

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة – المراهش الجزائر
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA) – El-Harrach – Alger

Département : Technologie alimentaire et nutrition humaine

Option : Sciences alimentaires

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Thème

Influence de quelques paramètres de production
sur la composition physico-chimique du lait
et aptitude technologique

Présentée par : M^{lle} MERIBAI Amel

Devant le jury :

Président : M. IKHLEF H.

Professeur (ENSA El Harrach)

Directeur de thèse : M. BELLAL M.M.

Professeur (ENSA El Harrach)

Codirecteur de thèse : M. NOUANI A.

MCA (Univ. Boumerdès)

Examineurs : M. MATI A.

Professeur (Univ. Tizi Ouazou)

M. ZAIDI F.

Professeur (Univ. Bejaïa)

M. MEKIMENE L.

MCA (ENSA El Harrach)

Année universitaire : 2014 / 2015

REMERCIEMENTS

*Tout d'abord, je remercie Dieu Tout Puissant
de m'avoir illuminé le chemin de savoir.*

*J'adresse tout d'abord ma profonde reconnaissance
et mes sincères remerciements à Monsieur **BELLAL M.M.**, Professeur
à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA), pour avoir accepté de diriger
ce travail et pour le soutien scientifique et moral qu'il n'a cessé de me prodiguer.
J'ai été particulièrement touchée par sa rigueur scientifique, la priorité qu'il
m'a accordée malgré ses multiples obligations et ses précieux conseils
qui m'ont permis de travailler dans les meilleures conditions.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères
remerciements, en particulier, à mon Co-directeur de thèse Monsieur
NOUANI A., MCA à l'université de Boumerdes pour sa grande connaissance
dans le domaine, ainsi que son expérience, sa disponibilité exceptionnelle
et pour ses efforts déployés qui ont joué un rôle important dans
la conception de ce travail. Qu'il reçoive aussi mes sincères
remerciements pour les conseils scientifiques
qui ont permis d'améliorer la qualité
des publications faisant
partie de cette
thèse.*

*Votre
soutien,
votre respect et
votre gentillesse Messieurs,
m'ont beaucoup
touchée,
Les
mots ne
pourront jamais
exprimer la profondeur
de ma gratitude.
Remerciements
chaleureux.*

Je tiens également à leur exprimer toute ma reconnaissance pour la confiance qu'ils m'ont accordée dont j'espère avoir été à la hauteur.

Au terme de ce travail, il m'est agréable de remercier :

*Monsieur **IKHLEFH.**, Professeur à l'ENSA, qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de cette thèse,*

*Monsieur **MATI A.**, Professeur à l'université de Tizi-Ouezou, pour avoir accepté de juger ce travail.*

*Monsieur **ZAIDI F.**, Professeur à l'université de Bejaïa, pour avoir accepté de juger ce travail.*

*Monsieur **MEKINENE L.**, MCA à l'ENSA, pour avoir accepté de juger ce travail.*

Que vous trouviez ici, l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je dois également un mot de remerciement à :

*Mr. **ALAOUCHICHE L.**, Mr. **BRAZI H.**, Mr. **LAHIANI S.**, Mr. **HADJI D.**, Mr. **MISSOUM T.**, et Mr. **AIT ABDELMALEK A.**, propriétaires des fermes et des laiteries-fromageries dans lesquelles cette étude a été réalisée, pour leur accueil pendant plus de 10 mois, ainsi qu'à l'ensemble du personnel, ayant contribué à la réussite de l'expérimentation, trouvez ici, le gage de mon infinie gratitude, qu'ils trouvent ici toute ma profonde reconnaissance, je leur souhaite également plein de réussite dans le futur.*

*Je tiens également à remercier Monsieur **BACHARI Khaldoun**, Directeur du Centre de Recherche en Analyses Physico-chimiques (CRAPC), qui m'a permis de bénéficier de nombreux avantages dans le cadre de la réalisation de cette thèse. Un grand Merci, tout spécial, à **SEHAILIA Moussa** et **CHEMAT Smain** pour leur aide et leur soutien et à tout le personnel du CRAPC.*

*Je tiens à remercier également Mr. **BENKHALAT F.**, responsable qualité à la laiterie Beni Tamou, pour son accueil, et sa sympathie. Je remercie aussi le chef de l'atelier pâte molle, Mr. **BENMAAMAR S.**, ainsi qu'à son adjoint Mr. **BOULEKROUNE M.**, pour leur précieuse aide et conseils dans le domaine de la fromagerie. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon profond respect.*

*Je tiens à remercier Mr. **BOUDJNNAH A.**, Directeur de l'Institut Technique d'Elevages de Baba Ali (ITELV) pour son aide et sa gentillesse. Veuillez trouver ici, Monsieur, l'expression de ma reconnaissance pour m'avoir accueillie dans votre laboratoire.*

Je présente mes vifs remerciements à :

Mr. DJBAIRIA, responsable du laboratoire central d'intendance, pour son chaleureux accueil.

Mr. MILOUDI adjoint responsable du laboratoire central d'intendance, pour son chaleureux accueil, et sa disponibilité,

Mr. ZIDOUR M. chef de l'unité toxicologie au laboratoire central d'intendance, pour ses remarques et conseils, ainsi que pour l'échange scientifique qui fut très instructif. Qu'il trouve ici mon respect, le plus profond.

Mes sincères remerciements vont également au personnel de la « laiterie fromagerie de BOUDOUAOU » pour son aide et sa sympathie

Ce travail n'aurait pas vu le jour sans la contribution substantielle de mes étudiants : CHENTIR Imene, MESSAI Ilham et MAROUF ARIBI Mohamed, de l'université de Blida.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance la plus distinguée à mes enseignants qui ont participé à ma formation, pour leurs précieux conseils et directives. Ainsi, qu'au personnel du département de Technologie Alimentaire et Nutrition Humaine, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, un simple merci ne saurait suffire pour traduire ce que je dois à mes proches. Je dois en particulier ce travail à mes parents, qui ont donné beaucoup de leurs forces pour me permettre d'avoir conscience aujourd'hui que la vie offre une multitude de possibilités.

Ce travail a fait l'objet des publications et communications suivantes :

PUBLICATION

1. **Meribai A., Nouani A., Boumediene F., Kouidri A., Sehalia M., Chemat S., Bellal M. M., 2015.** Effect of diet on milk production and fatty acids composition of cow milk in Algeria. *Wulfenia*, Vol 22, No. 3, pp. 293-304.

COMMUNICATIONS

1. **Meribai A., Ouabdesselam L., Nouani A., Bellal M. M., 2012.** Influence de l'alimentation sur la qualité nutritionnelle du lait. 2012. Congrès international de nutrition (SAN), Oran, décembre 2012.
2. **Meribai A., Ouabdesselam L., Nouani A., Bellal M. M., 2013.** Effet de l'introduction des drêches de distillerie dans l'alimentation des vaches laitières sur la qualité nutritionnelle du lait. Le Vème Salon national de Médecine Vétérinaire sur l'impact de la santé animale en santé publique, Blida, avril 2013.

Liste alphabétique des abréviations :

°D : degré Dornic

AG : acides gras

AGLC : acides gras à longue chaîne

AGMC : acides gras à moyenne chaîne

AGS : acides gras saturés

B.L.A : bovin laitier amélioré

B.L.L. : bovin laitier local

BLM : bovin laitier moderne

ESD : extrait sec dégraissé

EST : extrait Sec Total

G/S : Gras sur sec

H : Holstein

H % : teneur en eau

ha : Hectares

j : jours

M : Montbéliarde

MAT : matières azotées totales

MG : matière grasse

Min : minutes

Moy. : moyenne

MS : moyenne des scores

NNP : azote non protéique

NST : azote non caséique

NT : azote total

p : probabilité

Pr : Protéine

PS : protéines solubles

r : coefficient de corrélation

TB : taux butyreux

TCA : acide trichloracétique

kg/j/v : Kilogramme par jour par vache

l : Litre

TP : taux protéique

α : seuil de signification

SR : somme des rangs

UF : unité fourragère

Liste des acronymes

AFNOR : Association Française de Normalisation

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

FAO : Food Agriculture Organisation

MADRPM : Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche Maritime

MC : Ministère du Commerce

OMC : Organisation Mondiale du Commerce

ONFAA : Observatoire National des Filières Agricoles et Agroalimentaires

ONIL : Office Nationale Interprofessionnel du Lait

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1 Evolution du cheptel bovin entre 1963 et 2014	5
Tableau 2 Evolution de la production laitière nationale entre 1984 et 2014	7
Tableau 3 Evolution de la collecte nationale du lait et du taux d'intégration entre 1970 et 2014	8
Tableau 4 La composition moyenne du lait de vache de race laitière	16
Tableau 5 Composition moyenne des matières azotées du lait de vache	18
Tableau 6 Symboles, proportions et points de fusion des principaux acides gras présents dans les triglycérides du lait	22
Tableau 7 Composition et répartition de l'effectif étudié (Têtes)	34
Tableau 8 Structure du cheptel mis en expérimentation	57
Tableau 9 Formulation des rations alimentaires distribuées au niveau des 3 exploitations retenues	58
Tableau 10 Formulation des aliments concentrés utilisée au niveau des 3 exploitations retenues (%)	59
Tableau 11 Composition globale des rations alimentaires R1 et R2 (%)	61
Tableau 12 Résultats des différents paramètres du lait en fonction de l'alimentation...	63
Tableau 13 Rapport Fourrage/Concentré des rations alimentaires utilisées au cours de l'expérimentation.....	69
Tableau 14 Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de l'alimentation	70
Tableau 15 Répartition des vaches laitières au cours de l'étude	77
Tableau 16 Formules des aliments concentrés utilisé au cours de l'essai (%)	79
Tableau 17 Résultats de l'analyse globale des composants des aliments concentrés utilisés pendant l'expérimentation (%)	79
Tableau 18 Données sur la composition chimique des drêches de maïs et d'orge et comparaison avec celle du maïs et d'orge (%)	81
Tableau 19 Production moyenne des vaches laitières à la fin de la période expérimentale, en fonction de la nature de l'aliment concentré	82
Tableau 20 Ecart de production laitière entre les lots en fonction de la race (l/j)	84
Tableau 21 Production minimale, moyenne et maximale des vaches laitières à la fin de la période expérimentale	85
Tableau 22 Production laitière moyenne des vaches laitières en fonction de l'interaction entre l'aliment concentré et la race	86
Tableau 23 Résultats des différents paramètres du lait en fonction de la nature de l'aliment concentré pour les races H et M	89
Tableau 24 Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de l'interaction entre la nature de l'aliment concentré et la race ...	94
Tableau 25 Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de la nature de l'aliment concentré	95
Tableau 26 Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de la race	101
Tableau 27 Structure du cheptel étudié au cours de l'essai	104

Tableau 28	Résultats des différents paramètres du lait en fonction de la race	106
Tableau 29	Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de la race	109
Tableau 30	Structure du cheptel étudié au cours de l'essai	114
Tableau 31	Evolution des différents paramètres du lait en fonction du numéro de lactation pour les races H et M	116
Tableau 32	Variation de la composition en acides gras saturés de la matière grasse du lait en fonction du numéro de lactation	123
Tableau 33	Variation de la composition en acides gras mono-insaturés de la matière grasse du lait en fonction du numéro de lactation.....	128
Tableau 34	Variation de la composition en acides gras poly-insaturés de la matière grasse du lait en fonction du numéro de lactation	131
Tableau 35	Structure du cheptel étudié au cours de l'expérimentation	135
Tableau 36	Résultats de la variation des différents paramètres du lait en fonction du mois de lactation pour les races H et M	137
Tableau 37	Variation de la composition en acides gras saturés de la matière grasse du lait en fonction du mois de lactation	148
Tableau 38	Evolution de la composition en acides gras mono-insaturés de la matière grasse du lait en fonction du mois de lactation	153
Tableau 39	Variation de la composition en acides gras poly-insaturés de la matière grasse du lait en fonction du mois de lactation	157
Tableau 40	Composition chimique des laits utilisés pour la fabrication fromagère	162
Tableau 41	Résultats de la variation du rendement fromager des fromages issus des trois lactations	163
Tableau 42	Résultats de la variation des différents paramètres du fromage à pâte molle en fonction de l'interaction Type d'affinage*Numéro de lactation	164
Tableau 43	Résultats de la variation des différents paramètres physico-chimiques des fromages en fonction du type d'affinage (toute lactation confondue)	166
Tableau 44	Composition chimique des laits utilisés pour la fabrication fromagère	168
Tableau 45	Résultats de la variation des différents paramètres du fromage à pâte molle en fonction de l'interaction Saison*Numéro de lactation	170
Tableau 46	Résultats de la variation des différents paramètres du fromage à pâte molle en fonction de la saison (toute lactation confondue)	173
Tableau 47	Résultats de la variation des différents paramètres du fromage à pâte molle en fonction du numéro de lactation	176
Tableau 48	Matrice de corrélation entre les facteurs de production, les paramètres physico-chimiques du lait et ceux du fromage	179
Tableau 49	Tableau récapitulatif des résultats de l'analyse sensorielle des différents fromages	188
Tableau 50	Variation des paramètres physico-chimiques des différents fromages en fonction de l'agent coagulant	191
Tableau 51	Variation des paramètres physico-chimiques du Camembert en fonction de l'interaction entre l'agent coagulant, la race et le numéro de lactation	195
Tableau 52	Tableau récapitulatif des résultats de l'analyse sensorielle des différents fromages	202

Liste des figures

	Page
Figure 1 Localisation de la ferme ANDLESS	36
Figure 2 Vue sur la ferme de référence ANDLESS	36
Figure 3 Localisation de la commune de H'raoua	42
Figure 4 Image satellite de la ferme d'étude Labiba(2015)	42
Figure 5 Variation moyenne de l'extrait sec total et dégraissé des laits en fonction de l'alimentation	64
Figure 6 Valeurs moyennes du taux protéique en fonction de la ration alimentaire ...	65
Figure 7 Valeurs moyennes du taux butyreux et des acides gras des laits en fonction de l'alimentation.....	67
Figure 8 Variation de la part de certains acides gras de la matière grasse du lait en fonction des trois rations alimentaires étudiées	71
Figure 9 Evolution de la production laitière moyenne par vache en fonction de la nature du concentré pour les vaches Holstein et Montbéliarde	83
Figure 10 Evolution de la production laitière moyenne par palier de signification en fonction de la nature du concentré pour les vaches Holstein	87
Figure 11 Evolution de la production laitière moyenne par palier de signification en fonction de la nature du concentré pour les vaches Montbéliarde	88
Figure 12 Variation des taux d'extrait sec total et dégraissé en fonction de la nature du concentré	90
Figure 13 Variation du taux protéique en fonction de la nature du concentré.....	91
Figure 14 Variation du taux butyreux et d'acides gras en fonction de la nature du concentré	92
Figure 15 Variation des proportions des acides gras saturés, des acides gras mono et polyinsaturés en fonction de la nature du concentré	96
Figure 16 Variation des proportions des acides grassaturés et insaturés en fonction de la nature du concentré	97
Figure 17 Variation du taux d'extrait sec total en fonction de la race	107
Figure 18 Variation du taux protéique en fonction de la race	107
Figure 19 Variation des taux butyreux et d'acides gras en fonction de la race	108
Figure 20 Variation des teneurs en acide palmitique C16:0 et en acides gras saturés en fonction de la race	110
Figure 21 Variation des teneurs en acide oléique C18:1 et en acides gras mono-insaturés en fonction de la race	110
Figure 22 Variation de la teneur en acides gras poly-insaturés en fonction de la race...	111
Figure 23 Variation de l'EST et de l'ESD en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M.....	117
Figure 24 Evolution du taux protéique en fonction du numéro de lactation	118

Figure 25	Evolution du taux protéique par palier de signification en fonction du numéro de lactation.....	119
Figure 26	Evolution du taux butyreux et d'acides gras en fonction du numéro de lactation	120
Figure 27	Evolution du taux butyreux et d'acides gras par palier de signification en fonction du numéro de lactation	121
Figure 28	Evolution du taux d'acides gras saturés en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M	124
Figure 29	Evolution de la part des acides gras saturés par palier de signification en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M	125
Figure 30	Evolution de la part de l'acide myristique C14:0 en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M	127
Figure 31	Evolution de la part de l'acide palmitique C16:0 en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M	127
Figure 32	Evolution de la part des acides gras mono-insaturés (AGMI) en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M	129
Figure 33	Evolution de la part des acides gras mono-insaturés (AGMI) palier de signification en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M.....	129
Figure 34	Evolution de la part de l'acide oléique C18:1 en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M.....	130
Figure 35	Evolution de la part des acides gras poly-insaturés (AGPI) en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M	131
Figure 36	Evolution de l'extrait sec total en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	138
Figure 37	Variation de l'extrait sec total entre début, milieu et fin de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	139
Figure 38	Evolution de l'extrait sec dégraissé en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	139
Figure 39	Variation de l'extrait sec dégraissé entre début, milieu et fin de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	140
Figure 40	Evolution du taux protéique en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	141
Figure 41	Evolution du taux protéique moyen par palier de signification en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	142
Figure 42	Variation du taux protéique entre début, milieu et fin de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	143
Figure 43	Evolution du taux butyreux en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	144
Figure 44	Evolution du taux butyreux moyen par palier de signification en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	145
Figure 45	Variation du taux butyreux entre début, milieu et fin de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	146
Figure 46	Evolution du taux d'acides gras en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	147
Figure 47	Evolution du taux d'acides gras saturés en fonction du mois de lactation	149

pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

Figure 48	Evolution de la part des acides gras saturés par palier de signification en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	150
Figure 49	Evolution de la part de l'acide myristique C14:0 en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	151
Figure 50	Evolution de la part de l'acide palmitique C16:0 en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	151
Figure 51	Evolution de la part de l'acide stéarique C18:0 en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	152
Figure 52	Evolution de la part des acides gras mono-insaturés (AGMI) en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	154
Figure 53	Evolution de la part des acides gras mono-insaturés (AGMI) palier de signification en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	155
Figure 54	Evolution de la part de l'acide oléique C18:1 en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	155
Figure 55	Evolution de la part des acides gras poly-insaturés (AGPI) en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)	156
Figure 56	Diagramme des fabrications fromagères au cours des deux saisons étudiées.	161
Figure 57	Variation des paramètres physico-chimiques des fromages en fonction de l'interaction du type d'affinage avec le numéro de lactation	165
Figure 58	Variation des paramètres physico-chimiques des fromages en fonction du type d'affinage (toute lactation confondue)	157
Figure 59	Variation des paramètres physico-chimiques des fromages en fonction de l'interaction de la saison avec le numéro de lactation	172
Figure 60	Variation des paramètres physico-chimiques des fromages en fonction de la saison (toute lactation confondue)	174
Figure 61	Variation des paramètres physico-chimiques des fromages en fonction du numéro de lactation	177
Figure 62	Somme des rangs et moyenne des scores de l'aspect général des fromages..	182
Figure 63	Somme des rangs et moyenne des scores de la texture des fromages.....	184
Figure 64	Somme des rangs et moyenne des scores du goût des fromages	185
Figure 65	Variation des paramètres physico-chimiques du camembert en fonction de l'agent coagulant	193
Figure 66	Variation des paramètres physico-chimiques du camembert en fonction de l'interaction entre l'agent coagulant, la race et le numéro de lactation	196
Figure 67	Somme des rangs et moyenne des scores de l'aspect général des fromages..	199
Figure 68	Somme des rangs et moyenne des scores de la texture des fromages	200
Figure 69	Somme des rangs et moyenne des scores du goût des fromages	201

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
-----------------------------	---

Première partie : **SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

I. Situation de l'élevage bovin en Algérie	4
I.1. Généralités	4
I.2. Evolution du cheptel bovin	4
I.3. Evolution de la production laitière	6
I.4. Evolution de la collecte du lait cru	7
I.5. Les races bovines en Algérie	8
I.6. Contraintes majeures liées à l'élevage des bovins en Algérie	9
I.7. Politique de développement de l'élevage bovin	11
I.8. Perspectives d'appui à l'amélioration de l'élevage bovin laitier	13
II. Le lait de vache et dérivés	14
II.1. Généralités	14
II.2. Consommation du lait et des produits laitiers en Algérie	14
II.3. Propriétés nutritionnelles du lait	15
II.4. Fabrication d'un fromage	23
III. Effets des facteurs de production sur la qualité du lait	26
III.1. Facteurs liés à l'animal	26
III.2. Facteurs liés à l'environnement	28

Deuxième partie : **EXPERIMENTTION**

Chapitre I : **Présentation des sites d'étude**

I. Critères de choix des sites d'étude	34
II. Ferme ANDLESS (Bejaïa)	35
III. Ferme Lahiani Achour &Fils (Tipaza)	37
IV. Ferme Brazi Hamdane (Blida)	38
V. Ferme Hadji Djamel (Blida)	39
VI. Ferme El-Boukhari (Médéa)	40
VII. Ferme Labiba (Alger)	41

Chapitre II : **Essai de fabrication des fromages**

Essai I : **Etapes de fabrication du fromage à pâte molle type Camembert (Fromagerie Saint-Amour)**

I.1. Prélèvement de lait	43
I.2. Préparation de lait	43

I.3.	Emprésurage et coagulation	43
I.4.	Découpage, brassage et moulage	43
I.5.	Egouttage	44
I.6.	Démoulage et salage	44
I.7.	Affinage	44

**Essai II : Etapes de fabrication du fromage à pâte molle type Camembert
(Fromagerie ANDLESS)**

II.1.	Prélèvement de lait	45
II.2.	Préparation du lait	45
II.3.	Emprésurage et coagulation	45
II.4.	Découpage, brassage et moulage	46
II.5.	Egouttage	46
II.6.	Démoulage, salage et ressuyage	47
II.7.	Affinage	47

Chapitre III : Méthodes analytiques

I.	Analyses physico-chimiques du lait	48
I.1.	pH initial	48
I.2.	Acidité titrable	48
I.3.	Densité	48
I.4.	Extrait sec total et dégraissé	48
I.5.	Taux protéique	48
I.6.	Taux butyreux et d'acides gras	48
I.7.	Etude du profil en acides gras de la matière grasse du lait	49
II.	Analyses des fromages	50
II.1.	Analyses physico-chimiques	50
II.1.1.	Rendement fromager	50
II.1.2.	Extrait sec total du fromage (EST-F)	50
II.1.3.	Taux butyreux du fromage (TB-F)	50
II.1.4.	Taux protéique du fromage (TP-F)	50
II.1.5.	Teneur en sel (NaCl) du fromage	50
II.2.	Analyses microbiologiques	51
II.2.1.	Flore mésophile aérobie totale (FMAT)	51
II.2.2.	Coliformes totaux et fécaux	51
II.2.3.	<i>Staphylococcus aureus</i>	51
II.2.4.	Salmonelles	52
II.2.5.	Sreptocoques fécaux	52
II.2.6.	<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	52
II.3.	Analyse sensorielle	53

