (suppl.1)**, 591-593.
- 206. RAYNAL-LJUTOVAC K., PIRISI A., DE CREMOUX R., GONZALO C. 2007.** Somatic cells of goat and sheep milk: Analytical, sanitary, productive and technological aspects. *Small Ruminant Research*, **68**, 126-144.
- 207. RODRIGUEZ M., ESCOLAR E., LÓPEZ M. C. PÉREZ-BAENA I., MOLINA M. P. 2010.** Quality characteristics of milk and cheese from guirra sheep in comunidad valenciana (Spain). Proceeding of the International Conference BIOATLAS Transylvania University of Brasov, Romania.
- 208. RONDIA P., 2006,** (18 Octobre 2006), Aperçu de l'élevage ovin en Afrique du Nord. Filière ovine et caprine n°: 18.
- 209. RONDIA P., DEHARENG F., DELMOTTE CH., LARONDELLE Y., BARTIAUX THILL N. 2005.** Composition en acides gras du lait de brebis complémentées avec de la graine de lin sous différentes formes (entière, aplatie, ou extrudée). *Renc. Rech. Ruminants*, **12**, 407.
- 210. 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.
- 211. ROY A., J. M. CHARDIGNY., D. BAUCHART., A. FERLAY., S. LORENZ., D. DURAND., D. GRUFFAT., Y. FAULCONNIER., J. L. SEBEDIO and Y. CHILLIARD. 2007.** Butters rich either in trans-10-C18:1 or in trans-11-C18:1 plus cis-9, trans-11 CLA differentially affect plasma lipids and aortic fatty streak in experimental atherosclerosis in rabbits. *Animal* **1**:467-476.
- 212. SAIDI M., AYAD A., BOULGABOUL A., BENBAREK H., 2009.** Etude prospective Du parasitisme interne des ovins dans une region steppique: cas de la region ain d'hab,Algerie. *Méd. Vét*, 2009 ,**153**, 224-230.
- 213. SAHAN N., SAY D., KAÇAR 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.
- 214. SANZ-SAMPELAYO M. R., CHILLIARD Y., SCHMIDELY Ph., BOZA J. 2007.** Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, **68**, 42-63.
- 215. SEHAT N., R. RICKERT., M. M. MOSSOBA., J. K. G. KRAMER., M. P. YURAWECZ., J. A. G. ROACH., R. O. ADLOF., K. M. MOREHOUSE., J. FRITSCHÉ., K. D. EULITZ., H. STEINHART and Y. KU. 1999.** Improved separation of conjugated fatty acid methyl esters by silver ion-high- performance liquid chromatography. *Lipids* **34**:407-413.