III. Analyses de l'aliment de bétail	54
III.1. Teneur en matière sèche	54
III.2. Teneur en cellulose brut	54
III.3. Teneur en protéine	54
III.4. Teneur en matière grasse	54
IV. Analyses statistique	54
IV.1. Analyse de variance	55
IV.2. Corrélation	55
IV.3. Régression linéaire multiple	55

Troisième partie : RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre I : Etude de l'effet de l'alimentation

Essai I : Etude de l'influence de l'alimentation sur la composition physico-chimique du lait dans la région de Mitidja

I.1. Introduction	56
I.2. Méthodologie	57
I.3. Résultats et discussion	63
I.3.1. Composition chimique du lait	63
I.3.1.1. pH et acidité	64
I.3.1.2. Extrait sec total et dégraissé	64
I.3.1.3. Taux protéique	65
I.3.1.4. Taux butyreux et d'acides gras	67
I.3.1.5. Composition en acides gras	69
I.4. Conclusion	74

Essai II : Influence de la nature du concentré sur la production laitière et la composition du lait

II.1. Introduction	76
II.2. Méthodologie	77
II.3. Résultats et discussion	82
II.3.1. Variation de la production laitière	82
II.3.2. Composition chimique du lait	89
II.3.2.1. pH, extrait sec total et extrait sec dégraissé	90
II.3.2.2. Taux protéique	91
II.3.2.3. Taux butyreux et d'acides gras	92
II.3.2.4. Composition en acides gras	93
II.4. Conclusion	102

Chapitre II : Etude de l'effet de la race sur la composition physico-chimique du lait

1. Introduction	103
2. Méthodologie	103
3. Résultats et discussion	105
3.1.Composition chimique du lait	105
3.2.pH et extrait sec total	106
3.3.Taux protéique	107
3.4.Taux butyreux et d'acides gras	108
3.5.Composition en acides gras	109
4. Conclusion	112

Chapitre III : Etude de l'effet du numéro de lactation sur la composition physicochimique du lait

1. Introduction	113
2. Méthodologie	113
3. Résultats et Discussion	114
3.1. Composition chimique du lait	114
3.1.1. pH, acidité, densité, extrait sec total et dégraissé	117
3.1.2. Taux protéique	118
3.1.3. Taux butyreux et d'acides gras	120
3.1.4. Composition en acides gras	122
4. Conclusion	132

Chapitre IV : Effet de la période de lactation sur la composition physico-chimique du lait

1. Introduction	134
2. Méthodologie	134
3. Résultats et discussion	135
3.1.Composition chimique du lait	135
3.1.1. pH et acidité	136
3.1.2. Extrait sec total (EST)	138
3.1.3. Extrait sec dégraissé (ESD)	139
3.1.4. Taux protéique	141
3.1.5. Taux butyreux et d'acides gras	144
3.1.6. Composition en acides gras	147
4. Conclusion	157

Chapitre V : Influence des facteurs de production du lait sur la qualité des fromages élaborés

Essai I : Influence de la saison et du numéro de lactation sur la qualité du fromage type camembert

I.1. Introduction	159
-------------------------	-----

I.2.	Méthodologie	159
I.3.	Résultats et discussion	162
I.3.1.	Physicochimie des fromages	162
I.3.1.1.	Effet de l'interaction Type d'affinage*Numéro de lactation	162
I.3.1.2.	Effet du type d'affinage indépendamment de la lactation	166
I.3.1.3.	Effet de l'interaction Saison*Numéro de lactation	168
I.3.1.4.	Effet de la saison indépendamment de la lactation	173
I.3.1.5.	Effet du numéro de lactation	175
I.3.1.6.	Corrélation entre les paramètres physico-chimiques du lait et du fromage	178
I.3.2.	Qualité sensorielle	181
I.3.2.1.	Aspect général	182
I.3.2.2.	Texture	184
I.3.2.3.	Goût	185
I.4.	Conclusion	187

Essai II : Effet de l'agent coagulant, de la race et du numéro de lactation sur la qualité du fromage type camembert

II.1.	Introduction	189
II.2.	Méthodologie	189
II.3.	Résultats et discussion	191
II.3.1.	Physicochimie des fromages	191
II.3.1.1.	Influence de l'agent coagulant	191
II.3.1.2.	Influence de l'interaction entre l'agent coagulent, la race et le numéro de lactation	194
II.3.2.	Qualité sensorielle	197
II.3.2.1.	Aspect général	198
II.3.2.2.	Texture	199
II.3.2.3.	Goût	201
II.4.	Conclusion	202
CONCLUSION GÉNÉRALE		203

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

**INTRODUCTION
GÉNÉRALE**

En Algérie, la filière lait s'inscrit dans un contexte socioéconomique qui se caractérise par l'insuffisance de ses productions face à l'augmentation des besoins induits particulièrement par l'accroissement démographique de la population algérienne (BENYOUCEF, 2005). En effet, l'Algérie produit actuellement environ 3,5 milliards de litres de lait cru par an et en importe l'équivalent de 1,5 à 2 milliards de litres, alors que la consommation est estimée à plus de 5,5 milliards de litres/an (MADRP, 2015). Depuis les années 70, l'Algérie faisait appel à l'importation des vaches laitières à haut potentiel génétique dans l'espoir de réduire la dépendance du pays vis-à-vis de l'étranger. En 2014, l'effectif bovin a atteint 2,05 millions de têtes (MADRP, 2015).

En outre, l'écart entre les besoins et l'offre en fourrages est de 5,2 Milliards d'UF, cela permet de constater l'existence d'un énorme déficit que l'on peut considérer comme une menace pour la durabilité des systèmes d'élevage en Algérie (CHEHAT et BIR, 2008). Pour les élevages hors sol, le recours à la complémentation sous forme d'aliments concentrés est la solution la plus couramment pratiquée par l'éleveur, ce qui rend la ration fortement déséquilibrée car, composée pour l'essentiel, d'aliments concentrés (CHEHAT et BIR, 2008).

Par ailleurs, les éleveurs doivent produire un lait de qualité. En effet, cette dernière reste très subjective et elle aura des définitions différentes à chaque niveau de la filière. Pour le producteur, la qualité est une absence d'impuretés et une présence de taux de matière utile élevé ; l'industriel réclame une matière première au rendement de transformation élevé, tandis que le consommateur désire un produit sans risque pathogène aux qualités sensorielles satisfaisantes. Or, plusieurs facteurs interviennent dans la détermination de la qualité du lait, qui sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade physiologique,...), soit au milieu (alimentation, saison,...). La recherche dans le domaine laitier doit s'intéresser non seulement au développement quantitatif de la production mais aussi au développement qualitatif afin de satisfaire les exigences des transformateurs. Le présent travail s'intéresse aux différents facteurs de production qui jouent un rôle majeur dans la variation de la production et de la qualité physico-chimique du lait.

En effet, la maîtrise de certains facteurs tels que les facteurs génétiques et l'alimentation est très intéressante puisqu'elle peut permettre à l'éleveur d'agir sur la composition du lait et améliorer ses caractéristiques, mais si la sélection génétique a un effet à moyen et long terme, l'alimentation, elle, peut agir à court terme.

En Algérie, la ration alimentaire est différente d'une région à une autre, et d'une exploitation à une autre. Ce constat nous a incité à nous interroger sur l'effet de certains systèmes alimentaires, pratiqués en Algérie, sur la qualité chimique du lait et des fromages élaborés. Cet effet qui se manifeste aussi bien à travers le type d'aliment distribué à l'animal que sa part dans la ration totale. Par ailleurs, l'Algérie dispose d'importantes quantités de sous-produits agricoles et agro-industriels, il s'agit entre autres drêche. Dans ce contexte, et compte tenu de la nécessité de réduire les coûts alimentaires, il nous a paru intéressant de comparer la réponse des vaches laitières vis-à-vis de l'incorporation de drêches dans l'aliment concentré.

En revanche, et parmi les facteurs de production, l'âge et le stade de lactation constituent des paramètres importants que l'éleveur ne peut maîtriser. Il est donc important de connaître et de maîtriser les effets relatifs aux modalités de lactation sur la qualité chimique du lait et des fromages élaborés.

Ce travail s'inscrit dans cette optique, et porte sur plusieurs études, dans les conditions réelles d'élevage bovin en Algérie, à savoir :

- L'étude de la réponse des vaches laitières vis-à-vis de trois systèmes alimentaires différents, pratiqués dans la région de Mitidja ;
- L'étude de l'effet de l'incorporation de drêches, de brasserie et de distillerie, dans l'aliment concentré sur la production laitière et la qualité physico-chimique du lait ;
- L'étude de l'effet propre de la race, chez des vaches laitières introduites en Algérie (Holstein et Montbéliarde), sur la composition chimique du lait ;
- L'étude de l'évolution des paramètres de la composition physico-chimique du lait au cours des 4 premières lactations ;
- L'étude de la variation de la qualité physico-chimique du lait en fonction de la période de lactation (mois et stade de lactation).

Ces études ont été associées à la possibilité de produire des fromages à pâte molle type « Camembert », à partir de lait issu de vaches de race Holstein et Montbéliarde, primipares et multipares, au cours de deux saisons, avec deux agents coagulants (présure commerciale et pepsine ovine), et utilisant deux modes d'affinage (hâloir et cave traditionnelle), afin de pouvoir mettre l'accent sur les différences de leur aptitude à la transformation fromagère conditionnée par la richesse en matière utile. A cet effet, ce travail a été conduit dans 6 fermes et a mobilisé un

effectif constitué 724 vaches laitières de race Holstein et Montbéliarde, et ayant des numéros de lactation 1, 2, 3 ou 4.

Un autre objectif de cette étude vise à analyser la possibilité d'avoir une estimation précoce du rendement fromager, en particulier, dans les conditions réelles de production de l'Algérie, et sans modification des caractéristiques du lait avant la transformation.

Le document présenté est constitué de 3 parties :

- la première partie est consacrée à une synthèse bibliographique des connaissances relatives au thème développé (situation de l'élevage bovin en Algérie, les propriétés physico-chimiques et aptitude technologique du lait, et les facteurs de variation de la composition du lait).
- La deuxième partie décrit les fermes d'élevage étudiées, les étapes de fabrication du fromage à pâte molle, le matériel et les méthodes d'analyse du lait, du fromage et de l'aliment de bétail, et les méthodes statistiques adoptées pour l'exploitation des résultats obtenus.
- La troisième partie rassemble les résultats et discussions des différents essais réalisés en fonction des différents facteurs de production retenus.

Première partie

SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

I. Situation de l'élevage bovin en Algérie :

I.1. Généralités :

Les besoins algériens en lait et produits laitiers sont très importants. La consommation qui était en moyenne de 54 litres de lait /hab./an en 1969, est passée à 75 l/hab./an en 1978, puis à 120 l/hab./an en 2006 et à plus de 140 l/hab./an en 2011 (SOUKEHAL, 2013). L'Algérie en est le plus gros consommateur au niveau maghrébin ; et avec une population de 40 millions d'habitants en 2013, la consommation nationale s'élève à plus de 5,5 milliards de litres (SOUKEHAL, 2013). Face à cette demande de plus en plus importante, la production locale (3,5 milliards de litres) est loin d'y répondre.

Cette forte consommation est favorisée par la politique de prix pratiquée par l'état algérien, qui encourage la consommation par rapport à la production. Conjuguée avec une démographie extrêmement importante, cette politique a conduit à une augmentation de la demande, dont le surplus est naturellement compensé par les importations (MEZANI, 2000; BOURBOUZE *et al.*, 1989).

Par ailleurs, répertoriée comme étant le troisième importateur mondial de poudre de lait écrémé et le deuxième mondial, en ce qui concerne la poudre de lait entier (ONFAA, 2014), l'Algérie n'a pu faire face à la grande demande en lait et produits laitiers.

L'industrie laitière fonctionne essentiellement sur la base de matières premières importées. Sur le plan technologique, elle est fondamentalement un « processus de recombinaison » consistant en la réhydratation de poudre de lait à laquelle est associée de la matière grasse (AMELLAL, 1995).

I.2. Evolution du cheptel bovin :

L'estimation de l'effectif du cheptel bovin et de leur croît annuel est faite sur la base des données statistiques fournies par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche Maritime (MADRPM, 2015).

L'effectif bovin total est passé de 525 000 têtes en 1963 à 1 327 000 têtes en 1979 (Tableau 1), il a plus que doublé sur cette période avec un croît annuel moyen de 9,41 % entre 1963 et 1969 et de 4,99 % entre 1970 et 1979. Durant les décennies 80 et 90, on a enregistré des valeurs de croît annuel moyen plus faibles : 0,37 % entre 1980 et 1989 et 1,34 % entre 1990 et 1999 ; l'effectif est passé de 1 355 000 têtes en 1980 à 1 580 000 têtes en 1999.

En outre, pour les années 2000, le croît annuel moyen a régressé : 0,55 %, l'effectif est passé de 1 595 380 têtes en 2000 à 1 682 433 têtes en 2009. YAKHLEF a observé, dès 1989, que le rythme d'évolution numérique du cheptel bovin par rapport au nombre d'habitants s'avérait lent. Cette situation persiste toujours. D'après MADANI *et al.* (2003), depuis les années 70, l'Algérie faisait appel à l'importation des vaches laitières à haut potentiel génétique dans l'espoir de réduire la dépendance du pays vis-à-vis de l'étranger en matière de lait et produits laitiers.

Entre 2010 et 2014, le croît annuel moyen a augmenté pour atteindre 3,46 %, l'effectif qui était de 1 747 700 têtes en 2010, est passée à 2 050 652 têtes en 2014.

L'effectif de vaches laitières est passé de 300 000 têtes en 1963 à 1 073 512 têtes en 2014. Il a plus que triplé avec un croît annuel moyen de 9,48 % entre 1963 et 1969, 6,19 % entre 1970 et 1979, -0,49 % entre 1980 et 1989, 2,39 % entre 1990 et 1999, -1,15 % entre 2000 et 2009, et 3,43 % entre 2010 et 2014.

Tableau 1 : Evolution du cheptel bovin entre 1963 et 2014 (MADRPM, 2015)

Année	Effectif bovin (milliers de têtes)	Effectif vaches laitières (milliers de têtes)	Croît total bovin (%)	Croît vaches laitières (%)
1963	525,0	300,0	9,41	9,48
1969	871,0	499,0		
1970	885,0	507,0	4,99	6,19
1979	1327,0	821,0		
1980	1355,0	844,0	0,37	-0,49
1989	1405,0	803,0		
1990	1393,0	797,0	1,34	2,39
1999	1580,6	988,7		
2000	1595,4	997,1	0,55	-1,15
2009	1682,4	882,3		
2010	1747,7	915,4	3,46	3,43
2011	1790,1	940,7		
2012	1843,9	966,1		
2013	1909,5	1008,6		
2014	2049,7	1072,5		

I.3. Evolution de la production laitière :

En Algérie, les systèmes d'élevage sont d'abord à l'origine d'une production de viandes, ils sont aussi à l'origine d'une production de lait. Le lait produit localement provient des diverses espèces animales élevées (bovins, ovins, caprins et camélidés) mais le lait de brebis, de chèvre ou de chamelle est surtout destiné à l'alimentation des jeunes animaux, le reliquat étant auto-consommé par l'éleveur et sa famille alors que ce sont les vaches qui sont à l'origine de la quasi-totalité de la production domestique commercialisée. Cette production ne couvre jusqu'ici que 63 % d'une consommation encore faible évaluée à 140 l/hab./an (SOUKEHAL, 2013).

L'examen de l'évolution de la production laitière nationale par période montre qu'elle est passée en moyenne de 846,8 millions de litres durant la période 1984-1989 (Tableau 2) réalisant un croît global moyen de 7,10 % par an. Son évolution moyenne durant les périodes suivantes (1990-1999 et 2000-2009) a été respectivement d'environ 1,09 milliards de litres et 1,58 milliards de litres avec un croît moyen respectif de 5,20 % et 5,12 %.

Par ailleurs, durant ces deux dernières années, la production laitière nationale a été multipliée fois deux par rapport à l'année 2000, passant ainsi à 3,37 milliards de litres en 2013, et à 3,55 milliards de litres en 2014, avec un croît annuel moyen de 6,96 %.

Selon BENYOUCEF (2005), les races laitières spécialisées (BLM), fournissent l'essentiel de la production réellement collectable pour la transformation industrielle.

Le taux de croissance annuel de la production du lait cru est resté relativement faible, compte tenu du potentiel des bassins laitiers existants et comparativement à l'essor de la demande en lait et produits laitiers qui ne cesse d'augmenter, en relation avec le soutien de l'Etat aux prix à la consommation du lait industriel (TAMMAR, 2007).

Malgré les efforts déployés, la production nationale laitière demeure faible à l'égard du potentiel génétique notamment dans la catégorie BML qui peut produire près de 5000 à 6000 Kg de lait/lactation dans son pays d'origine (KALI *et al.*, 2011). La production de lait de vaches participe à hauteur de 70 à 75 % dans la production nationale de lait (BRABEZ, 2012).

Tableau 2 : Evolution de la production laitière nationale entre 1984 et 2014 (MADRPM, 2015)

Périodes	Production laitière nationale (Milliards de litres)	Croît annuel moyen (%)
1984-1989	0,85	7,10
1990-1999	1,09	5,20
2000	1,58	5,12
2009	2,39	
2010	2,63	6,96
2011	2,93	
2012	3,09	
2013	3,37	
2014	3,55	

I.4. Evolution de la collecte du lait cru :

La collecte du lait cru a atteint les 42,7 millions de litres en moyenne durant la décennie 1970 - 1979 (Tableau 3). Le taux d'intégration, qui correspond à la part du lait collecté dans les quantités totales produites, reste très faible : 7,2 %. Durant la décennie 1980 – 1989, la collecte a été en moyenne de 46 millions de litres avec un taux d'intégration réduit : 2,2 %. Selon BENYOUCEF (2005), labaisse de la collecte peut être expliquée par l'augmentation de la transformation industrielle de lait recombinaé à base de poudre de lait. Toutefois, les quantités collectées ont fortement progressé au cours de la décennie 1990 - 1999, passant ainsi à 76,20 millions de litres, avec un taux d'intégration de 7,14 %. Selon BENCHARIF (2001), cela probablement en relation avec la forte amélioration des prix du lait cru qui est passée de 7 DA/l à 22 DA/l.

Entre 2000 et 2009, la collecte a atteint 200,2 millions de litres de lait, représentant un taux d'intégration de 10,06 %. Selon BENYOUCEF (2005), la production de lait cru disponible dans les exploitations agricoles reste encore faiblement intégrée dans la transformation industrielle. La quantité de lait collectée, par rapport à l'année 2009, a été multipliée fois 4 passant ainsi, à 892,6 millions de litres en 2014, ce qui représente un taux d'intégration de 21,52 % sur les cinq dernières années.

Selon BRABEZ (2012), La collecte de lait qui fait l'objet de l'intérêt des services agricoles a une tendance à la hausse. La dynamique de la collecte de lait est enclenchée depuis 2009. Elle peut s'expliquer, en partie, par la revalorisation de la prime à la collecte. Les transformateurs

déploient, aussi, des stratégies qui peuvent constituer des incitations non négligeables pour les éleveurs.

Tableau 3 : Evolution de la collecte nationale du lait et du taux d'intégration entre 1970 et 2014 (MADRPM, 2015)

Périodes	Quantité moyenne du lait collecté (Millions de litres)	Taux d'intégration moyen (%)
1970-1979	42,70	7,20
1980-1989	46,00	2,20
1990-1999	76,20	7,14
2000-2009	200,2	10,06
2010	393,3	21,52
2011	536,3	
2012	700,9	
2013	831,9	
2014	982,6	

I.5. Les races bovines en Algérie :

Le cheptel bovin est estimé à environ 2,05 milliards de têtes dont 1,07 milliards de têtes sont des vaches laitières, soit environ 52,34 % (MADRPM, 2015).

Ce cheptel est composé de deux types de populations :

- La population bovine moderne en système de production intensif : 30,66 % du total des vaches laitières. Ils sont constitués de races importées principalement de pays d'Europe (Frisonne Pie Noire, Pie Rouge de l'Est et Montbéliarde), dont l'introduction avait débuté avec la colonisation du pays (EDDEBBARH, 1989). Ces races sont bien répandues dans les régions littorales et sublittorales. On y rencontre également d'autres races bovines laitières (Holstein et Ayershire) dans des exploitations privées. Ces races ont été importées pour développer la production laitière. Elles donnent des résultats intéressants (3000 à 4000 kg de lait/vache/an) quand elles se trouvent dans des conduites d'élevage appropriées (BOULAHCHICHE, 1997 ; BENCHARIF, 2001).

- Et la population bovine locale (BLL) et améliorées (BLA) : 69,33 % du total des vaches laitières. Cet effectif est alors, composé en majorité de bovin laitier local (BLL) dont la souche base est la Brune de l'Atlas selon (BENYOUCEF (2005). Cette race se caractérise,

en élevage extensif, par de longs intervalles entre vêlages (plus de 18 mois) et une courte période de lactation (6 mois) donnant une faible production de lait. Elle reste pratiquement exploitée pour la production de veaux destinés à la boucherie. Elle est subdivisée en quatre rameaux qui se différencient nettement du point de vue phénotypique. La Guelmoise, identifiée dans les régions de Guelma et Jijel, compose la majorité du cheptel bovin algérien vivant en zone forestière. La Cheurfa, qui vit en bordure des forêts, est identifiée dans la région de Guelma et sur les zones lacustres de la région d'Annaba. La Chélifienne et la Sétifienne sont adaptées à des conditions plus rustiques. La race Djerba, qui peuple la région de Biskra, se caractérise par son adaptation au milieu très difficile du sud. Les populations bovines Kabyle et Chaoui, qui s'apparentent respectivement à la population Guelmoise et Guelmoise-Cheurfa, et les populations de l'Ouest localisées dans les montagnes de Tlemcen et de Saida ont subi des croisements avec une race ibérique (NEDJRAOUI, 2001). Par ailleurs, les races améliorées recouvre les divers peuplements bovins, issus de multiples croisements, entre la race locale Brune de l'Atlas et ses variantes d'une part, et diverses races importées d'Europe (Pie Rouge, Tarentaise, Brune des Alpes et Frisonne Pie Noire), d'autre part (YAKHLEF, 1989 ; BOULAHCHICHE, 1997 ; BENCHARIF, 2001). La participation de la population bovine locale à la production laitière revêt, par conséquent, une importance capitale, d'une part par sa contribution à l'apport en produits laitiers pour la population rurale, et d'autre part, par le peu d'investissement qu'on attribue pour son exploitation. Cette population a fait l'objet de plusieurs travaux pour évaluer ou améliorer sa quantité de lait, mais sans résultat durable, et sa production moyenne par lactation est évaluée à 650 à 1300 kg (ABDELGUERFI *et* LOUAR, 2000).

I.6. Contraintes majeures liées à l'élevage des bovins en Algérie :

Les connaissances disponibles sur les systèmes d'élevage et les contraintes limitant les performances des animaux restent largement méconnues. Une adaptation insuffisante des races laitières transférées vers les conditions d'élevage méditerranéen est généralement avancée comme principale explication à la productivité limitée des animaux (BOURBOUZE *et al.*, 1989).

FLAMANT (1991) signale l'effet du stress climatique lié au changement de milieu, tel que le transfert d'animaux sélectionnés et élevés en milieu tempéré vers l'Algérie, et ses conséquences sur les performances d'animaux peu autonomes, comparativement aux populations locales, et sur la nécessité préalable d'obtenir un équilibre entre le système animal et le système d'élevage pour atteindre les objectifs de production.

L'exploitation des races laitières et mixtes dans des milieux à fortes contraintes, comme c'est le cas de la race Montbéliarde dans les hautes plaines semi-arides de l'Est algérien, pourrait avoir des conséquences sur le format des animaux, les performances de reproduction et la production laitière, et présenter des effets à long terme sur les générations successives nées et conduites localement (MADANI *et* MOUFFOK, 2008).

De nombreux chercheurs (YAKHLEF, 1989 ; BEDRANI *et* BOUAITA, 1998 ; FERRAH, 2000) ont imputé la faiblesse de la production locale au manque d'adaptation des races laitières exploitées et à la faible productivité des cheptels.

I.6.1. Alimentation :

L'écart entre les besoins et l'offre en fourrages est de 5,2 Milliards d'UF, cela permet de constater l'existence d'un énorme déficit qui s'explique d'abord par l'existence de nombreux points critiques que l'on peut considérer aujourd'hui comme une menace pour la durabilité des systèmes d'élevage en Algérie. La problématique du développement durable des systèmes d'élevage en Algérie s'inscrit donc dans le mode de résolution de la question de l'écart grandissant entre offre fourragère et besoins d'un cheptel animal croissant. On peut, cependant, montrer que les activités d'élevage, au lieu d'être vecteurs d'une dégradation de l'environnement, peuvent devenir les activités pilotes d'une reconstruction des paysages et des territoires sous réserve de l'adoption d'une approche intégrée, d'une modification en profondeur des pratiques d'élevage et d'une réelle insertion de la production fourragère dans les systèmes de production. Partant du caractère extensif dominant les modes de conduite actuels des troupeaux, le seuil minimum des besoins peut être estimé à hauteur de 10,5 Milliards d'UF/an (CHEHAT *et* BIR, 2008).

Ces mêmes auteurs ont noté un très faible apport en fourrages cultivés (3%), la S.A.U réservée à cette fin étant très modique (162 000 ha cultivés en fourrages récoltés en sec et moins de 40 000 ha cultivés en irrigué). On y constate également la part relativement faible des prairies et parcours dans l'offre globale (14%), les prairies ayant considérablement reculé au cours du dernier demi-siècle puisqu'elles ne couvrent plus que 25 000 ha, et les parcours fortement dégradés, ayant perdu une grande partie de leurs potentialités.

Malgré sa longue façade méditerranéenne, l'Algérie est un pays très fortement marqué par l'aridité. La carte des étages bioclimatiques permet de noter la très faible place qui revient aux domaines humide et sub-humide, alors que les domaines aride et semi-aride remontent très haut vers le nord, en englobant quasiment la totalité de l'Oranie. Au total, près de 95% du territoire algérien relèvent des conditions pluviométriques pénalisantes lorsqu'on ajoute à ces

étages aride et semi-aride, la région hyper aride saharienne. Ces conditions fixent, par ailleurs, un seuil extrêmement bas au volume annuel moyen des ressources hydriques renouvelables (CHEHAT *et* BIR, 2008).

I.6.2. Principales pathologies bovines :

Les bovins laitiers modernes (B.L.M) sont à la fois sensibles à certaines maladies et exigeants à l'égard des conditions d'élevage (entretien de l'animal et du local) (SENOUSSI, 2008). Les pathologies, principalement celles du post-partum (métrites) et les facteurs d'environnement (climat, bâtiments) et surtout l'hygiène des étables sont en partie, responsables des mauvais résultats de fertilité.

I.6.3. Conduite de la reproduction :

La maîtrise de la reproduction est un facteur déterminant dans l'économie d'un élevage. En effet, la présence d'animaux qui ne reproduisent pas augmente les charges de l'éleveur et empêche le renouvellement du troupeau de manière correcte.

Selon KOUROT *et* ORTAVANT, (1979) cité par GHOZLANE *et al.*, 2003, le retard de fécondation de 3 mois cause une perte de l'ordre de 400 kg pour une lactation de 3000 et 800 kg pour une lactation de 4000 kg.

I.7. Politique de développement de l'élevage bovin :

Les politiques de développement et de régulation de la filière lait menées après l'indépendance et jusqu'à la fin des années 1980, avaient pour principal objectif une amélioration de la consommation du lait et la satisfaction des besoins de la population (BENCHARIF, 2001). Pour atteindre cet objectif, le déficit de collecte était comblé par un recours quasi-exclusif à des importations de matières premières lactées (poudre de lait, matière grasse de lait anhydre pour la recombinaison industrielle d'une part et produits finis tels que les fromages, laits instantanés et beurre d'autre part), dont les prix mondiaux bas encourageaient le bradage de grandes quantités sur le marché ; en plus, les prix à la consommation ont été maintenus relativement bas grâce à l'octroi de subventions croissantes par l'Etat. Par conséquent, il était plus intéressant pour les unités de transformation, de recourir à ces importations à bon marché que de soutenir la production laitière locale dont la collecte génère des surcoûts importants. La production locale a également été pénalisée par la faiblesse du prix du lait cru et du prix du lait industriel à la consommation, tous deux fixés par l'Etat (BENYOUCEF, 2005). Selon BENCHARIF (2001), le prix du lait cru aux éleveurs est

réajusté en retard par rapport aux augmentations des facteurs de production (entre 1986 et 1990). Les prix de vente des laits industriels ont toujours été fixés à des niveaux inférieurs aux coûts réels, la différence étant couverte par le Fonds de Compensation des Prix. Une telle politique, selon le même auteur, a permis une augmentation rapide de la consommation du lait, mais elle s'est traduite par des contraintes économiques majeures qui ont perturbé le fonctionnement de toute la filière laitière ; elle a réduit les capacités de développement de la production nationale du lait cru, les agriculteurs ont souvent abandonné l'élevage laitier au profit de spéculations plus rémunératrices ; comme elle a engendré le découvert bancaire des entreprises de transformation qui ont d'ailleurs de plus en plus recours aux importations de lait en poudre au détriment du lait local.

D'après BENYOUCEF (2005), avec l'avènement du phénomène de la mondialisation et la conjoncture économique difficile du marché laitier mondial d'une part et la mise en œuvre de programme de transition d'une économie planifiée vers celle du marché et des nouvelles dispositions exigées par l'OMC d'autre part, on assiste à une reprise en hausse des prix internationaux des poudres de lait et de la MGLA. Devant une telle situation, la filière lait dans son ensemble se trouve de nouveau affaiblie. Ce constat d'insuffisance d'approvisionnement laitier a été pris en considération en 1995 à travers la mise en œuvre d'une politique de réhabilitation de la production laitière nationale.

Si dans le passé, l'Etat avait favorisé la reconstitution du lait en poudre importé, les nouvelles données ont exigé une orientation vers des mesures incitatives à l'intégration du lait cru. Pour cela, une politique d'encouragement de la production et de la collecte de la production locale est adoptée (BENCHARIF, 2001).

Le dispositif d'incitations financières à la livraison, la collecte et l'intégration du lait cru, en application depuis janvier 2009, est assorti d'une convention. Il encadre la relation producteur- transformateur, collecteur-transformateur et transformateur-ONIL. Mais, en dépit de ses avantages, le secteur reste fragile, notamment à cause d'une mauvaise coordination entre les intervenants (éleveur, collecteur et industriel) (BRABEZ, 2012).

Les conditions d'élevage et d'alimentation, constituent un frein pour la production du lait cru. « En Europe, la vache peut donner en moyenne 7000 à 8000 litres par an, alors qu'en Algérie la moyenne est de 1500 litres par an ». Pour remédier à cette situation, le ministre de l'agriculture et du développement rural a, en 2011, mis en place le comité interprofessionnel du lait, composé de l'ensemble des éleveurs, des collecteurs et des laiteries. Son objectif : faire comprendre à tous les acteurs de la chaîne de production du lait que leur intérêt convergent. Cette politique commence à porter ses fruits. Les producteurs réfléchissent à présent comment

développer les pâturages, mais surtout comment assurer à la vache une alimentation saine. Preuve en est, deux années auparavant, l'Algérie ne comptait que 20 hectares de maïs, considéré comme un aliment incontournable dans l'élevage des vaches. Aujourd'hui, la culture de cet aliment s'est développée rapidement pour atteindre les 600 ha (ONIL, 2012).

I.8. Perspectives d'appui à l'amélioration de l'élevage bovin laitier :

I.8.1. Recours à la complémentation :

Le recours à la complémentation sous forme d'aliments concentrés est la solution la plus couramment pratiquée. C'est ainsi qu'aujourd'hui la quasi-totalité de la production d'orge est destinée aux cheptels ce qui explique l'effort constant d'extension des superficies ensemencées, y compris dans les zones les plus méridionales du pays, les moins propices à la culture de cette céréale. Cet apport ne suffit pas, les éleveurs font aussi appel à des issues de meunerie (son, en particulier) mais aussi à des aliments à base de maïs et de tourteaux de soja quand, en désespoir de cause, ils n'utilisent pas des aliments destinés à l'élevage avicole ou du pain rassis collecté auprès des ménages. Mis à part la dernière, toutes ces solutions ont pour conséquence d'augmenter plus que de raison les coûts de production parce qu'il s'agit le plus souvent d'aliments acquis sur le marché et qu'ils proviennent en grande partie de l'importation (CHEHAT *et* BIR, 2008).

I.8.2. Installation des fourrages :

Pour accroître l'offre en fourrages, il sera nécessaire de rétablir le lien entre production végétale et production animale en :

- Développant des mécanismes d'incitation à la reconversion des jachères au profit de cultures fourragères, chaque fois que les conditions agroclimatiques le permettent. Cette première solution est déjà envisagée dans le cadre du PNDAR qui considère qu'elle peut être appliquée sur le tiers des superficies concernées, soit 800 000 à 1 million d'hectares ;
- Favorisant l'intégration de la culture des fourrages en irrigué, à l'aide de mécanismes permettant d'instaurer une compétitivité de cette spéculation par rapport à celles qui la concurrencent dans l'occupation des terres irrigables. Un objectif minimal de 50 000 hectares pourrait être cible dans les différentes zones agroclimatiques. Mais, la concrétisation de cet objectif impose la mise en œuvre d'une gestion plus appropriée de l'eau dans les zones irriguées afin de pouvoir satisfaire la demande, d'améliorer la productivité de l'eau d'irrigation tout en ralentissant le rythme d'extraction des eaux souterraines quand il s'agit d'eau issue de pompages (CHEHAT *et* BIR, 2008).

II. Le lait de vache et dérivés :

II.1. Généralités :

Le lait a 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 contenir de colostrum » (LECOQ, 1965 ; MATHIEU, 1998 ; POUGHEON *et* GOURSAUD, 2001 ; MAHAUT *et al.*, 2002). Le terme « lait », sans qualificatif, désigne le lait de vache (DEHOVE, 1984 ; LUQUET, 1985 ; LARPENT, 1996).

Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensable à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (AMIOT *et al.*, 2002).

Ainsi, les principales caractéristiques physicochimiques du lait en industries agroalimentaires, immédiatement déterminables, sont d'après MAHAUT *et al.* (2003), la masse volumique à 20°C (1028–1034 kg/m³), le point de congélation (-0,555 °C), le pH (6,6 à 6,8), l'acidité titrable (15 à 18 °D), et le point d'ébullition (100,5 °C).

II.2. Consommation du lait et des produits laitiers en Algérie :

En Algérie, le lait occupe une place importante dans la ration alimentaire de chacun, quel que soit son revenu. Afin de combler le déficit en protéines d'origine animale, les populations à faibles revenus recourent généralement à la consommation de lait parce que, d'une part, en tant que produit très riche en nutriments, le lait peut suppléer à d'autres produits coûteux tels que la viande par exemple et, d'autre part, il est subventionné par l'Etat. En effet, un gramme de protéines à partir du lait coûte huit fois moins cher que la même quantité à partir de la viande. En termes énergétiques, une calorie obtenue à partir de la viande est vingt fois plus coûteuse qu'à partir du lait (AMELLAL, 1995). Le lait est considéré comme aliment refuge pour les couches pauvres de la société dont souvent c'est le repas principal de la journée (SOUKI, 2009 ; BOURBOUZE, 2003 ; FERRAH, 2005).

La contribution de l'Etat au soutien des prix de lait demeure importante et en forte croissance dans le temps. Ainsi, le montant de la subvention allouée par l'Etat aux offices

laitiers, dans le cadre du soutien du prix du lait, qui était de 4,8 millions de DA en 1982, et de 252 millions de DA en 1992, a atteint en 2013 les 30 milliards de dinars soit une hausse de 15,38 % par rapport à 2012 (26 milliards de dinars) et 22,44 % par rapport à 2011 (24,5 milliards de dinars) (MC, 2014).

Sous l'effet du soutien du prix du lait par les pouvoirs publics, d'une part, et de la croissance démographique, d'autre part, la consommation a connu globalement une forte augmentation, passant de 54 litres/hab./an en 1969 à 75 litres/hab./an en 1978, puis à 120 litres/hab./an en 2006 pour atteindre 140 litres/hab./an en 2011 (SOUKEHAL, 2013).

La consommation du lait et dérivés en Algérie est plus importante que celle du Maroc (42 l) et de la Tunisie (102 l), mais elle reste très loin de celle des pays développés (380 l en France) (BENCHARIF, 2001 ; SOUKI, 2009).

II.3. Propriétés nutritionnelles du lait :

Le lait est un édifice physico-chimique extrêmement complexe qui constitue une richesse nutritionnelle importante (PACCALIN *et* GALANTIER, 1986). C'est un liquide très aqueux mais dont la composition pondérale en glucides, lipides et protéines est remarquablement équilibrée (respectivement comme 1,5 – 1,0 et 1,0), avec en plus un choix intéressant en sels, en vitamines et en enzymes.

Les glucides, les protéines solubles, les minéraux et les vitamines hydrosolubles constituent une solution vraie ; les protéines, en particulier les caséines, constituent une solution colloïdale, alors que les lipides constituent une émulsion dans l'eau (POUGHEON *et* GOURSAUD, 2001).

La plupart de ces composants sont apportés à la mamelle par le flux sanguin. Une partie est synthétisée sur place par les lactocytes et excrétée dans le lait (DOSOGNE *et al.*, 2000).

Avec un pouvoir calorifique de 650 calories environ pour 1000 g de lait, le lait de vache est un excellent aliment pour l'homme (ALAIS *et* LINDEN, 1987).

La composition moyenne du lait de vache est représentée par le tableau 4, Elle fait apparaître les grandes catégories de constituants du lait : eau, glucides, matière grasse, protéines, minéraux et autres constituants.

II.3.1.1. Eau :

L'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion, dans laquelle sont dispersés tous les autres constituants (AMIOT, 2002). Elle se trouve sous deux formes :

- *L'eau extra micellaire* représente environ 90 % de l'eau totale, et contient la quasi-totalité du lactose, des sels minéraux solubles, de l'azote soluble,...
- *L'eau intra micellaire* représente environ 10 % de l'eau totale ; une fraction de cette eau est liée aux caséines et l'autre conserve des propriétés solvantes (MAHAUT *et al.*, 2003).

Tableau 4 : La composition moyenne du lait de vache de race laitière

Composants	Teneurs en g/L (ALAIS, 2003)	Valeurs extrêmes (VIERLING, 1999)
Eau	905	900 – 910
Glucides (Lactose)	49	46 – 51
Protéines	34	31,8 – 38,2
Caséines	27	
Protéines solubles	2,5	
Azote non protéique	1,7	
Matière grasse	35	34 – 42
Lipides neutres	34	
Lipides complexes	< 0,5	
Composés liposolubles	< 0,5	
Minéraux	9	7 – 9
Constituants divers (vitamines, enzymes, gaz dissous)	Traces	-
Extrait sec total	127	125 – 130

II.3.1.2. Glucides :

Presque tous les glucides du lait de vache sont constitués par le lactose, un disaccharide composé de glucose et de galactose (ALAIS et LINDEN, 1987). Il est à l'état de solution et, au cours de l'égouttage du fromage, il est en grande partie éliminé avec le lactosérum (MIETTON *et al.*, 1994 ; FAO/OMS, 2000). C'est un sucre extrêmement rare en dehors de sa présence dans le lait (WALSTRA, 1978). Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/L, et

présente de faibles variations à la différence du taux butyreux (VIERLING, 1999). Il est synthétisé par la glande mammaire à partir du glucose prélevé dans le sang.

Malgré que sa saveur sucrée est faible (AMIOT *et al.*, 2002 ; JEANTET *et al.*, 2006), le lactose joue un rôle nutritionnel particulier et intervient également comme élément de fermentation (MIETTON *et al.*, 1994 ; FAO/OMS, 2000).

Le lait contient en quantités souvent négligeables (0,1g/L) d'oligosaccharides notamment du glucose et du galactose issus de l'hydrolyse du lactose. En outre, certains glucides peuvent se combiner aux protéines (AMIOT *et al.*, 2002).

II.3.1.3. Matières azotées totales :

La dénomination « matières azotées totales » regroupe les protéines, ainsi que l'azote non protéique (HANZEN, 2000).

La teneur totale avoisine 34 à 35 g/L, dont 95% de protéines et 5% d'azote non protéique (ALAIT *et al.*, 2003).

a. Les protéines du lait :

Les protéines sont constituées soit d'acides aminés seulement (β -lactoglobuline, α -lactalbumine), soit d'acides aminés et d'acide phosphorique (caséines α et β) avec parfois encore une partie glucidique (caséine κ). Une vingtaine d'acides aminés interviennent dans la composition de ces protéines, leur séquence conférant à chaque protéine des propriétés propres.

Par ailleurs, la teneur en protéines ou taux protéique (TP) est une caractéristique importante du lait. Comme le TB, le TP conditionne la valeur marchande du lait. En effet, plus ce taux est élevé et plus le rendement de transformation fromagère sera bon.

Différentes structures et propriétés physicochimiques distinguent les protéines du lait. On les classe en deux catégories d'après leur solubilité dans l'eau et leur stabilité (AMIOT *et al.*, 2002 ; JEANTET *et al.*, 2006) ; de ce fait, les protéines du lait forment un ensemble assez complexe constitué de 80% de caséines, et de 20% de protéines solubles : lactalbumines, lactoglobulines, sérum albumines, immunoglobulines... (AMIOT *et al.*, 2002 ; VEISSEYRE, 1979).

Les protéines du lait ont pour origine les acides aminés du sang. 90% d'entre elles sont synthétisées par la mamelle et sont spécifiques du lait, les caséines étant entièrement

synthétisées par la mamelle, les lactoglobulines sont des protéines du sang modifiées par la mamelle. 10 % des protéines du lait proviennent directement du sang (lactalbumines, immunoglobulines) (COLLOMB *et al.*, 2002).

Tableau 5: Composition moyenne des matières azotées du lait de vache (ALAIT *et al.*, 2003)

	Proportion (%)	g/litre (moyenne)
Total	100	34,0
Substances azotées non protéiques	5	1,7
Protéine	95	32,3
<i>Caséines :</i>	78 100	26,5
Caséine α_{s1}	36	9,55
Caséine α_{s2}	10	2,65
Caséine β	34	9,0
Caséine κ	13	3,45
Caséine γ	7	1,85
<i>Protéines solubles :</i>	17100	5,8
β -lactoglobuline	50	2,9
A-lactalbumine	22	1,3
Sérumalbumine	5	0,3
Immunoglobulines	12	0,7
Protéoses peptones	10	0,6

➤ **Les caséines :**

Les caséines sont des polypeptides phosphorés associés à des constituants minéraux, en particulier le calcium, mais aussi le phosphore. Elles sont en suspension colloïdale, elles se regroupent sous forme de micelles et précipitent sous l'action de la présure ou lors de l'acidification à leur pH isoélectrique avoisinant 4,6. Les micelles de caséines représentent la partie protéique la plus intéressante en technologie laitière notamment fromagère, elles sont au nombre de quatre (AMIOT *et al.*, 2002 ; ALAIT *et al.*, 2003 ; FOX *et* BROBKROB, 2008 ; MC MAHON *et* OOMMEN, 2008 ; BARRY *et* TAMIME, 2010) :

- Les caséines α_{s1} , α_{s2} , β qui constituent respectivement 31, 12 et 23 % des protéines, contiennent 199, 207 et 209 résidus d'acides aminés (RIBADEAU-DUMAS *et* GRAPPIN, 1989 ; CAYOT *et* LORIENT, 1998 ; FOX *et* MC SWEENY, 1998 ; VIERLING, 1999 ; AMIOT *et al.*, 2002 ; FOX, 2003).

- La caséine κ , qui représente 13 % des protéines, contient 169 résidus d'acides aminés. Elle a un rôle exceptionnel car, soluble à toutes les températures en présence de calcium, elle stabilise les autres caséines et permet la formation de micelles stables (VIERLING, 1999 ; BARRY *et* TAMIME, 2010).

La micelle de caséine est une particule sphérique formée par l'association des caséines (α_{s1} , α_{s2} , β et κ), de quelques fragment peptidiques (les caséines γ) issus de la protéolyse de la caséine β par la plasmine et de composants salins dont les deux principaux sont le calcium et le phosphore (ALI *et al.*, 1980a,b ; EIGEL *et al.*, 1984 ; LE BAR *et* GRIPON, 1989 ; AMIOT *et al.*, 2002 ; BARRY *et* TAMIME, 2010).

L'organisation de la micelle reste, encore aujourd'hui, du domaine de l'hypothèse. Selon SCHMIDT (1980), la micelle serait constituée d'un ensemble de sous-unités ou submicelles, de nature exclusivement protéique et de composition variable. Ces sous-unités s'agrègent entre elles par l'intermédiaire du calcium et du phosphate minéral. L'agrégation est favorisée par la présence des sites phosphoséryls localisés à l'extérieur des submicelles ; ceux-ci présentent en effet une très grande affinité vis-à-vis du calcium et du phosphate de calcium (BRULE *et* LENOIR, 1987).