216. SEVI A., TAIBI L., ALBENZIO M., ANNICCHIARICO G., MARINO R., CAROPRESE M. 2003. Influence of ventilation regimen on micro-environment and on ewe welfare and milk yield in summer. *Italian Journal of Animal Science*, **2**, 197-212.
217. SHINGFIELD K. J., L. BERNARD., C. LEROUX and Y. CHILLIARD. 2010. Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Animal* **4**:1140-1166.
218. SHINGFIELD K. J., Y. CHILLIARD., V. TOIVONEN., P. KAIRENIUS and D. I. GIVENS. 2008. Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. Pages 3-65, in *Bioactive Components of Milk*. Vol. 606. Springer-Verlag Berlin.
219. SHINGFIELD K. J., P. SALO-VAANANEN., E. PAHKALA., V. TOIVONEN., S. JAAKKOLA., V. PIIRONEN and P. HUHTANEN. 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.
220. SIGNORELLI F., CONTARINI G., ANNICCHIARICO G., NAPOLITANO F., ORRU L., CATILLO G., HAENLEIN G. F. W., MOIOLI B. 2008. Breed differences in sheep milk fatty acid profiles: opportunities for sustainable use of animal genetic resources. *Small Ruminant Research* **78**, 24-31.
221. SIMOS E. N., NIKOLAOU E. M., ZOIPOULOS P. E. 1996. Yield, composition and certain physicochemical characteristics of milk of the Epirus mountain sheep breed. *Small Ruminant Research*, **20**: 67-74.
222. SINAPSIS E. 2007. The effect of machine or hand milking on milk production, composition and SCC in mountainous Greck breed (Boutsico) ewes. *Small Ruminant Research* **69**, 242-246.
223. SIRI-TARINO P. W., Q. SUN., F. B. HU and R. M. KRAUSS. 2010. Saturated fat, carbohydrate, and cardiovascular disease. *Am. J. Clin. Nutr.* **91**:502-509.
224. SPITZER V. 1997. Structure analysis of fatty acids by gas chromatography - low resolution electron impact mass spectrometry of their 4,4-dimethyloxazoline derivatives- a review. *Prog. Lipid Res.* **35**:387-408.
225. STOCKDALE C. R., G. P. WALKER., W. J. WALES., D. E. DALLEY., A. BIRKETT., Z. P. SHEN and P. T. DOYLE. 2003. Influence of pasture and concentrates in the diet of grazing dairy cows on the fatty acid composition of milk. *J. Dairy Res.* **70**:267-276.
226. STOLL W., 2003. Vaches laitières – l'alimentation influence la composition du lait, vol 9, <http://www.db-alp-admin-ch/fr/publication/docs/2612.pdf>.
227. SUBLETTE M. E., J. R. HIBBLEN., H. GALFALVY., M. A. OQUENDO and J. J. MANN. 2006. Omega-3 polyunsaturated essential fatty acid status as a predictor of future suicide risk. *Am. J. Psychiat.* **163**:1100-1102.
228. TALPUR F. N., BHANGER M. I., MEMON N. N. 2008. Milk fatty acid composition of indigenous goat and ewe breeds from Sindh, Pakistan. *J. of Food Composition and Analysis*, **22**, 59-64.
229. THAPON J. L., 2005 *Science et technologie du lait*, Agro campus-Rennes, France:14 (77 pages).
230. THIEULIN G. et VUILLAUME R. 1967 *Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait, de produits laitiers et des œufs-revue générale des questions laitières*. 48 avenue, Président Wilson, Paris : 71-73 (388 pages).

- 231. THOMSON G. E., HARTMANN P. E., GOODE J. A. and 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.
- 232. TIMMEN H., and S. PATTON. 1988.** Milk fat globules fatty acid composition, size and in vivo regulation of fat liquidity. *Lipids* **23**:685-689.
- 233. TSIPLAKOU E., MOUNTZOURIS K.C., ZERVAS G. 2006.** The effect of breed stage of lactation and parity on sheep milk fat CLA content under the same feeding practices. *Liv. Sci.* **105**, 162– 167.
- 234. ULBRICHT T. et SOUTHGATE D. 1991.** Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*, **338**, 985-992.
- 235. US DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND US DEPARTMENT OF HEALTH and HUMAN SERVICES. 2010.** Report of the Dietary Guidelines Advisory Committee on the dietary guidelines for Americans. Disponible. En ligne : <http://www.cnpp.usda.gov/DGAs2010-DGACReport.htm>.
- 236. VALVO M. A., BELLA M., SCERRA M., BIONDI L. 2007.** Effects of ewe feeding system (grass vs concentrate) on milk fatty acid composition. *CIHEAM-Option Méditerranéennes, Série A*, **74**, 227-231.
- 237. VAN PELT C. K. and J. T. BRENNAN. 1999.** Acetonitrile chemical ionization tandem mass spectrometry to locate double bonds in polyunsaturated fatty acid methyl esters. *Anal. Chem.* **71**:1981-1989
- 238. VEISSEYRE R. 1979.** Technologie du lait. Constitution, récolte, traitement et transformation du lait. Ed. La maison rustique, 3^eed. Paris
- 239. VERMUNT S. H. F., B. BEAUFRERE., R. A. RIEMERSMA., J. L. SEBEDIO, J. M. CHARDIGNY and R. P. MENSİK. 2001.** Dietary trans alpha-linolenic acid from deodorised rapeseed oil and plasma lipids and lipoproteins in healthy men: the Trans Line Study. *Br. J. Nutr.* **85**:387-392.
- 240. VIERLING E., 1999.** Aliment et boisson -science des aliments, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'aquitaine : 11 (270 pages).
- 241. VIGNOLA C. L. 2002.** Science et technologie du lait-Transformation du lait, Ecole polytechnique de Montréal, ISBN : 29-34 (600 pages).
- 242. VLAEMINCK B., P. A. ABRAHAMSE., V. FIEVEZ., M. LOURENCO. J. DIJKSTRA and S. TAMMINGA. 2010.** The effect of allocation frequency in rotational grazing systems on the fatty acid profile in milk fat of dairy cows. Pages 586-588 In 23rd General Meeting of the European Grassland Federation Mecke Druck und Verlag, Kiel, Allemagne.
- 243. VLAEMINCK B., V. FIEVEZ., A. R. J. CABRITA., A. J. M. FONESCA and R. J. DEWHURST. 2006.** Factors affecting odd -and branched- chain fatty acids in milk: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* **131**:389-417.
- 244. WAHLE K. W. J., S. D. HEYS and D. RONTONDO. 2004.** Conjugated linoleic acids: are they beneficial or detrimental to health? *Prog. Lipid Res.* **43**:553-587.
- 245. WILLETT W. C., M. J. STAMPFER., J. E. MANSON., G. A. COLDITZ., F. E. SPEIZER., B. A. ROSNER., L. A. SAMPSON and C. H. HENNEKENS. 1993.** Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet* **341**:581-585.