➤ **Les protéines solubles :**

Dites protéines du lactosérum, se retrouvent sous forme de solution colloïdale. Les deux principales sont la β -lactoglobuline (environ 55 %) et l' α -lactalbumine (environ 22 %) ; les autres protéines sont les immunoglobulines (environ 13 %), le sérum albumine bovine (SAB) (environ 7 %) et la lactoferrine (environ 4 %). En plus, différentes enzymes sont présents dans le sérum (CAYOT *et* LORIENT, 1998 ; AMIOT *et al.*, 2002 ; BARRY *et* TAMIME, 2010)

A leur pH isoélectrique, les protéines du lactosérum restent solubles contrairement à la plupart des protéines ; elles vont donc migrer avec le lactosérum lors de la coagulation du lait (VIERLING, 1999), elles précipitent sous l'action de la chaleur (CAYOT *et* LORIENT, 1998 ; VIERELING, 1999 ; AMIOT *et al.*, 2002 ; BREW, 2003 ; FOX, 2003 ; HURLEY, 2003 ; SAWYER, 2003).

➤ **Les matières azotées non protéiques :**

Elles sont composées en grande majorité d'urée (36 à 80 %), mais aussi d'ammoniac, d'acides aminés libres, de créatine, de l'acide hippurique, etc. Ce sont des substances d'un poids

moléculaire faible, qui restent en solution dans les conditions de précipitation des protéines du lait, leurs molécules ne s'agrègent pas mais restent séparées par l'eau (MATHIEU, 1998).

II.3.1.4. Lipides :

Les lipides ou matières grasses du lait se composent principalement de triglycérides (96 - 99%), de phospholipides (1 %) et d'une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de β -carotène (AMIOT *et al.*, 2002 ; JENSEN, 2002 ; MAHAUT *et al.*, 2003 ; HUPPERTZ *et al.*, 2009 ; BARRY *et TAMIMIE*, 2010). La teneur en matières grasses du lait est appelée taux butyreux (TB). Il se situe en moyenne, entre 35 à 45 g/L.

Les matières grasses du lait sont présentes dans le lait sous forme d'une émulsion de globules gras (CAYOT *et LORIENT*, 1998 ; NOZIERE *et al.*, 2006), de 2 -6 μ g (WIKING *et al.*, 2004), leur diamètre varie de 2 à 20 μ m, avec une structure hétérogène en allant du centre à la périphérie (AMIOT *et al.*, 2002).

La synthèse des graisses du lait est très complexe. Certains acides gras sont synthétisés de novo dans la mamelle. D'autres y sont apportés par le sang et reconditionnés en triglycérides spécifiques au lait.

Les acides gras à courte et à moyenne chaîne, qui constituent jusqu'à 50% de la matière grasse du lait, sont synthétisés "de novo" dans la mamelle à partir de l'acétate et du bêta-hydroxybutyrate provenant des fermentations microbiennes dans le rumen.

Ces derniers peuvent provenir directement de la matière grasse du fourrage et des tissus adipeux de la vache ou par biohydrogénation dans la panse ainsi que par biosynthèse dans la glande mammaire (COLLOMB *et al.*, 2002 ; CHOUINARD, 2005).

Les acides gras à longue chaîne de la graisse du lait sont puisés dans le sang par extraction des triglycérides contenus dans les lipoprotéines, en provenance essentiellement de l'alimentation de l'animal.

Les acides gras de la matière grasse du lait sont moins saturés que ceux contenus dans les triglycérides des lipoprotéines du sang. Une désaturase dans la glande mammaire convertit l'acide stéarique (C18:0) en acide oléique (C18:1 cis). Ce même enzyme est aussi capable de désaturer les acides gras saturés en C14 et C16, ainsi que de désaturer l'acide oléique C18 cis au niveau du carbone 11 de la molécule en donnant un acide linoléique conjugué C18 cis9-trans11 (CLA) (COLLOMB *et al.*, 2002).

a. Lipides simples :

Ce sont des esters du glycérol, formés par la condensation de trois molécules d'acides gras sur une molécule de glycérol (AMIOT *et al.*, 2002 ; MAHAUT *et al.*, 2003). Le tableau 6 met en évidence les principaux acides gras présents dans les triglycérides du lait.

b. Lipides complexes :

Ces lipides sont complexés avec du phosphore et/ou de l'azote. Les plus importants sont les phospholipides, qui ne représentent que 1% à peine de la matière grasse (de 0,3 à 0,5 g/L), mais jouent le rôle de constituant du globule gras et de stabilisant de l'émulsion. Leurs caractéristiques à la fois lipo- et hydrophiles leur permettent de former des ponts entre phases grasse et aqueuse. On distingue trois types de phospholipides : les lécithines, les céphalines et les sphingomyélines (AMIOT *et al.*, 2002).

D'autres lipides complexes sont présents à des taux mineurs : les gangliosides, les glycolipides et les glycosphingolipides.

c. Fraction insaponifiable :

Elle est constituée principalement des stérols, des caroténoïdes, des xanthophylles et des vitamines liposolubles A, D, E et K (AMIOT *et al.*, 2002 ; MAHAUT *et al.*, 2003).

Les stérols sont présents à l'état libre (>80%) ou estérifiés par des acides gras. Ils représentent environ 0,1 g/L de la matière grasse totale du lait. Le cholestérol en est le constituant majeur (70 mg/L). Son taux n'accuse pas de variation saisonnière. Les stérols entrent surtout dans la composition de la membrane lipoprotéique du globule gras (de 0,3 à 3,5% des lipides membranaires) et ils contribuent à la stabilité de l'émulsion.

II.3.1.5. Minéraux et oligo-éléments :

La quantité des minéraux contenus dans le lait varie de 6 à 9 g/l. Les plus importants sont le calcium avec 1,25 g/l et le phosphore avec 1 g/l, le potassium (1,5 g/l), le sodium (0,5 g/l), le chlore et le magnésium (AMIOT *et al.*, 2002 ; ALAIS *et al.*, 2003). D'autres éléments sont également distingués dans le lait, tels les oligoéléments (fer, cuivre, brome...), ces derniers se trouvent à l'état de trace (JEANTET *et al.*, 2006). Les minéraux du lait se trouvent sous deux formes principales, surtout sous forme de sels ionisés et solubles dans le sérum et sous forme micellaire insoluble (AMIOT *et al.*, 2002).

Tableau 6 : Symboles, proportions et points de fusion des principaux acides gras présents dans les triglycérides du lait (AMIOT *et al.*,2002)

Acides gras	Symboles	Pourcentage du contenu total en acides gras %	Point de fusion (°C)
Acides gras saturés :			
Butyrique	C4:0	3,0 – 4,5	- 7,9
Caproïque	C6:0	1,3 – 2,2	- 1,5
Caprylique	C8:0	0,8 – 2,5	+ 16,5
Caprique	C10:0	1,8 – 3,8	+ 31,4
Laurique	C12:0	2,0 – 5,0	+ 43,6
Myristique	C14:0	7,0 – 11,0	+ 53,8
Palmitique	C16:0	25,0 – 29,0	+ 62,6
Stéarique	C18:0	7,0 – 13,0	+ 69,3
Acides gras insaturés :			
Oléique	C18:1	30,0 – 40,0	+ 15,0
Linoléique	C18:2	2,0 – 3,0	- 5,0
Linoléénique	C18:3	Jusqu'à 1,0	- 11,0
Arachidonique	C20:4	Jusqu'à 1,0	- 49,5

II.3.1.6. Vitamines :

Ce sont des molécules complexes, de structures variées ayant un rapport étroit avec les enzymes dont elles jouent un rôle de coenzyme (GOURSAUD, 1999 ; DEBRY, 2001). On les répartit en deux classes selon leur solubilité (AMIOT *et al.*,2002) :

- Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) qui se retrouvent en plus grande concentration dans le sérum ;
- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) qui s'associent aux différents lipides.

II.3.1.7. Enzymes :

Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases (ou oxydases) et les oxygénases (COLLINS *et al.*, 2004 ; SANTILLO *et al.*,2007 ; HASHEMI *et al.*, 2009 ; VERDIS *et* BARNABO, 1991 ; BASTIAN *et* BROWN, 1996). Les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont le pH et la température. En effet, chaque enzyme possède un pH et une température d'activité maximale (AMIOT *et al.*,2002).

II.4. Fabrication d'un fromage :

La transformation fromagère se déroule en trois étapes principales : la coagulation du lait par la présure, l'égouttage du gel obtenu et l'affinage qui donnera les qualités organoleptiques du fromage (REMEUF, 1994).

Les matières protéiques du lait constituent l'élément principal du caillé, et donc de la formation du fromage, elles interviennent dans les phases de coagulation et d'égouttage et sont modifiées au cours de l'affinage (REMEUF, 1994).

La valeur fromagère du lait est une partie complexe qui repose sur deux entités différentes : l'aptitude du lait à être transformé en fromage et celle à donner un produit fini aux caractères organoleptiques recherchés (REMEUF, 1994).

Un lait présente une bonne aptitude à la coagulation lorsqu'il coagule rapidement, qu'il forme un gel ferme s'égouttant facilement pour donner un caillé de texture et de bonne composition, capable de se transformer après affinage en un fromage de qualité.

Les laits présentent, face à la présure, des comportements différents. Ces différences sont essentiellement liées aux caractéristiques originelles du lait mais aussi aux traitements subis par celui-ci avant sa mise en fabrication (LENOIR *et al.*, 1994).

II.4.1. Coagulation du lait :

La coagulation du lait, qui se traduit par la formation d'un gel, résulte des modifications physicochimiques intervenant au niveau des micelles de caséines (ST GELAIS *et al.*, 2002). On peut provoquer la coagulation par acidification, par l'action d'une enzyme ou encore par l'action combinée des deux (JEANTET *et al.*, 2006).

Plusieurs facteurs influent sur la coagulation tels que la concentration en enzyme, la température, le pH, la teneur en calcium, la composition en caséines, la dimension des micelles et les traitements préalables du lait tels que le refroidissement, le traitement thermique et l'homogénéisation (JEANTET *et al.*, 2008).

Par ailleurs, il y a un grand nombre d'enzymes protéolytiques, d'origines animale, végétale ou microbienne, qui ont la propriété de coaguler le lait (ST – GELAIS *et al.*, 2002).

La présure de veau est l'agent coagulant traditionnellement utilisé pour la coagulation du lait en vue de la fabrication de la majorité des fromages. Selon RAMET (1997), la dénomination "présure" est donnée à l'extrait coagulant provenant de caillettes de jeunes ruminants abattus avant sevrage. Elle contient en réalité deux fractions actives, l'une, majeure, constituée par la chymosine, l'autre, mineure, par la pepsine.

Des recherches en vue de trouver des succédanés de la présure, ont commencé il y a une cinquantaine d'années, essentiellement en Inde et en Israël à cause du refus des végétariens de consommer du fromage à base de présure animale. Dans le monde musulman, l'utilisation de présure porcine est hors de question, ce qui constitue une autre bonne raison pour trouver des produits de substitution convenables (GOSTA, 1995). Ces dernières années, l'intérêt pour ces produits s'est généralisé, à cause de la pénurie de présure animale de bonne qualité.

Différentes protéases digestives autres que celles contenues dans la présure telles la trypsine, la chymotrypsine et la pepsine ont fait l'objet d'expérimentations (ERNSTROM *et* WONGT, 1977 ; RAMET, 1997 ; FERRANDINI *et al.*, 2011), les deux premières entraînent des modifications profondes des modalités de fabrication et de la qualité des produits finis consécutives à la forme activité protéolytique. Des études comparatives ont été réalisées en Algérie sur la coagulation du lait de chamelle par des extraits coagulants issus de caillottes de dromadaire adulte (BOUDJENAH-HAROUN *et al.*, 2012), et à différents âges (BOUDJENAH-HAROUN *et al.*, 2011) en substitution de la présure commerciale. La paroi interne de l'estomac de la morue de l'atlantique secrète une pepsine qui permet de coaguler le lait à 15°C plus efficacement que la chymosine de veau (HAARD *et al.*, 1982). Une pepsine A a été isolée de la muqueuse gastrique de phoque, au Canada, et donne de bons résultats dans la fabrication de Cheddar (HAARD *et al.*, 1982).

En revanche, des travaux très récents menés sur des substrats de plantes ont été publiés montrant le nouvel intérêt que suscite les protéases d'origine végétale (GAGAOUA *et al.*, 2015 ; RAMÍREZ-SUAREZ *et al.*, 2013 ; EMMANUEL *et al.*, 2012 ; FERNANDEZ-GARCIA *et al.*, 2008 ; PEREIRA *et al.*, 2008 ; TEJADA *et al.*, 2008 ; EGITO *et al.*, 2007 ; CHAZARRA *et al.*, 2007 ; LOW *et al.*, 2006). Auparavant, le genre *Cynara L* a fait l'objet de plusieurs fabrications de fromage à base de lait de chèvre (BARBOSA *et al.*, 1976) et plusieurs espèces végétales ont été identifiées, *Ananas comosus* (CATTANEO *et al.*, 1994), *Calotropis procera* (SANNI *et al.*, 1999), *Opuntia phylloclades*, *Cereus triangularis*, *Euphorbiacacudifolia*, *Ficus bengalensis*, *F. elastica*, *E. hista*, *Ficus carica* (UMAR DAHOT *et al.*, 1990 ; ONER *et* AKAR, 1993), *Lactuca sativa* (LO PIERO *et al.*, 2002), *Cynarascolymus* (SIDRACH *et al.*, 2005), *Cynara. cardunculus* (SOUSA *et* MALCATA, 2002), *Helianthus annuus* (PARK *et al.*, 2000), *Albizialebeck* (EGITO *et al.*, 2007 ; LOPES *et al.*, 1998) avaient étudié les différentes parties de la plante de sept espèces de la famille des papilionacées (*Eriosemashirensis*, *E. ellipticum*, *E. pauciflorum*, *E. gossweileri*, *E. psoraleoides*, *Adenolichosanchietaet Droogmansiamegalantha*), des activités protéolytiques

et coagulantes ont été mis en évidence dans les extraits de feuilles et de racines. Des essais de purification plus poussée et une connaissance plus approfondie des mécanismes biochimiques de ces enzymes sont devenus le centre d'intérêt des chercheurs (YEGIN *et al.*, 2012 ; NOUANI, 2009).

La production d'enzymes coagulant le lait à partir de la culture microbienne, suscite un intérêt pour la fromagerie locale et dans le monde où plusieurs souches de microorganismes font l'objet de productions industrielles de protéases coagulantes, *Thermomucorindicae-seudaticae*, *Coprinuslagopides*, *Mucormiehei*, *Mucor pusillus*, *Endothiaparasitica*, *Irpexlacteus*, *Aspergillus niger*, *Kluyveromyceslactis* et *Escherichia coli* (NARWAL *et al.*, 2016 ; SHAMTSYAN *et al.*, 2014 ; ALAIS *et* NOVAK, 1968 ; ALAIS *et* LAGRANGE, 1972 ; OLSON, 1995 ; CHANNE *et* SHEWALE, 1998 ; CAVALCANTI *et al.*, 2004 ; ALAM *et al.*, 2005 ; ESAWY *et al.*, 2006 ; CHWEN-JEN *et al.*, 2009 ; MERHEB-DINI *et al.*, 2010; He *et al.*, 2011).

II.4.2. Égouttage :

Cette phase consiste en l'élimination plus ou moins grande du lactosérum emprisonné dans les mailles du gel formé par voie acide et/ou enzymatique (MAHAUT *etal.*, 2003 ; JEANTET *et al.*, 2006). La plus grande partie des éléments solubles sont éliminés dans le lactosérum (lactose, sels minéraux, azote et matière grasse) (ST-GELAIS *et al.*, 2002).

L'égouttage a donc un rôle de déshydratation, de délactosage et de déminéralisation. Il est très marqué dans le cas des gels présure. Cependant dans le cas des gels acides qui sont plus perméables, il est spontané. L'égouttage, au cours duquel se déroule l'acidification, a un rôle déterminant sur les caractéristiques physicochimiques du fromage et leur évolution au cours de l'affinage, et en conséquence sur les propriétés organoleptiques du produit obtenu. Il commence dans les cuves de coagulation, se produit dans les moules, puis dans les hâloirs (MAHAUT *etal.*, 2003). Il peut être accéléré par un travail mécanique regroupant le découpage, brassage, pression, ou même une cuisson (VIERLING, 1999).

II.4.3. Affinage :

L'affinage correspond à une période de maturation pendant laquelle le caillé subit une digestion enzymatique de deux constituants majeurs ; les protéines et la matière grasse (JEANTET *et al.*, 2006). La protéolyse et la lipolyse dominent l'affinage, se concrétisant par de profondes modifications de la composition physicochimique du fromage (RAMET, 1997), cela étant réalisé soit par des enzymes naturelles du lait, enzymes coagulantes, ou par

différents microorganismes tels que les moisissures, les bactéries, et les levures, qui interviennent de manière dominante par un développement dans et/ ou sur les fromages (ST GELAIS *et al.*, 2002). La durée de l'affinage est en fonction du fromage voulu, elle varie de 2 à 3 semaines jusqu'à plus de 6 mois (ST GELAIS *et al.*, 2002 ; MAHAUT *et al.*, 2002), dans un lieu spécifique où la température varie de 2 à 3 °C, avec hygrométrie et ventilation contrôlées. (VIERLING, 1999). Toutes ses transformations biochimiques confèrent au fromage des caractéristiques nouvelles tant sur la structure, texture, et aspect, que sur les caractères sensoriels (KILCAWLEY, 2009).

III. Effets des facteurs de production sur la qualité du lait

Les principaux facteurs de variation de la production et de la composition chimique du lait sont bien connus. Ils sont soit liés à l'animal (race, stades physiologiques, état sanitaire...), soit à son environnement (alimentation, saison, hygiène, traite...) (AMIOT *et al.*, 2002 ; JEANTET *et al.*, 2006).

Dans ce chapitre, nous résumons les principales connaissances relatives à l'influence des facteurs de production sur la qualité du lait, relevées par la littérature.

III.1. Facteurs liés à l'animal :

Ce sont les facteurs intrinsèques, ils sont d'ordre génétique (race), physiologique (l'âge au premier vêlage, stade de lactation...) et sanitaire.

III.1.1. Race :

De nombreuses études ont été réalisées pour évaluer l'effet des caractéristiques génétiques des animaux sur les caractéristiques du lait. On sait ainsi que les vaches de race Normande, Montbéliarde ou Brune produisent un lait plus riche en protéines et de meilleure aptitude fromagère que celui des vaches Holstein conduites dans les mêmes conditions (FROC *et al.*, 1988 ; MACHEBOEUF *et al.*, 1993a ; MALOSSINI *et al.*, 1996 ; AULDIST *et al.*, 2002 ; MISTRY *et al.*, 2002).

L'étude menée par MACHOEBEUF *et al.* (1993b), a confirmé l'existence de différence considérable de l'aptitude à la coagulation du lait liée à la race qui se traduit par l'obtention d'un gel plus ferme et des rendements fromagers plus élevés (MALOSSINI *et al.*, 1996 ; AULDIST *et al.*, 2002). Selon le même auteur, ceci serait dû à la différence de proportions de caséines d'une race à une autre.

III.1.2. Stade physiologique :

Le lait représente une réponse physiologique à la mise au monde d'un jeune mammifère. Il correspond à une alimentation parfaitement adaptée aux besoins du nouveau-né (CAYOT *et* LORIENT, 1998).

III.1.2.1. Âge au premier vêlage :

L'âge au premier vêlage est généralement associé au poids corporel et au développement général lors de la première saillie. Comme l'ont montré CRAPLET *et* THIBIER (1973), l'âge au premier vêlage est associé au poids corporel qui doit être d'environ 60 à 70 % du poids adulte. Le fait de diminuer le poids de la vache laitière au vêlage entraînerait la diminution de la production laitière en première lactation (WOLTER, 1997).

III.1.2.2. Numéro de lactation :

L'âge intervient beaucoup dans l'épanouissement de l'activité sécrétoire de la mamelle. Chez les vaches convenablement exploitées, la faculté productive s'élève progressivement. Le sommet de la production lactée est atteint à la 5^{ème} parturition, aux environs de la 8^{ème} année. Elle régresse au cours des lactations suivantes (ZELTER, 1953). Ces variations de la production avec le numéro de lactation s'expliquent à la fois par la variation corporelle, par l'augmentation du tissu mammaire durant les premières gestations et ensuite par le vieillissement normal du tissu.

III.1.2.3. Stade de lactation :

Les variations de la production et de la composition chimique du lait sous l'effet du stade de lactation ont fait l'objet de très nombreux travaux. AGABRIEL *et al.* (1990), REMOND (1985), et SCHULTZ *et al.* (1990) notent que les teneurs en matières grasses et en protéines évoluent de façon inverse avec la quantité de lait produite.

Ces mêmes auteurs rapportent que les teneurs de matières grasses et de protéines atteignent leur maximum lors des premiers jours de lactation, et leur minimum durant le 2^{ème} et 3^{ème} mois de lactation et s'accroissent jusqu'à la fin de la lactation. En revanche, la production laitière a été pratiquement linéaire en moyenne entre le 1^{er} et le 8^{ème} mois de lactation et entre le 2^{ème} et 9^{ème} mois (COULON *et al.*, 1988).

Selon GUEGUEN *et* JOURNET (1961), la composition du lait en minéraux varie avec les stades de lactation. Ils notent qu'après une diminution brutale pendant les premiers jours suivant le vêlage, les teneurs en Ca et P du lait diminuent légèrement jusqu'à mi lactation, puis

restent stables et augmentent à nouveau en fin de lactation. Les écarts extrêmes ne dépassent pas 15%. En revanche, les teneurs en K et Na subissent des variations importantes et en sens inverse, de 1,7 à 1,3g/l pour K et de 0,4 à 0,6g/l pour Na.

Par ailleurs, les résultats obtenus par des chercheurs étudiant l'influence du stade de lactation sur le temps de coagulation du lait divergent. Ainsi COULON (1991) rapporte qu'en début de lactation, le temps de coagulation du lait augmente, puis se stabilise en milieu. MARIANI *et al.* (1982) et OKIGBO *et al.* (1985) notent que le temps de coagulation du lait diminue en début de lactation, devient stable au milieu, et par la suite augmente légèrement à la fin de la lactation.

III.1.3. État sanitaire :

Les quantités de lait produites chutent de manière significative (jusqu'à 15 - 18 %) dès que les cas de mammites augmentent (TAYLOR, 2006).

A l'issue de nombreuses observations effectuées par CARROLL *et al.* (1977) rapportés par SERIEYS *et al.* (1987) sur les laits mammitiques, une baisse de la quantité de matière grasse (de 5 à 9%) est constatée; ils rajoutent que l'infection des mamelles entraîne une perturbation de la glande. De plus, ils constatent une diminution des éléments produits par les cellules de l'épithélium sécrétoire (matière grasse, caséine, lactose) et une augmentation des éléments provenant du flux sanguin par augmentation de la perméabilité des tissus malades (sels minéraux, protéines solubles, cellules). Selon SERIEYS (1989), les mammites peuvent entraîner des chutes importantes de production laitière sans modification du taux protéique.

III.2. Facteurs liés à l'environnement :

L'environnement dans lequel vit un animal est défini comme étant une combinaison de tous les facteurs qui influencent l'expression d'un caractère donné. Ces facteurs sont liés à la conduite d'élevage (alimentation, mode de traite, hygiène, confort ...etc) et la saison.

III.2.1. Saison :

La saison agit essentiellement par l'intermédiaire de la durée du jour. La plupart des travaux ont, en effet, montré qu'une photopériode expérimentale longue (15 à 16 h par jour) augmentait la production laitière et diminuait parfois la richesse du lait en matière utile (PETERS *et al.*, 1981 ; TUCKER, 1985 ; BOCQUIER, 1985 ; STANISIEWSKI *et al.*, 1985 ; PHILLIPS *et* SCHOFIELD, 1989). Ces accroissements de production laitière sont associés à une augmentation des quantités d'aliments ingérées (PETERS *et al.*, 1981 ; PHILLIPS

et SCHOFIELD, 1989), alors que la modification des équilibres hormonaux (augmentation de la prolactinémie) (TUCKER, 1985) pourrait entraîner une dilution des matières secrétées et donc une diminution des taux butyreux et protéique (BOCQUIER, 1985). D'autre part, l'augmentation de la température ambiante, lorsqu'elle se maintient dans la zone de confort thermique des vaches, pourrait avoir un effet propre favorable à la production laitière et défavorable à la richesse du lait, qui s'ajouterait à l'effet de la photopériode (BOCQUIER, 1985).

D'un autre côté et selon COULON *et al.* (1986), les variations saisonnières de la production laitière sont assez marquées : il semble que les mois d'avril à juillet soient les plus favorables et ceux d'août à novembre les moins favorables, ce qui expliquerait la meilleure persistance de production des vaches ayant vêlé en hiver. Ce résultat est vraisemblablement dû à l'effet favorable de la mise à l'herbe et du début de la période de pâturage sur la production laitière.

III.2.2. Conduite d'élevage :

L'animal est sensible, doté d'une certaine perception et compréhension de son environnement. Il n'est pas à considérer comme un simple moyen pour produire, il doit être placé, par son propriétaire, dans des conditions compatibles avec les impératifs biologiques de l'espèce (VEISSIER *et al.*, 1999).

Selon AGABRIEL *etal.*, (1990), les animaux des troupeaux placés dans des milieux favorables (alimentation, mode de traite, hygiène et confort) présentent une production laitière et un taux protéique supérieurs respectivement de 550 kg et 1,0 g/kg ($p < 0,01$) à ceux des troupeaux ayant des caractéristiques de milieu défavorables.

Au cours des dernières décennies, le bien-être des animaux d'élevage est devenu une demande sociale majeure dans les pays développés au même titre que la qualité des produits issus de l'élevage et la préservation de l'environnement. Cependant, la notion du bien-être animal demeure un concept complexe et multidimensionnel (ALLANE *et al.*, 2008).

III.2.2.1. Traite :

La préparation de la traite est un ensemble des manipulations qui consistent, avant la pose des gobelets, à laver la mamelle avec un linge humide et chaud et à extraire quelques jets de lait de chacun des trayons. Cette opération a d'abord été recommandée dans un but hygiénique, puisqu'en réduisant la quantité d'impuretés introduites dans le lait, elle améliore la qualité

bactériologique du produit récolté et constitue l'un des meilleurs stimuli pour déclencher le réflexe neuroendocrinien d'éjection du lait (LABUSSIÈRE *et al.*, 1976).

Par ailleurs, Plusieurs études, entre autres celles de AULDIST *et* PROSSER (1998) et de DAVIS *et al.* (1999) ont comparé les effets de deux traites par rapport à une traite par jour. L'augmentation des fréquences de la traite améliore la production de lait (HILLERTON *et al.*, 1990 ; BAUMAN *et* VERNON, 1993 ; ERDMAN *et* VARNER, 1995 ; HALE *et al.*, 2003) et, dans la plupart des cas (BAR-PELED *et al.*, 1995 ; HALE *et al.*, 2003), la production de lait reste élevée pendant une certaine période après le retour à la fréquence ordinaire de la traite. Par contre, la traite des vaches une fois par jour a engendré une perte significative de la production laitière (BOUTINAUD *et al.*, 2003).

III.2.2.2. Alimentation :

De nombreux travaux ont été réalisés dans le monde entier pour déterminer l'influence des divers aliments de la ration sur la composition du lait.

Selon l'étude de COULON (1991), l'utilisation d'ensilage de maïs est souvent associée à des taux protéiques élevés parce qu'il permet en général de réaliser des rations où les apports énergétiques sont plus facilement couverts.

Par contre, sous la forme d'ensilage, le maïs plante entière est un aliment favorable à la synthèse des matières grasses en raison, essentiellement, des orientations fermentaires dans le rumen (l'amidon fermenté est favorable à la production d'acide butyrique) et à la richesse en lipides du grain de maïs. Présenté sous forme sèche, après broyage et agglomération, le maïs plante entière n'induit pas les mêmes orientations fermentaires qu'ensilé et constituerait au contraire un moyen efficace de réduire la synthèse des matières grasses. Ceci est à attribuer à la proportion élevée de grains de maïs non fermentés (amidon en l'état) dans la plante (HODEN *et* COULON, 1991).

D'un autre côté, l'utilisation d'une ration mixte (ensilages de maïs + trèfle violet) par HODEN *et al.* (1987) a mis en évidence l'influence négative de cette ration avec du trèfle violet sur les performances de production et de composition du lait. Les taux butyreux et protéique ont été, en particulier, anormalement bas par rapport à ceux observés avec des rations composées uniquement d'ensilage de maïs (HODEN *et al.*, 1985). L'introduction de betteraves à cette ration mixte (HODEN *et al.*, 1988) a permis d'améliorer significativement les conditions de lait et de matière utile ainsi que le taux butyreux. Les effets bénéfiques de

l'introduction supplémentaire de betterave sont vraisemblablement à attribuer, d'une part, à des modifications d'orientations fermentaires dans le rumen (acide butyrique) favorables à la synthèse des matières grasses (JOURNET *et* CHILLIARD, 1985) et d'autre part, au meilleur niveau d'apport énergétique pour la synthèse des protéines (REMOND, 1985).

SEEGERS *et al.* (1989) ont observé que l'utilisation d'ensilage d'herbe en quantité importante dans des rations à base d'ensilage de maïs conduit à une amélioration des taux protéiques. Dans ce cas, l'utilisation d'ensilage d'herbe est un indice de la maîtrise globale du système alimentaire et de l'utilisation raisonnée des différents fourrages disponibles (COULON, 1991).

L'introduction de la luzerne déshydratée de qualité, en substitution partielle, de l'ensilage de maïs a permis d'augmenter la production de lait et de faire baisser le taux butyreux sans affecter le taux protéiques (PEYRAUD *et* DELABY, 1994). Par contre, l'introduction de la luzerne déshydratée dans la ration des vaches laitières alimentées avec de l'ensilage d'herbe et de l'ensilage de maïs complété par du tourteau de soja, a permis de diminuer les quantités de tourteau de soja sans modification de la production laitière ni du taux butyreux du lait. En revanche, le taux protéique a augmenté sans modification du taux de caséines (THENARD *et al.*, 2002).

L'étude de COUVREUR *et al.* (2006) ayant pour objectif de déterminer la relation entre la proportion d'herbe fraîche dans la ration en remplacement de l'ensilage de maïs et la composition chimique du lait a montré une augmentation de la production de lait linéairement avec l'augmentation de la proportion d'herbe fraîche (+0,21 kg/j pour 10 % d'herbe en plus dans la ration en remplacement de l'ensilage de maïs). Une augmentation de la matière protéique et du taux protéique a été notée, significative entre les ratios à 0 et à 30% d'herbe (+0,85g/jour de matière protéiques et 0,17% d'augmentation de TP) (COUVREUR *et al.*, 2006).

SLOTS *et al.* (2009) ont constaté que le lait produit par les animaux dont la ration est à base des céréales, de pâturage, et d'ensilage d'herbe, est un lait riche en acide α -linoléique (C18:3 n-3 $9,4 \pm 0,2$ mg/kg des acides gras totaux) et en AGPI ($3,66 \pm 0,07$ mg/kg des acides gras totaux).

Le taux protéique augmente donc de manière linéaire avec les apports énergétiques (COULON *et* REMOND, 1991 ; DHIMAN *et al.*, 2000 ; AKRAIM, 2005 ; BONY *et al.*,

2005 ; RABIEE *et al.*, 2012) sauf lorsque l'augmentation de ces apports est réalisée par l'adjonction de matières grasses qui, quelle que soit leur origine, ont un effet dépressif. Au contraire, le taux butyreux tend à baisser dans le cas de niveaux énergétiques très élevés en raison de l'arrêt de la mobilisation des réserves corporelles qui entraînent souvent une augmentation du taux butyreux (DOREAU *et* CHILLIARD, 1992 ; RULQUIN *et al.*, 2007, Wang *et al.*, 2010; LOCKE *et al.*, 2013).

Ajoutés aux rations de vaches laitières, les lipides des animaux aquatiques permettent un accroissement sensible de la teneur du lait en AGPI ω 3 (AKRAIM, 2005 ; WOODS *et* FEARON, 2009), mais outre leur effet dépresseur sur le taux butyreux, l'usage de tels aliments pour des vaches est aujourd'hui porteur d'une image très négative chez le consommateur.

L'effet négatif d'un supplément lipidique sur le taux butyreux est aussi lié au rapport fourrages/concentrés dans la ration. Un régime pauvre en fibres supplémenté avec une matière grasse insaturée abaisse le TB du lait de 30% par rapport à un régime riche en fibres supplémenté avec une matière grasse saturée (AKRAIM, 2005).

Cependant, un apport de matières grasses sous forme de graines a maintenu, voire augmenté, dans plusieurs cas le TB du lait (DHIMAN *et al.*, 2000 ; PETIT *et al.*, 2004 ; WEILL *et al.*, 2002 ; AKRAIM *et al.*, 2007). L'addition d'huile de lin n'a pas d'effet sur la matière grasse du lait (LUNDY *et al.*, 2004 ; GLASSER *et al.*, 2008), en comparaison avec une ration témoin sans matière grasse ajoutée. De même, l'infusion d'huile de lin dans le duodénum de vaches à raison de 500 g/j n'a pas d'effet sur le TB en comparaison avec un apport de graines de lin entières (PETIT, 2002).

La modification du profil des acides gras du lait dépend du type de graines oléagineuses utilisées. Les proportions des acides gras de C6:0 à C16:0 sont diminuées par la supplémentation en oléagineux (tournesol, lin, colza et soja) sous forme de graines ou d'huile (PETIT *et al.*, 2004 ; GONTHIER *et al.*, 2005 ; GLASSER *et al.*, 2008). C4:0 observe la même tendance mais dans de moindres proportions.

Les teneurs en C18:2 sont augmentées lors de supplémentations en lin (huile et graines), en huile de colza protégée ou en tournesol et en soja sous toutes leurs formes.

En ce qui concerne le C18:3, les pourcentages augmentent dans tous les cas lorsque les acides gras sont protégés ainsi qu'avec les graines de lin et de soja. Les lipides protégés engendrent de meilleurs taux que les autres formes (GLASSER *et al.*, 2008).

Des recherches récentes ont porté sur l'étude des effets de la supplémentation en acide palmitique C16:0 dans la ration alimentaire. Cet acide gras a engendré une augmentation de la production laitière et du taux butyreux (ENJALBERT *et al.*, 2000 ; MOSLEY *et al.*, 2007; LOCK *et al.*, 2013; PIANTONI *et al.*, 2013 ; RICO *et al.*, 2014).

Par ailleurs, le taux protéique dépend aussi de la couverture des besoins en acides aminés indispensables, lysine et méthionine en particulier (RULQUIN *et al.*, 1993). Donc de la nature des compléments azotés distribués aux animaux. L'augmentation du niveau des apports azotés dans la ration entraîne une augmentation conjointe des quantités de lait et de protéines secrétées, de sorte que le taux protéique est peu modifié (REMOND, 1985).

Selon STOLL (2003), un déficit protéique de longue durée dans une ration des vaches laitières peut engendrer de fortes baisses du taux protéique du lait. D'une part, un manque de matières azotées pour les microorganismes conduit à une réduction de leur activité, en conséquence une baisse de la digestibilité des aliments et une diminution des apports énergétiques à la vache. Par ailleurs, la synthèse des protéines microbiennes ralentit, entraînant une diminution de protéines du lait.

Enfin, différentes expériences ont démontré que le pois, excellente source de protéines et d'énergie pour les ruminants, pouvait constituer la principale source de suppléments protéiques pour les vaches laitières, en remplacement des tourteaux, de soja et de canola (CORBETT, 1995 ; PETIT, 1997 ; PELLETIER, 1999). La production et la qualité du lait ont été maintenues ou légèrement accrues, lors de ces essais, alors que le pois constituait jusqu'à 25 % des concentrés servis.

Deuxième partie

EXPÉRIMENTATION

Chapitre I

PRESENTATION

DES SITES D'ETUDE

I. Critères de choix des sites d'étude :

L'étude a ciblé les exploitations élevant des animaux importés à haut potentiel de production, à l'image des races Holstein et Montbéliarde. A cet effet, ce travail a d'abord débuté par des enquêtes dans plusieurs exploitations afin de délimiter un échantillonnage représentatif des conditions expérimentales ciblées (alimentation, race, saison, numéro et mois de lactation), selon les critères suivants :

- Production laitière régulièrement commercialisée ;
- Effectif de vaches laitières supérieur ou égal à 50 ;
- Eleveurs agréés par l'Etat ;
- Races Holstein et/ou Montbéliarde disponibles ;
- Disponibilité de vaches laitières en phase de lactation pouvant assurer une production laitière durant toute l'étude ;
- Présence de vaches saines dans chaque élevage ;
- L'existence de documents relatifs au suivi zootechnique et vétérinaire des vaches laitières.

Les régions choisies pour cette étude sont la plaine de la Mitidja (Alger, Blida et Tipaza), Bejaïa et Médéa. Ce choix relève de l'importance qu'elles présentent vis à vis des autres régions que ce soit en production laitière, en effectif bovin ou en nombre d'industries laitières. Les 6 exploitations retenues sont des propriétés privées, totalisant un effectif de 1059 têtes bovines dont 724 vaches laitières (Tableau 7).

Tableau 7 : Composition et répartition de l'effectif étudié (Têtes)

Région	Exploitation	Effectif bovin (Têtes)	Vaches laitières (Têtes)
Alger	Labiba	120	95
Tipaza	Lahiani	165	84
Blida	Brazi	55	50
Blida	Hadji	61	60
Bejaïa	ANDLESS	220	187
Médéa	El-Boukhari	438	248
Total (Têtes)		1059	724

II. Ferme ANDLESS (Bejaïa) :

II.1. Localisation :

La ferme ANDLESS est une propriété privée sise dans le village de Boubirek appartenant à la commune de Beni Maouche dans la Wilaya de Bejaïa. Elle est située à 20 km de la daïra de Beni Ouartilane et à 10 km de sa commune sur une colline de 600 m d'altitude (Figure 1 et 2).

II.2. Capital foncier :

Cette ferme est dotée d'une superficie totale de 200 ha dont 150 ha sont destinés à la culture fourragère, répartis comme suit :

- 75 ha (50%) destinés au fourrage vert pâturé représentés essentiellement par le trèfle, Tassula et la vesce-avoine.
- 75 ha (50%) de vesce-avoine destinés à la production du fourrage grossier.

II.3. Cheptel bovin :

La ferme dispose d'un effectif global de 187 vaches laitières, 31 génisses pleines et 2 taureaux reproducteurs de race Holstein. Il existe deux modes de reproduction pour maintenir l'effectif, à savoir : l'insémination artificielle et l'accouplement.

Le cheptel bovin de la ferme ANDLESS est constitué de six races : la Holstein à pie noir, la Holstein à pie rouge, la Montbéliarde, la Brune des alpes, la Flekvieh, et la race croisée.

II.4. Infrastructure et personnel :

La ferme dispose de six hangars : quatre pour l'alimentation, et deux hangars pour la mise en quarantaine. En plus d'une nourricière pour les veaux.

La ferme dispose de deux hangars supplémentaires, le premier est destiné au stockage de la paille et du foin, et le second au stockage de l'aliment concentré.

La ferme est dotée d'une laiterie-fromagerie qui s'étend sur une superficie d'environ 526 m², elle est dotée d'un équipement et d'un personnel professionnel et qualifié : un maître fromager, et quatre ouvriers, permettant la mise sur le marché sous le nom du *VRAI*, un fromage à pâte molle type camembert. La capacité de production journalière est de 660 à 690 boîtes d'un poids de 250 g.



Figure 1 : Localisation de la ferme ANDLESS

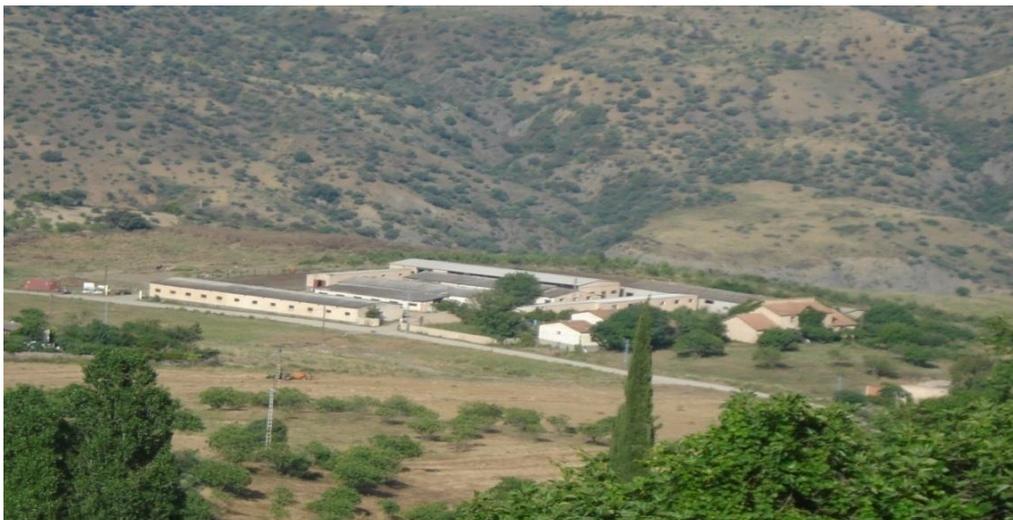


Figure 2 : Vue sur la ferme de référence ANDLESS.

Le troupeau est conduit en stabulation entravée. Des hangars d'une capacité de 50 têtes par bâtis sont construits en béton armé, munis de deux portes et d'impostes pour l'aération. L'aire de couchage des animaux est couverte de paille durant la saison froide, afin d'éviter tous risques de maladies. Deux sortes d'hangars sont disponibles au niveau de la ferme. Le premier en disposition tête à tête où les animaux sont attachés sur deux rangées séparées par deux mangeoires. Le deuxième en stabulation isolée où les vaches sont attachées de part et d'autre du bâtiment d'une manière à ce que chaque coté dispose de son propre mangeoire.

La ferme mobilise un personnel permanent constitué du propriétaire, douze ouvriers fermiers, un vétérinaire, un technicien responsable du rationnement et trois chauffeurs.

La ferme est dotée également de deux salles de traite mécaniques.

La production laitière de la ferme ANDLESS est en moyenne de 2 920 litres par jours, dont environ 1 600 à 1 700 litres sont livrés à « DANONE DJURDJURA ».

III. Ferme Lahiani Achour & Fils (Tipaza) :

III.1. Localisation :

La ferme Lahiani Achour et Fils est une propriété privée, sise dans le village de Berraisse appartenant à la commune de Chaiba Wilaya de Tipaza, située à 15 km de la daïra de Koléa et à 10 km de sa commune sur une colline de 300 m d'altitude.

III.2. Capital foncier :

Sa superficie totale est de 250 ha, dont 150 ha consacrés à la culture fourragère : 6 ha de maïs, 40 ha d'orge, 6 ha de luzerne, 8 ha de trèfle, et 85 ha d'avoine.

III.3. Cheptel bovin :

Elle dispose actuellement d'un effectif global de 84 vaches laitières, 60 génisses dont 20 pleines et d'un taureau reproducteur de race Holstein. Il existe deux modes de reproduction pour maintenir l'effectif : l'insémination artificielle et l'accouplement. Le cheptel bovin laitier est constitué principalement de race Holstein à pie noire et à pie rouge.

III.4. Infrastructure et personnel :

La ferme comporte trois hangars pour l'élevage bovin, une nourricière, une salle de traite, un hangar de stockage d'aliments grossiers et de foin et un autre pour la préparation du concentré, dont la formulation suit les données des tables de rationnement.

La production laitière de la ferme Lahiani est en moyenne de 1500 litres par jour, livrée en quasi totalité à la laiterie « Baya ».

La ferme mobilise un personnel permanent constitué du propriétaire, quinze fermiers, ainsi que d'un agent administratif et d'un comptable.

IV. Ferme Brazi Hamdane (Blida) :

IV.1. Localisation :

La ferme Brazi Hamdane est une propriété privée, sise dans le village de Zaouia appartenant à la commune de Beni Tamou, Wilaya de Blida, située à 15 km de la daïra d'Oued El Eulleug et à 10 km de sa commune sur la plaine de la Mitidja.

IV.2. Capital foncier :

Sa superficie totale est de 25 ares. Par manque de superficie, la culture fourragère est inexistante dans cette exploitation, le fourrage est ainsi importé de l'extérieur.

IV.3. Cheptel bovin :

Elle dispose actuellement d'un effectif global de 50 vaches laitières, 4 génisses, et d'un taureau reproducteur de race Holstein. Il existe deux modes de reproduction pour maintenir l'effectif : l'insémination artificielle et l'accouplement.

Le cheptel bovin laitier est constitué par 40 vaches laitières de race Holstein à pie noire et 2 vaches à pie rouge et 8 Fleckvieh.

IV.4. Infrastructure et personnel :

Elle comporte 2 hangars pour l'élevage bovin, une nourricière, un hangar de stockage de foin, et un hangar pour préparation de l'aliment concentré muni d'un broyeur-mélangeur.

La traite est faite de manière mécanique à l'aide de chariots trayeurs mobiles. La production laitière de la ferme Brazi est en moyenne de 850 litres par jour qui est livrée en quasi totalité à la laiterie « Baya ». La ferme est dynamisée grâce à un personnel permanent constitué du propriétaire et cinq fermiers.

V. Ferme Hadji Djamel (Blida) :

V.1. Localisation :

La ferme Hadji Djamel, est une propriété privée, sise dans le village de Maramen appartenant à la commune de Zabana, Wilaya de Blida, située à 15 km de la daïra de Blida et à 10 km de sa commune sur la plaine de la Mitidja.

V.2. Capital foncier :

La superficie totale de la ferme est de 10 ha la culture fourragère est inexistante dans cette exploitation, le fourrage est également importé de l'extérieur.