- 246. WILLIAMS, C. M. 2000.** Dietary fatty acids and human health. *Ann. Zootech.* **49**:165-180.
- 247. WINKLER K. and H. STEINHART. 2001.** Identification of conjugated isomers of linolenic acid and arachidonic acid in cheese. *J. Sep. Sci.* **24**:663-668.
- 248. WOLFF R. L., N. A. COMBE., D. PRESHT., J. MOLKENTIN and W. M. N. RATNAYAKE. 1998.** Accurate determination of trans-18:1 isomers by capillary gas-liquid chromatography on cyanoalkyl polysiloxane stationary phases. *Oleagineux, Corps Gras, Lipides* **5**:295- 300.
- 249. WONGTANGTINHARN S., H. OKU, H. IWASAKI AND T. TODA. 2004.** Effect of branched-chain fatty acids on fatty acid biosynthesis of human breast cancer cells. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **50**:137-143.
- 250. YANG Z. H., S. P. LIU., X. D. CHEN., H. CHEN., M. HUANG and J. P. ZHENG. 2000.** Induction of apoptotic cell death and in vivo growth inhibition of human cancer cells by a saturated branched-chain fatty acid, 13-methyltetradecanoic acid. *Cancer Res.* **60**:505-509.
- 251. YILMAZ O., ÇAK B., BOLACALI M. 2011.** Effects of Lactation Stage, Age, Birth Type and Body Weight on Chemical Composition of Red Karaman Sheep Milk. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.* **17 (3)**, 383-386.
- 252. YURAWECZ M. P. and K. M. MOREHOUSE 2001.** Silver-ion HPLC of conjugated linoleic acid isomers. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **103**:609-613.
- 253. YURAWECZ M. P., J. K. HOOD., J. A. G. ROACH., M. M. MOSSOBA., D. H. DANIELS., Y. KU., M. W. PARIZA and S. F. CHIN. 1994.** Conversion of allylic hydroxy oleate to conjugated linoleic acid and methoxy oleate by acid catalyzed methylation procedures. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **71**:1149-1155.
- 254. ZHANG R. H., MUSTAFA A. F., NG-KWAI-HANG K. F., ZHAO X. 2006.** Effects of freezing on composition and fatty acid profiles of sheep milk and cheese. *Small Ruminant Research*, **64**, 203-210.