V.3. Cheptel bovin :

Elle dispose d'un effectif global de 60 vaches laitières, et d'un taureau reproducteur de race Holstein. Il existe deux modes de reproduction pour maintenir l'effectif : l'insémination artificielle et l'accouplement.

Le cheptel bovin laitier est constitué de 42 vaches laitières de race Holstein à pie noire et 18 vaches à pie rouge.

V.4. Infrastructure et personnel :

Elle comporte un hangar pour l'élevage bovin, une nourricière, un hangar de stockage de foin, aussi d'un bureau administratif. La traite est réalisée de manière mécanique à l'aide de chariots trayeurs mobiles. La production laitière de la ferme Hadji est en moyenne de 1250 litres par jour, livrée en quasi totalité à la laiterie « Danone DJURDJURA ». La ferme mobilise un personnel permanent constitué du propriétaire, six fermiers, ainsi que deux administratifs.

VI. Ferme El-Boukhari (Médéa) :

VI.1. Localisation :

La ferme El-Boukhari est une propriété privée, sise dans le village de Ksar El-Boukhari appartenant à la Wilaya de Médéa, située à 65 km de la daïra de Médéa.

VI.2. Capital foncier :

On signalera tout d'abord que la culture fourragère est inexistante dans cette exploitation, le fourrage, la paille ainsi que le foin sont importés de l'extérieur.

VI.3. Cheptel bovin :

La ferme El-Boukhari dispose actuellement d'un effectif global de 438 têtes, dont la répartition selon les races est comme suit : 120 Holstein à pie rouge et noire, 88 Montbéliarde, 80 Fleckvieh, 35 Normande et 8 Brune des Alpes le reste du cheptel est représenté par des vaches croisées au niveau de la ferme.

Parmi les 438 vaches il y'a 248 vaches en lactation, 70 vaches en tarissement, 44 génisses, 38 vèles, 37 veaux et cinq taureaux reproducteur. Il existe deux modes de reproduction pour maintenir l'effectif : l'insémination artificielle et l'accouplement.

VI.4. Infrastructure et personnel :

La ferme comporte plusieurs bâtiments pour l'élevage bovin :

- Bâtiment des vaches laitières en production (stabulation semi-entravée).
- Bâtiment des vaches laitières en tarissement (entravée).
- Bâtiment des mise-bas.
- Une nourricière.
- Un centre de collecte de lait cru réparti en une salle de traite (traite mécanique), et la salle de collecte proprement dite avec 03 cuves d'une capacité de 1200 l.
- Un hangar de stockage d'aliments grossiers (foin et paille), d'une capacité de 50.000 bottes et un autre pour la préparation du concentré, dont la formulation suit les données des tables de rationnement muni de trois broyeurs-mélangeurs.

L'hangar est muni également de matériel de conservation et de transformation pour fournir un aliment de qualité qui pourrait couvrir les besoins des vaches en quantité suffisante, d'ailleurs la capacité de production du concentré est de 5 Tonnes/jour.

La production laitière de la ferme est en moyenne de 5000 l de lait cru par jour, livrée en totalité à la laiterie « El-Boukhari ».

VII. Ferme Labiba (Alger) :

VII.1. Localisation :

La ferme Labiba est une propriété privée, sise dans la commune côtière de H'Raoua qui est située à environ 30 km à l'est d'Alger, au nord-est de la wilaya d'Alger. Le chef lieu de la commune est situé à 2 km des plages de Tarfaya et de Kadous. Elle est limitée à l'est par le lac de Reghaïa, la commune de Rouïba au sud, par Ain Taya à l'ouest, et la mer méditerranée au Nord (Figure 3 et 4).

VII.2. Capital foncier :

La superficie totale de l'exploitation est de 10 ha, dont 5,5 ha est une surface agricole répartie comme suit : Surface agricole utile (SAU) : 4,5 ha de trèfle. Cette surface est irriguée.

VII.3. Cheptel bovin :

La ferme dispose actuellement d'un effectif globale de 120 têtes, dont 95 têtes sont des vaches laitières, d'une vingtaine de génisses et de 2 taureaux reproducteurs de race Prim'Holstein.

Le cheptel bovin laitier est constitué des races Prim'Holstein, Montbéliarde, et Flekvieh.

VII.4. Infrastructure et personnel :

La ferme d'étude dispose d'un grand hangar semi-fermé de 120 m² pour l'élevage bovin où se déroule l'hébergement et l'alimentation des vaches laitières, en plus d'une nourricière pour les veaux.

La ferme dispose également d'une salle de traite mécanique, c'est un système de traite en épi 2*6, un hangar de stockage. et afin d'assurer le bon suivi sanitaire de l'élevage, la ferme fait constamment appel à un vétérinaire spécialisé.



Figure 3 : Localisation de la commune de H'raoua.



Figure 4 : Image satellite de la ferme d'étude Labiba (2015).

Chapitre II

ESSAI DE FABRICATION

DES FROMAGES

ESSAI I : Etapes de fabrication du fromage à pâte molle type Camembert (Fromagerie Saint-Amour)

I.1. Prélèvement de lait :

La traite a été réalisée d'une manière mécanique à l'aide de chariots trayeurs mobiles, vers 17 h pour les deux essais de fabrication (hiver, été). Le prélèvement concernait un mélange de lait issu de vaches ayant un même numéro de lactation, les laits de la 1^{ère}, 2^{ème}, ainsi que la 3^{ème} lactation provenaient de l'exploitation étudiée : Lahiani.

Les laits recueillis, 10 litres pour chaque numéro de lactation, ont été conservés à 4 °C, et directement acheminés vers la laiterie-fromagerie Saint Amour, située dans la commune des Ouacifs, à 15 km de la Daira d'Ain El Hamam dans les hauteurs de la Wilaya de TiziOuzou. Type artisanale, Elle a été créée en 2002 par un couple de fermiers, ayant pour activité principale la transformation laitière (Bovine et Caprine) en différents fromages fermiers. La fromagerie est structurée en 3 principaux compartiments ; une salle de préparation, une chambre froide et une cave d'affinage en pierre.

I.2. Préparation de lait :

Une fois le lait réceptionné, il est porté à une température de chauffage n'excédant pas les 37°C. Des ferments lactiques mésophiles sont ensuite ajoutés à raison de 3 ml pour 100 litres de lait afin d'obtenir un pH variant de 6,4 à 6,2.

I.3. emprésurage et coagulation :

La présure commerciale utilisée est d'une force de 1/10 000. Elle est ajoutée à raison de 4 ml pour 10 litres de lait. Après la prise du caillé, dont le temps varie en fonction de l'échantillon, le caillage est maintenu dans une salle à une température de 25 °C.

I.4. Découpage, brassage et moulage :

Une fois le caillé obtenu, ce dernier est découpé en petits carrés uniformes à l'aide d'un tranche-caillé. Après écoulement d'une trentaine de minutes, un premier brassage a eu lieu, un second s'effectue après 15 minutes du premier. Le brassage est opéré soigneusement, de

manière à ne pas briser le caillé, qui se voit débarrasser de plus de 75 % de son lactosérum. Le moulage du caillé est effectué au moyen d'une louche dans des moules cylindriques de 7,2 cm de diamètre et 8,3 cm de hauteur.

I.5. Égouttage :

L'égouttage est effectué dans des conditions de température qui n'excèdent pas 25°C. Le fromage, au cours de l'égouttage, subit plusieurs retournements. Le premier survient quand le caillé n'a atteint que la moitié de la hauteur du moule, soit 5 heures après le moulage. Le second retournement est effectué 8 heures plus tard.

I.6. Démoulage et salage :

Peu de temps après le second retournement, nous procédons au démoulage à une température de 18 à 20 °C. Suite à l'absence d'une salle de ressuyage convenable, le salage intervient juste après le démoulage, il est réalisé en plongeant les fromages dans un bain de saumure d'une concentration de 18 à 20 % de sel à une température de 10 à 16 °C pendant une dizaine de minutes.

I.7. Affinage :

Lors de la production du fromage deux modes d'affinage ont été adoptés. Le premier consistait en un affinage en hâloir et le second en cave traditionnelle en pierre de la Laiterie Fromagerie Saint Amour.

Durant le premier processus d'affinage, les conditions de température et d'humidité ont été contrôlées respectivement entre 10 à 12 °C et 90 à 95 %. La pulvérisation du penicillium est réalisée immédiatement après l'entrée du fromage en hâloir. Au 7^{ème} jour, un retournement a été effectué. Au 12^{ème} jour d'affinage, le fromage a atteint sa maturité. Il a été emballé et conservé à une température variant de 3 °C à 6 °C dans une chambre froide.

Dans le cas du second mode d'affinage la température et l'hygrométrie mesurées variaient respectivement de 8°C à 10°C et de 80 à 90 %. La pulvérisation du penicillium est réalisée également après l'entrée du fromage en cave, des retournements réguliers ont été effectués. Au bout du 25^{ème} jour d'affinage le fromage a atteint sa maturité. Il a été emballé et mis dans une chambre froide où la température variait entre 3°C et 6°C. Ce mode d'affinage n'a concerné que la fabrication d'hiver.

ESSAI II : Etapes de fabrication du fromage à pâte molle type Camembert (Fromagerie ANDLESS)

Le procédé de fabrication comprend, également, sept étapes essentielles et d'autres étapes secondaires qui ne sont pas de moindre importance.

II.1. Prélèvement de lait :

Le lait a été récupéré la veille durant la traite du soir au niveau de la ferme ANDLESS, les quantités de lait utilisées sont de 20 l repartis en quatre à raison de 5 l pour chaque race (Holstein et Montbéliarde) et pour chaque numéro de lactation (1^{ère} et 2^{ème} lactation).

II.2. Préparation du lait :

Pour obtenir un bon camembert répondant aux normes de qualité le lait utilisé est soigneusement préparé. Durant cette étape le lait est filtré afin d'enlever les impuretés apparentes avant de passer dans le pasteurisateur.

La pasteurisation est nécessaire pour créer les conditions bactériologiques favorables à la coagulation du lait. Elle est réalisée à l'aide d'un pasteurisateur à plaques à une température de 85°C pendant 20 secondes. Ensuite le lait est refroidi à 35°C et acheminé vers les cuves de fabrication.

Le lait est ensuiteensemencé par des ferments lactiques, *Penicillium candidum* et *Geotrichumcandidum* à raison de 3g pour 100 litres de lait. L'ajout d'ingrédients chimiques comme auxiliaires technologique tel le CaCl₂ à raison 10ml pour 100 l de lait est primordiale. Les ferments utilisés sont constitués de deux ferments mésophiles et un ferment thermophile.

Les ferments mésophiles sont ajoutés avec *Penicillium candidum* et *Geotrichumcandidum*, contrairement aux ferments thermophiles qui sont ajoutés seuls et en dernier.

II.3. Emprésurage et coagulation :

Deux récipients d'une contenance de 5 l sont remplis avec du lait mûri. Les cuves sont emprésurées séparément, l'une avec la pepsine ovine et l'autre avec de la présure considérée comme référence. Le lait étant bien agité afin de bien répartir l'enzyme coagulante.

Les concentrations de l'extrait ont été calculées d'une façon à obtenir un temps de coagulation le plus proche possible de celui de la présure de référence. Signalons ici que la pepsine ovine est préalablement extraite à partir de caillottes d'ovins adultes, récupérées à l'état frais. Elles sont ensuite débarrassées de leurs parties pyloriques et de leurs graisses. En effet, après décongélation des broyats de caillottes, ils sont soumis à une macération dans une solution de HCl 0,2 M selon le rapport 8/10 (P/V) pendant 96 heures à 35 °C. A la fin de la période d'incubation, l'homogénat macéré est filtré à travers un Buchner contenant la gaze. La solution récupérée après filtration est centrifugée à 2500 g pendant 10 min, le surnageant ainsi récupéré est filtré sur papier filtre plissé. Le pH du filtrat obtenu, est ensuite ajusté à pH 6 par l'ajout de soude. La caractérisation de cet agent coagulant nous a permis dans un premier temps de déterminer son activité coagulante qui est de 5 UP/ml, pour une concentration en protéine de 21,6 mg /ml. Les conditions optimales de son activité se situent à une température de 50 °C, une concentration en CaCl₂ de 0,03 M et un pH de 5,8. L'extrait enzymatique a été utilisé à l'état brut (EEB).

II.4. Découpage, brassage et moulage :

Une fois le lait a pris forme d'un coagulum bien ferme, le caillé est découpé en petits cube à l'aide d'un couteau stérilisé à l'eau de javel.

A la fin du découpage, le lait ou le caillé est laissé au repos pendant 20 mn avant d'entamer le premier brassage et qui est suivi de deux brassages à un intervalle de 20 et 15mn successivement.

Cette opération vise à accélérer l'égouttage en renouvelant constamment les surfaces d'exsudation du sérum et en empêchant les grains d'adhérer entre elles et de former ainsi des amas emprisonnant le liquide.

Le moulage est effectué 20 mn après le dernier brassage. Le caillé est mis en moule à l'aide d'une louche, les moules sont posées sur des plateaux ouverts d'un seul côté et légèrement inclinés pour permettre au caillé de s'égoutter librement. Il est à préciser que le caillé moulé subit plusieurs retournements pour libérer la plus grande quantité de lactosérum.

II.5. Égouttage :

Cette opération est favorisée par plusieurs retournements. Cinq retournements sont effectués à intervalle de temps de 30 minutes, 1 heure, 3 heures, 5 heures et 8 heures après moulage.

II.6. Démoulage, salage et ressuyage :

Après 24h d'égouttage, le démoulage se fait lorsque l'humidité du fromage atteint 60 % et son pH de 4,8 à 5.

Le salage enrichi la pâte de caillé en chlorure de sodium au moyen de 2 %, il agit directement sur le développement des microorganismes et l'activité des enzymes par la diminution de l'activité de l'eau ; il complète l'égouttage du fromage et facilite la formation de la croûte du fromage. Le salage se fait en immergeant pendant une heure les caillés démoulés préalablement dans une saumure à 30% de NaCl.

Une fois le salage est terminé, les claies contenant les fromages sont entreposées dans une salle de ressuyage pendant 18 à 24h, à une température de 20 °C à 22 °C et humidité de 95%. Le rôle du ressuyage c'est d'éliminer la pellicule d'eau en surfaces des fromages et d'éviter toute contamination du produit. C'est une opération qui influe sur l'extrait sec du fromage.

II.7. Affinage :

Cette étape est réalisée dans des chambres conditionnées à une température de 12°C et à une humidité de 95%.

Durant cette étape, les fromages subissent des retournements et des pulvérisations (avec des souches de *Geotrichum candidum* et *Penicillium candidum*) aux 1^{er}, 3^{ème}, 7^{ème} et 9^{ème} jours.

Chapitre III

METHODES ANALYTIQUES

I. Analyses physico-chimiques du lait :

Sur chacun des échantillons du lait, des analyses physico-chimiques ont été réalisées(Annexe 1) :

I.1. pH initial :

Le pH initial du lait entier a été déterminé dès son arrivée au laboratoire à 20 °C, à l'aide d'un pH-mètre.

I.2. Acidité titrable :

L'acidité titrable du lait a été déterminée par titrage à l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphaléine comme indicateur conformément à la norme NF V 04 – 206 (AFNOR, 1986).

I.3. Densité :

La densité a été déterminée à l'aide d'un aréomètre selon la norme NF V 04 – 204 (AFNOR, 1986).

I.4. Extrait sec total et dégraissé :

L'extrait sec total (EST) a été déterminé par dessiccation à l'aide d'un analyseur d'humidité ; alors que l'extrait sec dégraissé (ESD) représente la différence entre l'extrait sec total de l'échantillon et son taux butyreux :

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{TB}.$$

I.5. Taux protéique :

Le taux protéique a été obtenu après mesure de la teneur en azote total (NT) par la méthode Kjeldahl (norme NF V04-211, AFNOR 1986).

I.6. Taux butyreux et d'acides gras :

La teneur du lait en matières grasses (TB) a été déterminée par la méthode acido-butyrométrique de Gerber (norme NF 04-210, AFNOR 1986). Les résultats sont exprimés en grammes de matières grasses par litre de lait.

Pour convertir les taux de matières grasses en acides gras, il faut appliquer un facteur de conversion (0,945) dérivé de la proportion des acides gras contenus dans les matières grasses du lait et des produits laitiers (PAUL *et* SOUTHGATE, 1978).

I.7. Etude du profil en acides gras de la matière grasse du lait :

La détermination du taux butyreux fournit des informations globales qui restent insuffisantes pour rendre compte de l'origine des acides gras présents, de leur nature et de leur quantité. L'analyse qualitative et quantitative des acides gras représente donc une caractéristique d'identité de la matière grasse.

I.7.1. Préparation des esters méthyliques :

Les acides gras de la matière grasse du lait extraite par la méthode de Röse Gottlieb (norme NF EN ISO 1211, AFNOR 1986), sont analysés sous forme d'esters méthyliques pour éviter les inconvénients liés à l'excessive polarité de ces acides.

Les esters méthyliques sont obtenus à partir des triglycérides selon la méthode décrite par AFNOR (norme NF T60-233, AFNOR 2000), en utilisant l'heptane pour chromatographie (10 ml) et une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium (0,5 ml) pour une prise d'essai de matière grasse de 1 g.

I.7.2. Analyse des esters méthyliques par chromatographie en phase gazeuse :

Le profil en acide gras de la matière grasse du lait est établi par l'analyse des esters méthyliques, ainsi obtenus, par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un appareil type DANI MASTER GC selon LOCK *et al.* (2013) dans les conditions opératoires suivantes :

- **Gaz Vecteur** : Hélium ;
- **Température d'injection** : 250 °C ;
- **Volume d'échantillon injecté** : 1 µl ;
- **Colonne** : Capillaire HP5 ;
- **Température de la colonne** : programmée (40°C/4 min, 13°C/min, 175°C/27 min, 4°C/min, 215°C/35 min) ;
- **Température de détecteur** : 215 °C.

II. Analyses des fromages :

II.1. Analyses physico-chimiques :

Sur chaque échantillon de fromage fabriqué, des analyses physico-chimiques ont été pratiquées. Ces analyses portaient sur le rendement fromager, les taux butyreux et protéique, l'extrait sec total, le sel, et le rapport gras sur sec (Annexe 2).

II.1.1. Rendement fromager :

Le rendement a été évalué en établissant le rapport entre la quantité du fromage obtenue et la quantité du lait utilisée, y compris celui qui entre dans la préparation du ferment (VIGNOLA, 2002). L'expression mathématique de ce rapport est donnée comme suit :

$$\text{Rdt-F} = \text{F} / (\text{L} + \text{I}) \times 100 \%$$

Où :

- Rdt-F:** rendement fromager en %;
- F :** la masse du fromage obtenue en Kg ;
- L :** la masse de lait utilisée en Kg ;
- I :** la masse du ferment utilisée en Kg.

II.1.2. Extrait sec total (EST-F) :

L'extrait sec total du fromage (EST-F) a été déterminé par dessiccation à l'aide d'un analyseur d'humidité

II.1.3. Taux butyreux (TB-F) :

La teneur en matières grasses du fromage (TB-F) a été déterminée par la méthode acido-butyrométrique de Van Gulik (norme NF V 04-287, AFNOR 1986). Les résultats sont exprimés en pourcentage.

II.1.4. Taux protéique du fromage (TP-F) :

Le taux protéique a été obtenu après mesure de la teneur en azote total (NT) par la méthode Kjeldahl (norme NF V04-211, AFNOR 1986). Les résultats sont exprimés en pourcentage.

II.1.5. Teneur en sel (NaCl) :

La teneur en sel a été déterminée selon la norme NF V 04-289 (AFNOR, 1986).

II.2. Analyses microbiologiques :

Parmi les facteurs susceptibles d'influencer les qualités du fromage, les agents microbiens jouent un rôle prépondérant, que ce soient les « flores microbiennes utiles » qui interviennent dans la fabrication des fromages ou les « flores microbiennes nuisibles » comme les bactéries pathogènes.

A cet effet, une série d'analyses microbiologiques est réalisée sur les échantillons des fromages obtenus (Annexe 3).

II.2.1. Flore mésophile aérobie totale (FMAT) :

Le dénombrement de cette flore permet de savoir quel est le degré de pollution du fromage. Le milieu de culture utilisé pour la détermination de la FMAT est une gélose PCA. Ce dénombrement se fait après incubation à 30 °C pendant 72h. Les colonies des FMAT se présentent sous forme lenticulaire et de taille différente.

II.2.2. Coliformes totaux et fécaux :

L'estimation des coliformes permet d'apprécier l'importance des contaminations des fromages. La présence des coliformes est ainsi l'indice d'une contamination par défaillance technologique ou hygiénique (PETRANSXIENE *et* LAPIED, 1981). La technique utilisée pour leur dénombrement fait appel à deux tests consécutifs :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux.
- Le test de confirmation : appelé encore le test de Mac Kenzie, est réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

II.2.3. *Staphylococcus aureus* :

La recherche et le dénombrement des *Staphylocoques aureus*, les seuls capables à produire une entérotoxine protéique cause d'intoxications alimentaires, permet donc de savoir si le fromage présente des risques pour le dégustateur. La recherche des *Staphylococcus aureus* est basée sur l'emploi de milieux sélectifs :

- milieu d'enrichissement : bouillon de Giolitti et Cantoni.
- milieu d'isolement ou dénombrement mannité : gélose de Baird Parker ou bien la gélose de Chapman.

II.2.4. Salmonelles :

Les *Salmonella* sont des bactéries toujours pathogènes provoquant des gastro-entérites. Leur recherche permet d'évaluer la toxicité des fromages pour le dégustateur. Le nombre de *Salmonella* étant en général faible dans le produit, il est nécessaire de procéder à un pré enrichissement sur milieu BLMT et un enrichissement sur milieu SFB. L'isolement est ensuite réalisé sur milieu sélectif : HEKTOEN.

II.2.5. Streptocoques fécaux :

Ils sont commensaux de l'intestin : leur présence traduit donc la contamination fécale du produit. La technique de dénombrement en milieu liquide fait appel à deux testes consécutifs :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des streptocoques sur le milieu Rothe à l'azohydrate de sodium ;
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation proprement dite sur le Litsky à l'azohydrate de sodium et à l'éthyl-violet, des tubes trouvés positifs au niveau du teste de présomption.

II.2.6. Clostridium Sulfito-réducteur :

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des bactéries anaérobies strictes, commensales de l'intestin et saprophytes du sol. Leur recherche est considérée comme test imparfait de contamination fécale ancienne (car les spores sont très résistantes) (JOFFIN *et* JOFFIN, 1985). Leur recherche est basée sur :

- l'emploi d'un milieu contenant le sulfite de sodium et l'alun de fer ;
- leur pouvoir de réduire le sulfite de sodium et de donner le sulfure de fer de couleur noire (PETRANSXIENE *et* LAPIED, 1981).

II.3. Analyse sensorielle :

Pour ECK (1997), l'analyse sensorielle regroupe l'ensemble des informations recueillies par les organes des sens. En effet, elle détermine l'attrait qu'exercent les caractères organoleptiques sur le consommateur qui provoquent des réactions plus ou moins vives de désir ou de rejet.

Cette analyse sensorielle comporte les critères de qualité les plus élémentaires de la dégustation, considérés comme les principales caractéristiques impliquées dans le terme de « qualité » (CHEFTEL *et al.*, 1977), à savoir l'appréciation de :

- l'aspect général ;
- la texture de la pâte ;
- du goût des fromages.

Chaque critère comporte une échelle de notation (score) commune de 1 à 5.

Le test est mené par 10 panélistes de la laiterie fromagerie « Président », dont un professionnel du groupe français Lactalis.

L'épreuve consiste à présenter d'une manière anonyme l'ensemble des différents échantillons de fromage aux panélistes qui devront les noter et exprimer ainsi leur préférence. La présentation a été faite de la même manière et anonymement pour l'ensemble des fromages codés par des lettres alphabétiques.

Une fiche de dégustation (Annexe 4), élaborée suivant l'adaptation à l'objectif de l'essai, a été mise à la disposition de chaque dégustateur afin d'attribuer à chaque caractère une note et établir un ordre d'appréciation. Après une première dégustation et avant de passer à un autre fromage, le dégustateur doit d'abord se rincer la bouche pour masquer le goût précédent.

On notera que lors de la dégustation, l'ensemble des fromages avaient le même âge, soit 30 jours incluant les jours de fabrication.

La différence statistique entre les lots est évaluée à l'aide du Quick Rank Test de KRAMER (1960) basé sur le calcul de la moyenne des scores (notes attribuées par les 10 panélistes pour chaque fromage) et de la somme des rangs. Le seuil de probabilité est de 5% ($p = 0,05$).

III. Analyses de l'aliment de bétail :

Dans deux exploitations suivies (Lahiani et Brazi), des échantillons de concentré et de fourrages ont été prélevés afin de déterminer leur valeur nutritive. Les analyses chimiques réalisées selon les normes de l'AOAC (1975) (Annexe 5), concernent :

III.1. Teneur en matière sèche (MS) :

Elle a été déterminée par étuvage à 105°C pendant 24 h et pesée jusqu'à un poids constant.

III.2. Taux de cellulose brute (CB) :

Le taux de cellulose brute a été déterminé par la méthode de WEENDE qui consiste à deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

III.3. Teneur en protéine (PR) :

La teneur en protéine a été déterminée après mesure de la teneur en azote total (NT) par la méthode Kjeldahl.

III.4. Teneur en matière grasse (MG) :

La teneur en matière grasse de l'aliment de bétail a été déterminée par la méthode de Soxhlet.

IV. Analyse statistique :

A partir des données acquises, une analyse statistique va permettre d'établir les relations entre les facteurs de production et les variables physico-chimiques du lait et du fromage, et de préciser le poids relatif de chacun de ces paramètres sur les autres paramètres.

Pour toutes les études réalisées sur le lait ou sur le fromage, les effets sont considérés significatifs au seuil $P < 0,05$. Le traitement statistique des résultats a été effectué à l'aide du logiciel : Statistica 6.1 (2004).

Parmi les méthodes statistiques, un certain nombre d'entre elles est utilisé lors de l'exploitation des résultats.

IV.1. Analyse de variance :

Les données ont été traitées par analyse de la variance. Ce test s'applique lorsque l'on mesure un ou plusieurs variables explicatives catégorielles (facteurs de variabilité) qui ont de l'influence sur la distribution d'une variable continue à expliquer. On parle d'analyse à un facteur (ANOVA à 1 facteur), lorsque l'analyse porte sur un modèle décrit par un facteur de variabilité, d'analyse à deux facteurs (ANOVA à 2 facteurs), lorsque l'analyse porte sur l'interaction entre deux facteurs de variabilité, ou d'analyse multifactorielle (PAVLINOV, 2000).

IV.2. Corrélation :

La corrélation permet d'étudier l'intensité de la liaison qui peut exister entre plusieurs variables. La mesure de cette corrélation est obtenue par le calcul du coefficient de corrélation linéaire compris entre -1 et 1. La matrice de corrélation regroupe les corrélations de plusieurs variables entre elles, les coefficients indiquant l'influence que les variables ont les unes sur les autres (CLEMENT, 2004).

Le test de corrélation a été effectué pour mettre en évidence les relations de dépendance pouvant exister entre les différents facteurs de production, les paramètres physico-chimiques du lait et du fromage.

IV.3. Régression linéaire multiple :

Une analyse de régression où la variable dépendante Y dépend linéairement de plusieurs variables indépendantes X_1, X_2, \dots, X_k est appelée régression linéaire multiple.

L'équation de régression linéaire multiple est de la forme : $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k)$.

Où $f(X_1, X_2, \dots, X_k)$ est une fonction linéaire de X_1, X_2, \dots, X_k (DODGE, 2007).

La régression linéaire multiple a été utilisée pour estimer les valeurs du rendement fromager, de l'extrait sec total des fromages, et du rapport gras sur sec par des équations de prédiction, à partir des teneurs en matières utiles du lait (taux butyreux et protéique).

Troisième partie

RÉSULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE I

EFFET DE L'ALIMENTATION

ESSAI I : Etude de l'influence de l'alimentation sur la composition physico-chimique du lait dans la région de Mitidja

I.1. Introduction :

En dehors de l'effet des autres facteurs de production, l'alimentation des vaches laitières se trouve au début de la chaîne laitière d'autant plus qu'elle conditionne en grande partie la composition du lait (LEMOINE, 2010).

A cet effet, le rationnement d'une vache laitière consiste à satisfaire ses besoins nutritifs, par l'ajustement d'apports alimentaires, suffisants, équilibrés, adaptés à ses facultés digestives, et les plus économiques possibles (WOLTER, 1994).

La démarche classique pour rationner les vaches laitières consiste à :

- Etablir une ration de base, constituée essentiellement d'aliments grossiers récoltés à la ferme ; l'association de plusieurs fourrages de valeurs différentes (légumineuses et graminées), peut fournir à la ration un certain équilibre, sans faire appel à des correcteurs; cette ration peut alors couvrir des besoins de production (en plus de l'entretien), extrêmement variables, allant de quelques Kg à près de 20 Kg de lait ;
- Corriger les éventuels déséquilibres de la ration de base, par un concentré d'équilibre distribué pour toutes les vaches; le concentré d'équilibre, ou correcteur d'équilibre, étant constitué, soit de céréales en cas de déficit en énergie, soit de tourteaux ou de légumineuses à graines (féverole, pois, vesce ...), si la ration est déficitaire en azote ;
- Distribuer un concentré de production, au prorata de la quantité de lait fournie, au-delà de celle qui est permise par la ration de base corrigée; la distribution du concentré de production se fait classiquement en salle de traite (FONTAINE *et al.*, 1993 ; SOLTNER, 1979; CRAPLET *et* THIBIER, 1973).

En Algérie, la ration alimentaire est différente d'une région à une autre, et d'une exploitation à une autre. A cet effet, l'objectif de cette étude visait à comparer, dans les conditions d'élevage réelles en Algérie, la réponse des vaches laitières vis-à-vis de trois rations alimentaires différentes. Pour cela, la race Holstein la plus représentative du site a été choisie.

I.2. Méthodologie :

I.2.1. Choix du cheptel :

Selon les critères fixés précédemment, cette étude a mobilisé un effectif constitué de 36 vaches laitières, pour la totalité de race Holstein, réparties entre trois fermes d'étude situées dans la région de Mitidja, à savoir : la ferme Lahiani (Tipaza), la ferme Brazi (Blida) et la ferme Labiba (Alger), utilisant respectivement les rations alimentaires R1, R2 et R3. Signalons par ailleurs, que chaque ferme dispose de vaches ayant des numéros de lactation 1, 2 ou 3, ce qui met en évidence un cheptel relativement jeune dans l'ensemble. Le tableau 8 montre la structure de l'effectif de vaches laitières étudiées dans chaque exploitation.

Tableau 8 : Structure du cheptel mis en expérimentation

Effectifs (Têtes)	Rations alimentaires			Total
	R1	R2	R3	
Vaches laitières (Têtes)	12	12	12	36

I.2.2. Distribution et composition des rations alimentaires :

Notons que l'expérimentation s'est déroulée dans les conditions réelles d'élevages, trois conduites alimentaires ont été comparées pendant la période allant du début du mois de Septembre à la fin du mois de Novembre, à savoir R1, R2 et R3. Ainsi, la composition des rations alimentaires distribuées a été relevée, notamment, les types et la quantité de fourrages distribués et les quantités de concentrés utilisés.

On signalera tout d'abord que le rationnement en vert est à volonté dans les 3 exploitations retenues, seule leur nature fait l'objet de distinction. Le trèfle violet a été présent dans les 3 exploitations, alors que l'orge vert a été présent seulement dans les exploitations de Lahiani et de Brazi (rations respectives R1 et R2).

Les formulations des rations alimentaires distribuées dans les 3 exploitations sont présentées dans le tableau 9.

Les formulations de l'aliment concentré dans les 3 exploitations sont proposées et fabriquées par les éleveurs mêmes, sur site. Le tableau 10 représente la formulation de ces aliments concentrés distribués aux vaches laitières.

Tableau 9 : Formulation des rations alimentaires distribuées au niveau des 3 exploitations retenues

Exploitation	Composition	(Kg)	(%)	
Lahiani (R1)	Foin d'avoine	11	42,31	
	Paille	5	19,23	
	Aliment concentré	10	38,46	
	Total	26	100	
Brazi (R2)	Foin d'avoine	4	14,29	
	Paille	4	14,29	
	Aliment concentré	6	21,43	71,43
	Drêches de brasserie	14	50	
	Total	28	100	
Labiba (R3)	Ensilage de maïs	15	65,22	
	Foin d'avoine	4	17,39	
	Aliment concentré	4	17,39	
	Total	23	100	

Tableau 10 : Formulation des aliments concentrés utilisée au niveau des 3 exploitations retenues (%)

Exploitation	Composition (%)	
Lahiyani (R1)	Maïs/grains	33
	Son de blé	57
	Orge/grains	8
	Minéraux et vitamines	2
	Total	100
Brazi (R2)	Maïs/grains	20
	Tourteaux de soja	25
	Son de blé	25
	Orge/grains	25
	Minéraux et vitamines	5
	Total	100
Labiba (R3)	Maïs/grains	50
	Tourteaux de soja	25
	Son de blé	20
	Minéraux et vitamines	5
	Total	100

Dans l'exploitation Lahiani, la ration en foin d'avoine correspondait à 11 kg/j/VL répartie en 5 kg le matin et 6 kg le soir, distribués entre les 2 traites, celle portant sur la paille est de 5 kg, disponible le soir. En plus du fourrage, la ration donnée aux vaches comprenait un aliment concentré, ce dernier est à base de : son de blé, maïs, et orge, distribué à raison de 10 kg/j/VL en 2 prises (5kg le matin, 5kg le soir). Cette 1^{ère} ration (R1) était composée d'environ 1/3 d'aliment concentré, et de 2/3 de ration de base.

Au niveau de l'exploitation Brazi, le rationnement en foin d'avoine est estimé à 4 kg/j/VL et de 4 kg/j/VL de paille, distribué juste avant la traite du matin. L'aliment concentré proposé, est essentiellement constitué de tourteaux de soja, de son de blé, de maïs, et d'orge, distribué à raison de 6 kg/j, juste après les 2 traites. Les drêches de brasserie sont également présentes dans cette ration, 14 kg /j sont consommés par vache. Cette seconde ration (R2) a pour objectif, de valoriser les drêches de brasserie (50 %), facilement obtenues par l'éleveur, tout en réduisant la part de la ration de base (foin d'avoine (14,29 %) et paille (14,29 %)), et celle de l'aliment concentré (21,43 % ; maïs, tourteaux de soja, son de blé et orge).

Dans l'exploitation Labiba, la quantité de l'ensilage de maïs est estimée à 15 kg/j/VL, alors que celle du foin d'avoine est de 4 kg/j/VL, distribués entre les deux traites et le soir. L'aliment concentré, constitué de maïs, son de blé et tourteaux de soja, est distribué à raison de 8 kg/j/VL, en deux prises (4 kg après chaque traite). La 3^{ème} ration visait à maximiser les performances individuelles en alimentant les vaches avec un régime bien pourvu en énergie, constitué par l'ensilage de maïs à 65,22 %, et le foin d'avoine (17,39 %), et complété par 17,39 % de concentré (maïs, tourteaux de soja et son de blé).

Par ailleurs, la composition des constituants de la ration a été déterminée pour les exploitations de Lahiani et de Brazi (R1 et R2). Les résultats sont indiqués dans le tableau 11 pour les deux rations.

Tableau 11 : Composition globale des rations alimentaires R1 et R2 (%)

Régime	Composition	MG (%)	PR (%)	CB (%)	MS (%)	H (%)
R1	Maïs	21,6	7,9	8,45	86,85	13,15
	Son de blé	2,13	12,69	8,56	86,98	13,02
	Paille	1,65	12,03	47,02	87,01	12,99
	Foin d'avoine	1,45	6,2	43,1	91,18	8,82
	Orge en grain	1,5	14,58	7,45	94,08	5,92
	Trèfle	3	27,2	17,87	12,8	87,2
	Orge en vert	1,25	8,23	30,58	41,03	58,97
R2	Maïs	21,3	7,87	7,87	86,81	13,12
	Tourteaux de soja	2,08	37,97	5,9	88,49	11,51
	Son de blé	3,54	13,68	10,88	95,7	4,3
	Drêche de brasserie	6,42	44,18	22,72	21,41	87,53
	Paille	1,52	13,56	48,61	88,67	11,33
	Foin d'avoine	2,07	7,43	37,91	93,18	6,82
	Orge en grain	1,53	15,09	8,29	95,17	4,83
	Trèfle	3,33	30,18	17,63	13,3	86,7
	Orge en vert	1,29	9,62	33,99	45,02	54,98

MG : teneur en matière grasse ; **PR** : teneur en protéines ; **CB** : teneur en cellulose brute ; **MS** : teneur en matière sèche ; **H** : teneur en humidité relative.

Les vaches sont habituellement nourries avec des rations totales mélangées, composées de multiples ingrédients dont la composition en éléments nutritifs et la taille des particules varient. Ces ingrédients sont réunis pour former un mélange uniforme que l'on distribue dans une mangeoire ou sur le sol d'un couloir d'alimentation. La majorité des particules longues des rations totales mélangées viennent des fourrages, qui présentent généralement une teneur en fibres plus élevée que les autres ingrédients.

En outre, les résultats de l'analyse de la cellulose brute (Tableau 11), indique que sa valeur est très élevée dans les fourrages que dans les composants des aliments concentrés, avec une valeur maximale de 48,61 % enregistrée dans la paille, et minimale de 17,63 % dans le trèfle.

En effet, le régime alimentaire des vaches en lactation doit contenir suffisamment de fibres physiquement efficaces pour stimuler la mastication et la sécrétion des tampons salivaires, lesquels freinent la diminution du pH causée par la production rapide d'acides à partir des glucides fermentescibles. Cependant, la digestibilité des fibres est également un facteur important : les fibres digérées lentement demeurent plus longtemps dans le rumen, ce qui augmente la distension et diminue la prise alimentaire. La digestibilité des fibres des fourrages peut varier en fonction de la température ambiante durant la saison de croissance. En effet, les fourrages cultivés à des températures chaudes ont tendance à présenter des teneurs plus élevées en lignine par rapport aux fourrages cultivés à des températures plus modérées; la lignine inhibe la digestion des autres fractions de fibres (OBA *et al.*, 2008 ; ZEBELI *et al.*, 2008 ; PLAIZIER *et al.*, 2008).

Par ailleurs, on fournit souvent aux vaches laitières en lactation des quantités importantes de grain pour augmenter l'apport énergétique alimentaire afin de soutenir la forte production de lait de l'animal (AMETAJ *et al.*, 2008 ; MUTSVANGWA *et* GOZHO, 2008).

En revanche, les grains de céréales analysés au cours de cette étude, révèlent des teneurs faibles en matières grasses, de l'ordre de 1 à 3 %, sauf pour le maïs où elle est très élevée (21,3 – 21,6 %), résultat proche de celui de DELABY *et al.* (2001) : 1 à 2 %, sauf pour le maïs (4 %).

D'un autre côté, et avant d'ajouter des grains d'orge à la ration alimentaire des bovins, il faut les traiter pour en briser l'enveloppe afin d'exposer le grain à la digestion microbienne dans le rumen (OBA *et al.*, 2007)

Pour la ration R3, l'ensilage de maïs, présent avec une part de 65,22 % (Tableau 8), a selon MARTIN *et al.*, (2002) une teneur assez faible en matières grasses, de l'ordre de 2,6 à 2,8 %. Les correcteurs azotés utilisés pour corriger son déficit azoté devront apporter une certaine quantité de matières grasse ou bien être associés à de l'herbe de bonne qualité.

I.3. Résultats et discussion :

I.3.1. Composition chimique du lait :

Sur des laits individuels, la composition chimique du lait de 12 vaches a été suivie dans chaque ferme. Des prélèvements de lait ont été réalisés pendant les 3 mois, à raison d'un prélèvement par mois.

Chaque mesure comprend un prélèvement d'un demi-litre de lait par vache, issu de la traite du soir, recueilli dans des récipients propres, conservé à 4 °C, et étiquetés pour assurer leur identification (date de prélèvement, numéro de la vache, ferme) et conduits dans les 12h au laboratoire afin qu'ils soient soumis à l'ensemble des analyses physico-chimiques suivantes : Le pH initial du lait, son acidité et sa densité, l'extrait sec total (EST) et l'extrait dégraissé (ESD), le taux protéique (TP), du taux butyreux (TB) et celui d'acides gras. Le profil en acide gras a été quantifié également. Toutes les analyses du lait cru ont été effectuées en triple afin de rapporter la valeur moyenne ainsi que l'écart-type.

Par ailleurs, l'analyse de la variance (ANOVA à 1 facteur) a été réalisée en tenant compte de la totalité des paramètres des laits issus des 3 fermes, afin d'étudier l'influence réelle de l'alimentation sur la composition des laits (Tableau 12).

Tableau 12 : Résultats des différents paramètres du lait en fonction de l'alimentation

Paramètres physico-chimiques	Régime alimentaire		
	R1	R2	R3
pH	6,67±0,10 ^b	6,63±0,08 ^c	6,74±0,04 ^a
Acidité (°D)	16,40±1,51 ^b	16,99±1,18 ^a	16,25±1,29 ^c
Densité	1,032±0,035	1,032±0,004	1,030±0,001
EST (g/l)	122,36±9,99 ^b	127,11±7,49 ^a	130,41±6,26 ^a
ESD (g/l)	82,65±5,91 ^b	86,27±5,18 ^a	88,36±2,78 ^a
TP (g/l)	30,81±3,62 ^b	31,90±3,09 ^{a,b}	32,82±0,92 ^a
TB (g/l)	39,18±6,70 ^b	40,83±5,59 ^{a,b}	42,05±5,29 ^a
AG (g/l)	37,02±6,33 ^b	38,59±5,28 ^{a,b}	39,73±5,00 ^a

Sur chaque ligne, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. L'absence de lettre a, b et c sur une même ligne indique une absence de différence significative (P>0,05). La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

En fonction du type de régime alimentaire, un effet très hautement significatif ($p < 0,001$) a été relevé au niveau de tous les paramètres physico-chimiques, à l'exception de la densité.

I.3.1.1. pH et acidité :

Le type d'alimentation aurait selon l'analyse de variance (ANOVA à 1 facteur), un effet significatif sur le pH ($p < 0,05$). Toutefois, les valeurs du pH demeurent dans l'intervalle de variation normale : 6,6 – 6,8 (VIGNOLA, 2002).

Par ailleurs, l'acidité des laits est comprise dans l'intervalle de variation 16°D - 18°D (VIGNOLA, 2002 ; FAO, 1995). L'acidité naturelle du lait est attribuable à la présence de caséines, de substances minérales et de traces d'acides organiques. Nous pouvons constater à partir des résultats (Tableau 11), qu'il y a une différence entre l'acidité des trois laits : $16,40 \pm 1,51^{\circ}\text{D}$ pour le lait de la ferme Lahiani, $16,99 \pm 1,18^{\circ}\text{D}$ pour le lait de la ferme Brazi et $16,25 \pm 1,29^{\circ}\text{D}$ pour celui de la ferme Labiba. Ces trois valeurs demeurent comprises dans l'intervalle cité plus haut. Selon VIGNOLA (2002), l'acidité développée du lait est causée par l'acide lactique et d'autres acides provenant de la dégradation microbienne du lactose dans les laits altérés.

I.3.1.2. Extrait sec total et dégraissé :

La figure 5 présente la variation moyenne de l'extrait sec total et dégraissé entre les fermes d'étude, en fonction de l'alimentation.

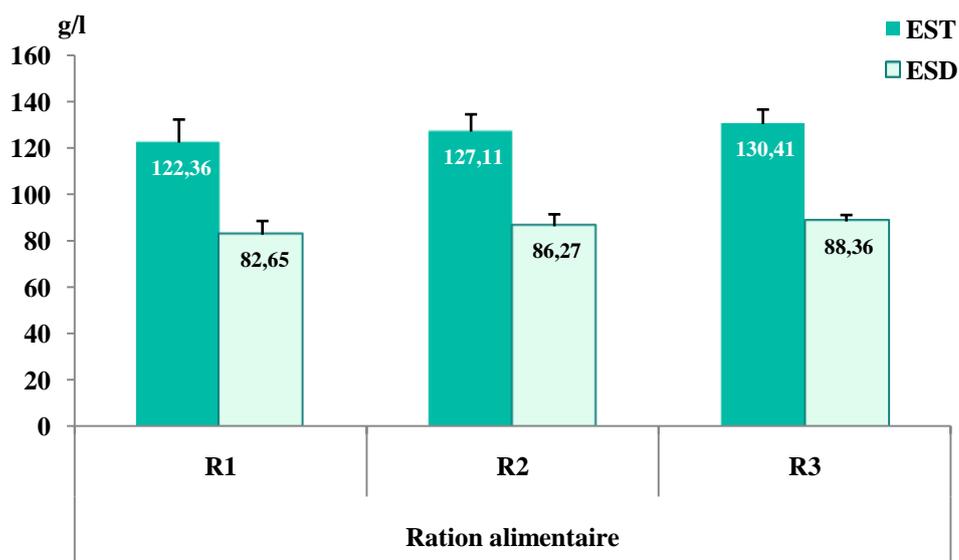


Figure 5 : Variation moyenne de l'extrait sec total et dégraissé des laits en fonction de l'alimentation

Les résultats du tableau relatif à la variation de l'extrait sec total en fonction de l'alimentation, indiquent que ce dernier est très influençable par l'alimentation ($p < 0,01$). La mesure de l'EST pour les laits des 3 fermes a donné des valeurs proches entre la ferme Brazi (R2) et la ferme Labiba (R3) : $127,11 \pm 7,49$ g/l contre $130,41 \pm 6,26$ g/l respectivement, soit un écart non significatif de 3,3 g/l. Ces deux valeurs concordent avec celles citées dans la bibliographie : 127 g/l en moyenne (ALAIS, 1984) et entre 125 et 135 g/l (VIERLING, 2002). Par contre, la valeur de l'EST de la 1^{ère} ration alimentaire est plus faible de manière significative ($p < 0,05$) : $122,36 \pm 9,99$ g/l, avec un écart de 4,75 et 8,05 g/l, respectivement par rapport à ceux des rations R2 et R3.