Résumé :

Le lait ovin, qui est très prisé dans d'autres pays, comme la France où de nombreux fromages de renommée y sont fabriqués, peut répondre aux besoins des populations vivants dans la steppe, qui peuvent le consommer à l'état frais ou transformé sous forme dérivés. L'objectif de notre étude consiste, en effet, à caractériser le lait cru individuel de brebis collecté dans la région de Djelfa (steppe centrale d'Algérie) issus des deux principales races ovines du cheptel Algérien : *Ouled-Djellal* et *Rumbi*. Les résultats obtenus montrent la composition moyenne suivantes (en %) : protéines (4,71), matière grasse (9,83), lactose (4,43), extrait sec total (19,52), extrait sec dégraissé (10,09) qui font état de la bonne valeur nutritionnelle du lait collecté localement. La race *Rumbi* produit un lait plus riche que celui de la race *Ouled Djellal*. L'analyse de la variance à un facteur, montre que la saison a un effet sur tous les paramètres recherchés à l'exception de l'EST. Alors que la parité n'a d'effet significatif que sur le taux butyreux, l'EST et le pH. Le stade de lactation n'influe significativement que le TB et le point de congélation. Pour ce qui est des indices caractéristiques de la matière grasse, aucun d'eux ne semble être affecté par les facteurs cités précédemment. La teneur en cholestérol des échantillons analysés donne une moyenne, invariable, de 362.55 mg/100g de MG. Le profil moyen en Acides gras montre dix-huit pics dont cinq sont les plus représentés : acide palmitique (24.41%), acide oléique (24.18%), acide stéarique (10.84%), acide myristique (10.42%) acide caprique (8.30%). Les AGS représentent 69.64%, les AGI 30.81%. Parmi ces derniers, les monoinsaturés l'emportent sur les polyinsaturés (26.33% vs 4.48%). L'indice d'athérogénicité varie entre 2.36 pour la race *Rumbi* et 2.40 pour la race *Ouled Djellal*. Il semble que le lait de la race *Ouled Djellal* est plus riche en AG à chaînes courtes à l'exception de l'acide butyrique. Au contraire celui de la race *Rumbi* est plus riche en acides gras à chaîne moyenne. Parmi les acides gras à chaîne longue seuls les acides stéarique et arachidique sont influencés par la race et que le lait de la race *Rumbi* en soit le plus riche. La parité a un effet sur la teneur en acides gras insaturés et en particulier les acides gras polyinsaturés. Le stade de lactation affecte beaucoup plus les AGS surtout ceux à chaîne moyenne (C12, C15 et C17). La saison affecte les acides à chaîne courte et à chaîne moyenne, notamment les AGS.

Mots clés : Lait cru, Brebis, Saison, Rang de lactation, Propriétés physico-chimiques, matière grasse, acides gras.

Abstract:

Sheep milk, which is very popular in other countries, like France where for many renowned cheese log manufactured, can meet the needs of populations living in the steppe, which can consume fresh or processed in derivative form. The objective of our study is, in fact, to characterize individual sheep's raw milk collected in the Djelfa region (Algeria Central steppe) from two main sheep breeds of livestock Algerian: *Ouled-RA* and *Rumbi*. The results show the following average composition (in %): proteins (4.71), material fat (9.83), lactose (4.43), total dry extract (19.52), low-fat dry extract (10.09) which are beyond good nutritional value of the locally collected milk. *Rumbi* race produces milk richer than that of race *Ouled Djellal*. The analysis of variance in a factor, shows that season to an effect on all parameters research with the exception of the East. While parity has no significant effect on the buttery rate, Eastern and pH. The stage of lactation influences significantly the TB and the freezing point. With respect to the characteristic indices of fat, none of them seem to be affected by the cited factors previously. The cholesterol content of the samples gives a median of invariable 362.55 mg / 100g of MG. The average fatty acid profile shows eighteen peaks which five are the most represented: Palmitic acid (24.41%), oleic acid (24.18%), stearic acid (10.84%), myristic acid (10.42%) capric acid (8.30%). The AGS represent 69.64%, the AGI 30.81%. Among these last, monounsaturated outweighs the polyunsaturated (26.33% vs. 4.48%). The atherogenicity index ranged from 2.36 to race *Rumbi* and 2.40 for the *Ouled Djellal*. The seems race *Ouled Djellal* milk is richer in AG short chain with the exception of butyric acid. Instead of race *Rumbi* is richer in medium chain fatty acids. Among long-chain fatty acids only stearic and eicosenoic acids are influenced by race and that race *Rumbi* milk is richest. Parity has an effect on the content of unsaturated fatty acids and especially polyunsaturated fatty acids. Lactation stage affects much more AGS especially those medium chain (C12, C15 and C17). The season affects acid short chain and medium chain, including the AGS.

Key words: raw milk, sheep, season, rank of lactation, physico-chemical properties, fat, fatty acids.

ملخص

حليب الغنم، الذي يحظى بشعبية كبيرة في دول أخرى مثل فرنسا حيث يصنع منه عدة أجبان مشهورة، يمكن أن يلبي حاجات السكان الذين يعيشون في السهوب، حيث يمكن أنه يستهلك طازجا أو بعد معالجته على شكل مشتقات، هدف دراستنا هذه يتمثل فعلا في تمييز الحليب النقي الفردي للنعاج الذي تم جمعه في منطقة الجلفة (السهوب للجزائر) من نوعيتين رئيسيتين من الماشية الجزائرية أولاد جلال ورامبي النتائج المتحصل عنها تبين معدل المكونات التالية (نسبة مئوية) بروتينات 4.71 لاكتوز 4.43، المستخرج الجاف الكلي 19.52 المستخرج الجاف بدون دسم 10.09 تبين القيمة الغذائية الجيدة للحليب المجمع كليا سلالة رامبي تنتج حليب أكثر غنى من حليب سلالة أولاد جلال، تحليل المتغير بعامل واحد تبين أن الفصيلة تؤثر على كل العوامل المبحوث عنها ما عدا المستخرج الجاف الكلي بنفس الوقت رتبة الرضاعة ليس لها تأثير واضح إلا على نسبة الدهون، المستخرج الجاف الكلي ودرجة الحموضة pH، مرحلة الرضاعة لا تؤثر بوضوح على نسبة الدهون ونقطة التجميد، بالنسبة للمؤشرات المميزة للدهون أي منها لا يبدو أن تتأثر بالعوامل المذكور سابقا بحتوى من الكولسترول بالنسبة للعينات المحللة يعطى معدل ثابت 362.55 مغ/100 غرام من المادة الدسمة، يظهر التشكيل المتوسط للأحماض الدهنية 18 ذروة من بينهم خمسة الأكثر تمثيلا: حمض النخليك (24.41%)، حمض الأوليك 24.18%، حمض الستياريك 10.84%، حمض الميرستيك 10.42%، حمض الكابريك 8.30%، الأحماض الدهنية المشبعة تمثل 69.44%، الأحماض الدهنية غير المشبعة 30.81%، في هذه الأخيرة أحادية التشعب تتفوق على كثيرات التشعب (26.33% مقابل 4.48%). مؤشر ظهور مرض تصلب الشرايين تتراوح بين 2.36 بالنسبة لسلالة الرامبي و 2.40 لسلالة أولاد جلال. يبدو حليب سلالة أولاد جلال أكثر ثراء من الأحماض الدهنية ذات السلسلة القصيرة ما عدا حمض البينتريك. عكس ذلك حليب سلالة رامبي أكثر ثراء في الأحماض الدهنية ذات السلسلة المتوسطة. من الأحماض الدهنية ذات السلسلة الطويلة، الحمضين الدهنيين الستياريك و الاراسيتيديك يتأثران بعامل السلالة و حليب سلالة الرامبي يعتبر الأكثر ثراء بهما، رتبة الرضاعة تؤثر على المحتوى من الأحماض الدهنية غير المشبعة و خاصة الأحماض الدهنية المتعددة التشعب، مرحلة الرضاعة تؤثر تأثيرا على الأحماض الدهنية المشبعة خاصة ذات السلسلة المتوسطة C12، C15، C17، الفصل الأخير يأتى على الأحماض ذات السلسلة القصيرة و المتوسطة، خاصة الأحماض الدهنية المشبعة.

الكلمات المفتاحية : الحليب النقي، نعجة، فصل، رتبة الرضاعة، الخصائص الفيزيوكيميائية، مادة دهنية، أحماض دهنية.