Selon COULON *et al.* (1991), l'augmentation de l'EST est en relation direct avec le TP et le TB qui sont eux-mêmes fonction de l'alimentation.

De la même manière, l'ESD est également influencé très significativement par l'alimentation. L'écart étant de 2,09 et de 5,71 g/l, en faveur de la ferme Labiba, respectivement par rapport aux fermes de Brazi et de Lahiani.

I.3.1.3. Taux protéique :

La figure 6 présente la variation du taux protéique (TP) en fonction des différentes rations alimentaires.

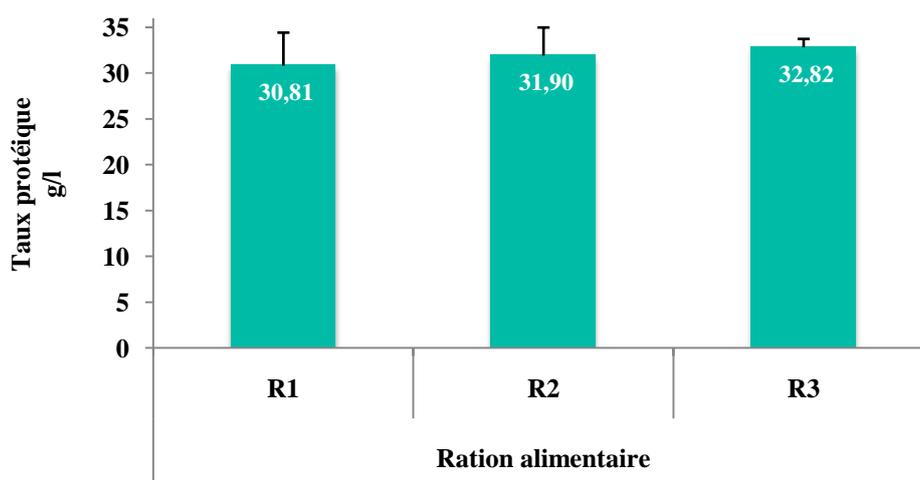


Figure 6 : Valeurs moyennes du taux protéique en fonction de la ration alimentaire

D'après les résultats de l'analyse de variance (ANOVA à 1 facteur), l'alimentation a un effet hautement significatif sur les protéines ($p < 0,01$). En effet, la valeur du TP la plus élevée a été relevée sous régime R3 ($32,82 \pm 0,92$ g/l), avec un écart de 0,92 et de 2 g/l, respectivement par rapport aux régimes R2 et R1 (Figure 6).

Le taux protéique (TP) peut varier considérablement sous l'effet des facteurs alimentaires (JOURNET *et* CHILLARD, 1985 ; SUTTON, 1989).

Ainsi, l'augmentation du TP est liée à la quantité d'énergie absorbée que de sa nature (ROOK *et* BLACH, 1961 ; WILSON *et al.*, 1967 ; HUHTANE *et al.*, 1993 ; RULQUIN *et* HURTAUT, 1994). L'apport supérieur d'énergie que fournit la part relative de l'ensilage de maïs (65,22 % ; Tableau 9), excellente source d'énergie, dans la ferme Labiba (R3), justifierait son taux protéique élevé.

En outre, il est établi que l'augmentation du TP de manière linéaire est avec l'augmentation du niveau d'apport énergétique fournie par le concentré (RULQUIN *et* HURTAUD, 1994 ; SUTTON, 1989 ; COULON *et* REMOND, 1991). En effet les travaux d'infusion de corps glucoformateurs, tel que l'acide propionique ou le glucose, se traduisent par une épargne des acides aminés qui seraient alors disponibles pour la synthèse protéique mais, abaisseraient parallèlement le TB du lait (HURTAUD *et al.*, 1992).

D'autre part, l'ajout de matière grasse dans la ration, pour augmenter l'apport énergétique, aurait, selon REMOND (1985) et CHILLARD *et* DOREAU (1992), un effet dépressif sur le taux protéique (TP).

Par ailleurs, la quantité de protéines sécrétées dans le lait dépendrait de l'alimentation azotée. L'alimentation, fournie à la ferme Brazi, est effectivement plus riche en protéines que celle de la ferme Lahiani. Cependant, une ration riche en acides aminés limitants (lysine, méthionine), conduit à une augmentation du TP (RULQUIN *etal.*, 1993 ; SCHWAB *etal.*, 1992 ; SOCHA *etal.*, 1994). Une ration à base de maïs (pauvre en ces acides aminés) conduirait à une baisse du taux protéique (TP). Dans ce sens, le TP bas enregistré dans la ferme Lahiani (R1) est expliqué par la forte teneur qu'occupe le maïs dans le concentré (33%) contrairement à la ferme Brazi (R2) où ce dernier est à 20%.

I.3.1.4. Taux butyreux et d'acides gras :

Il existe une différence hautement significative ($p < 0,01$) du taux butyreux (TB) entre les laits correspondant au trois types d'alimentation. On constate que le lait de la ferme Labiba (R3 ; $42,05 \pm 5,29$ g/l) contient plus de matières grasses que ceux des fermes Brazi (R2) et Lahiani (R1), respectivement avec des taux de $40,83 \pm 5,59$ g/l et de $39,18 \pm 6,70$ g/l.

La figure 7 indique les valeurs moyennes du TB et d'AG en fonction de l'alimentation.

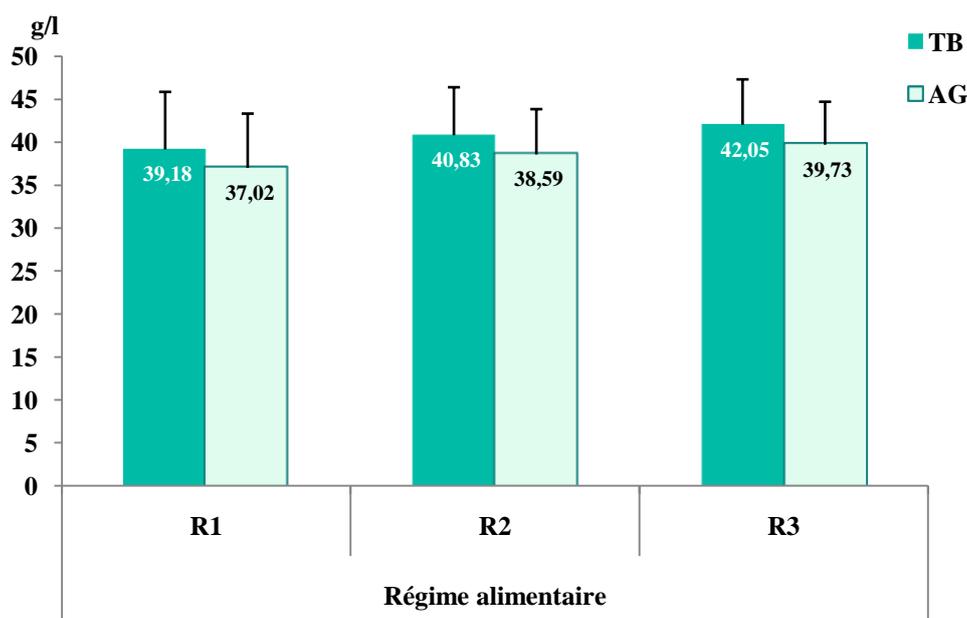


Figure 7 : Valeurs moyennes du taux butyreux et des acides gras des laits en fonction de l'alimentation

Selon SEBEDIO (2008), le lait de vache contient 3 à 5% de matière grasse. Les valeurs ci-dessus appartiennent à cet intervalle de variation mais, sont supérieurs à la valeur établie par ALAIS (1984) et qui est égale à 34 g/l soit 3,4% et par JONES *et* STALLINGS (1999) qui rapportent que la matière grasse contenu dans un lait de Holstein est de 37g/l.

Le taux butyreux (TB) est l'élément le plus sensible à l'alimentation (HODDEN *et* COULON, 1991 ; LOCK *et* BAUMAN, 2004 ; JENKINS *et* MC-GUIRE, 2006 ; HARVATINE *et al.*, 2009 ; LOCK *et al.*, 2013). Une augmentation de l'aliment concentré dans la ration totale peu affecter négativement le TB. En effet, une augmentation de l'amidon dans la ration apporté par le concentré peut faire chuter le TB significativement (RULQUIN *et al.*, 2007), incriminant le glucose du Maïs (SUTTON, 1989). La teneur relativement faible du TB dans la ferme Lahiani témoigne d'un pourcentage équivalent à 38,46 % de l'aliment concentré par

rapport à la ration totale. Ce dernier, contient jusqu'à 33% du maïs. Cependant et malgré que la ration R2 de la ferme Brazi contienne environ 71,43% d'aliment concentré, le TB reste relativement élevé. Cela est, certainement, dû au fait que l'aliment concentré est plus riche en drêches de brasserie qu'en maïs. Parallèlement, l'augmentation du TB dans la ferme Labiba (R3) par rapport aux autres fermes (+2,87 et +1,22 g/l par rapport à R1 et R2), peut s'expliquer par la faible part de l'aliment concentré (17,39 %) dans la ration totale et la bonne conduite de pâturage (environ 64 kg de trèfle violet a été consommé par vache et par jour). En effet, DROGOUL (2004), rapporte qu'une ration riche en vert influence considérablement le TB et les acides gras du lait.

D'une manière générale, notre résultat confirme celui obtenu par PHILIPONA *et al.*(2002) qui indiquent une influence plus sensible du TB que le TP vis-à-vis l'alimentation.

Le taux butyreux et le taux d'acides gras du lait suivent la même évolution au cours de cette étude. Le taux d'acides gras le plus élevé correspond à la ration R3 avec $39,73 \pm 5,00$ g/l (Figure 7).

Les fourrages, longuement mastiqués et lentement fermentés sont favorable à un pH proche de 7 et une production accrue d'acide acétique. L'acide acétique est favorable au taux butyreux puisque cet acide gras volatil est le précurseur majeur des acides gras courts et moyens dont la teneur est particulièrement importante dans le lait de vache. A l'inverse, un excès de concentrés favorise la fermentation propionique défavorable au taux butyreux et plus favorable au taux protéique (WOLTER, 1998).

Un des facteurs de variation couramment avancé pour expliquer les variations du taux butyreux du lait est la proportion de concentré dans la ration (JOURNET *et* CHILLIARD 1985, SUTTON 1989). Dans l'étude de BONY *et al.* (2005), la proportion de concentrés utilisés dans les rations est importante (en moyenne 55 % de la matière sèche ingérée) ce qui explique le niveau des taux butyreux légèrement inférieur.

Dans ce sens, le ratio fourrages/concentrés (Tableau 13), qui détermine la teneur en fibres et en glucides cytoplasmiques de la ration, est un facteur important de variation de la teneur en matière grasse du lait. Le taux butyreux (TB) du lait diminue quand la part des aliments concentrés dans la ration augmente. Mais ce n'est qu'avec des proportions très élevées d'aliments concentrés (plus de 40 % de la matière sèche de la ration) que le taux butyreux chute de façon nette.

Cette chute peut varier de 3 à 10 g/Kg de lait selon le type d'aliments complémentaires et/ou la nature du fourrage utilisé. Simultanément, le taux protéique (TP) est généralement amélioré mais avec une amplitude de variation plus faible (3 à 4 fois moins), en raison le plus souvent de l'augmentation du niveau énergétique de la ration.

Il est alors important d'incorporer du fourrage dans la ration à raison d'au moins 40% de la matière sèche (MS) totale et d'assurer l'équilibre de la ration des vaches laitières en fibres en prévoyant 35 à 40% de glucides non fibreux (amidon, sucres simples) et 28% de NDF (fibres).

Tableau 13 : Rapport Fourrage/Concentré des rations alimentaires utilisées au cours de l'expérimentation

Composition	Ration alimentaire		
	R1	R2	R3
Fourrage (%)	61,54	28,58	82,61
Concentré (%)	38,46	71,43	17,39
Rapport Fourrage/Concentré	1,60	0,40	4,75

I.3.1.5. Composition en acides gras :

La composition en acides gras du lait est une composante principale de sa partie nutritionnelle pour l'homme, qui est fortement modulable à court terme par l'alimentation des animaux d'élevage (CHILLIARD *et al.*, 2008 ; ROUILLE *et* MONTOURCY, 2010). Le tableau 14, illustre les variations de la composition en AG en fonction de l'alimentation.

Tableau 14 : Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de l'alimentation

AG	Ration alimentaire		
	R1	R2	R3
C4:0	2,33±0,21 ^a	3,61±0,03 ^b	3,60±0,02 ^b
C6:0	0,67±0,29	0,88±0,12	0,89±0,07
C8:0	0,84±0,06 ^b	0,99±0,08 ^a	0,99±0,03 ^a
C10:0	2,82±0,34	2,48±0,07	2,44±0,04
C12:0	4,04±0,16 ^a	2,85±0,05 ^b	2,83±0,02 ^b
C14:0	9,21±0,25 ^a	8,66±0,34 ^{a,b}	8,45±0,31 ^b
C16:0	28,50±0,83 ^a	27,36±0,31 ^{a,b}	26,85±0,49 ^b
C18:0	11,48±0,18	11,63±0,37	11,44±0,17
Autres	3,52	3,15	2,94
AGS	63,40±0,31 ^a	61,61±0,55 ^b	60,43±0,84 ^b
C16:1	2,05±0,06 ^b	2,11±0,04 ^b	2,23±0,07 ^a
C18:1	28,24±0,18 ^c	30,13±0,42 ^b	30,97±0,55 ^a
Autres	0,58	0,33	0,45
AGMI	30,86±0,31 ^c	32,57±0,46 ^b	33,66±0,66 ^a
C18:2	3,48±0,07	3,54±0,07	3,67±0,17
C18:3	2,26±0,01	2,28±0,02	2,25±0,01
AGPI	5,74±0,08	5,82±0,09	5,92±0,18

Sur chaque ligne, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

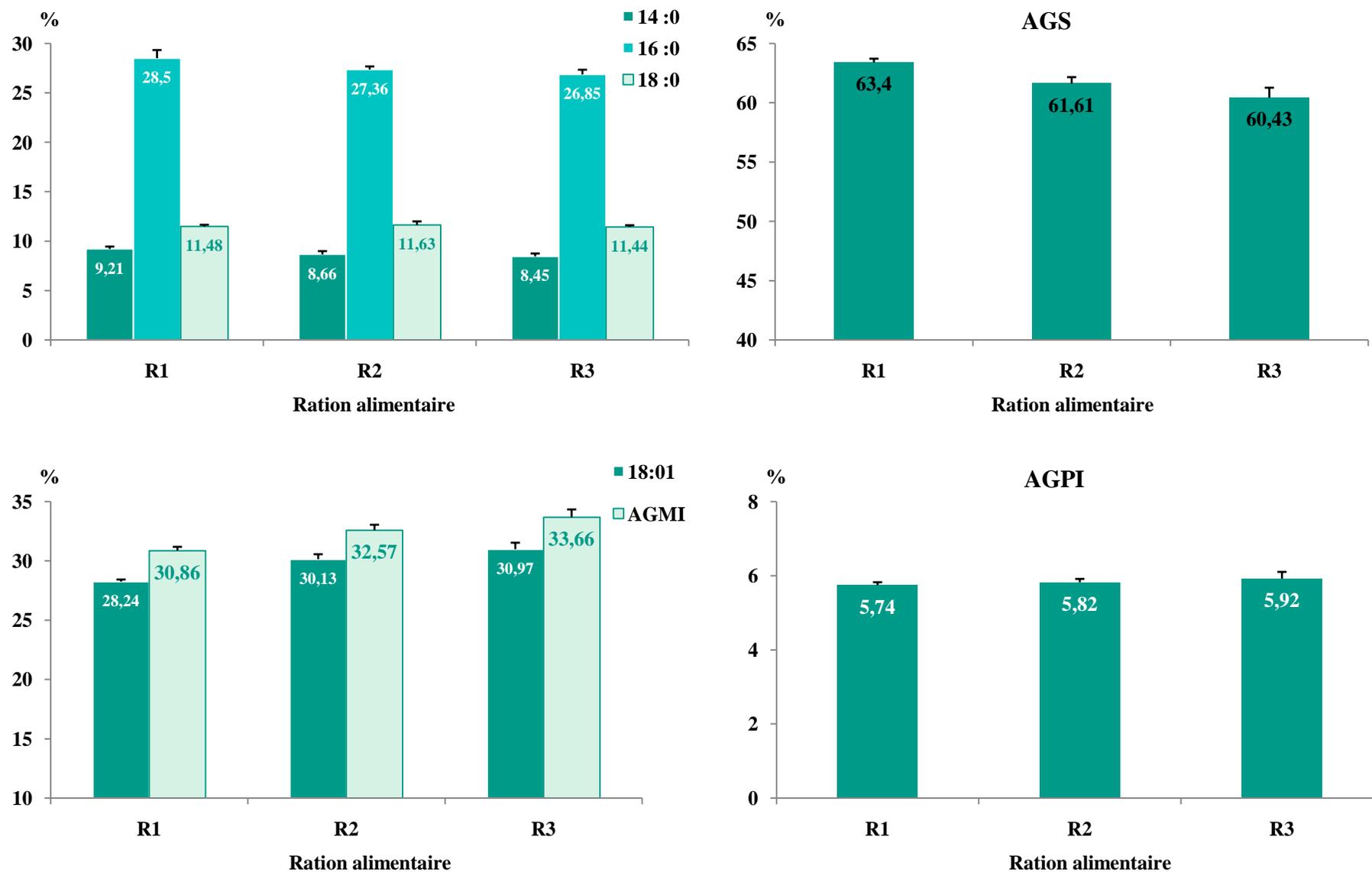


Figure 8 : Variation de la part de certains acides gras de la matière grasse du lait en fonction des trois rations alimentaires étudiées

D'après les résultats, le profil en acide gras de la matière grasse du lait a été significativement différent entre les trois fermes d'étude. Comparativement à la ferme Lahiani, le lait des fermes Labiba et Brazi présente des taux d'AGS significativement inférieurs, respectivement de -2,97 % et de -1,79 %. En toute logique, le taux d'AGMI se trouve plus élevé, avec des écarts de +2,80 % et +1,71 %, respectivement pour les ferme Labiba et Brazi (Figure 8). Par contre, la variation de la part des AGPI reste non significative dans les trois fermes ($p > 0,05$).

On assiste donc, à une augmentation de la sécrétion des AGMI, compensée par une diminution des AGS, suite à l'ingestion des régimes R2 et R3 par rapport au régime R1.

Selon plusieurs auteurs (MURPHY *et* CANNILLY, 1991 ; PALMQUIST *et al.*, 1993 ; CHILLIARD *et al.*, 2001 ; CHILLIARD *et al.*, 2008 ; ROUILLE *et* MONTOURCY, 2010) l'alimentation permet de faire varier largement, et de façons diverses, la composition en acides gras du lait ; en signalant ici que les acides gras saturés, représentant entre 60 et 63 % des lipides totaux du lait, sont généralement reconnus comme facteurs de risque d'athérosclérose, notamment en augmentant la cholestérolémie totale et le cholestérol LDL. Les acides gras monoinsaturés (acide oléique) et polyinsaturés pourraient contribuer à diminuer le risque d'athérosclérose, notamment en augmentant le taux des HDL (MENSIK *et* KATAN, 1992).

Les acides gras du lait à chaîne de carbone courte à moyenne (C4 à 16) proviennent de la synthèse intra-mammaire qui, dépend de la fourniture d'acétate (origine endogène et provenant de l'acétate ruminal) et de β -hydroxybutyrate (origine endogène et provenant du butyrate ruminal). La totalité des acides gras dont la chaîne carbonée est supérieure à 18 atomes de carbone proviennent des acides gras à longues chaînes carbonées transportées par les chylomicrons (origine exogène), les VLDL (origine endogène) et l'albumine (origine endogène) (CHILLIARD *et* SAUVANT, 1987 ; SCHMIDELY *et* SAUVANT, 2001 ; SAUVANT *et al.*, 2006 ; RULQUIN *et al.*, 2007).

La plupart du temps la diminution des teneurs en acides gras à chaînes courtes et moyennes est le résultat de la diminution de leur synthèse mammaire. Cet effet serait la conséquence de l'effet inhibiteur de plusieurs isomères trans de C18 (GLASSER *et al.*, 2008).

La diminution de la synthèse de novo des acides gras à chaînes courtes et moyennes est compensée par l'augmentation des taux d'acides gras à 18 carbones dans le lait, ce qui permet une diminution faible ou un maintien du taux butyreux (GLASSER *et al.*, 2008).

La synthèse de l'acide stéarique (C18) est réalisée par une élongation de l'acide palmitique dans le réticulum endoplasmique de toutes les cellules. Les acides gras saturés longs sont en partie convertis en acides gras mono-insaturés, mais avec une efficacité significativement différente, croissante avec la longueur de chaîne. L'acide stéarique est donc le meilleur substrat et sa conversion en acide oléique (C18:1) est importante, ce qui l'a partiellement « blanchi » du point de vue du risque cardiovasculaire (LEGRAND, 2008).

Depuis une cinquantaine d'années, les recommandations nutritionnelles faites dans le cadre de la prévention de l'athérosclérose ont conduit à privilégier un apport d'AGPI au détriment des autres acides gras sans opérer de distinction entre séries $\omega 6$ et $\omega 3$.

Ce sont les variations de la nature et de la proportion relative des fourrages (notamment l'herbe), et des aliments riches en glucides et protéines qui jouent un rôle déterminant dans les variations de la composition en acide gras du lait.

La mise à l'herbe est classiquement associée à une augmentation des acides gras du lait, ainsi les laits produits par l'herbe présentent des concentrations élevées en AGI (MARTIN *et al.*, 2002).

Dans un essai faisant varier le rapport herbe/ maïs de 0/100 à 100/0, l'accroissement de la part d'herbe entraîne des variations linéaires des AG, par une augmentation des AGI et une baisse des AGS (COUVREUR *et al.*, 2006).

Par ailleurs, un système de production basé sur l'ensilage de maïs, des concentrés de commerce et des sous-produits, est associé à une teneur dans le lait élevée en acide linoléique (C18:2), et en AGMI (MARTIN *et al.*, 2002 ; FERLAY *et al.*, 2008 ; SLOTS *et al.*, 2009).

En revanche, l'apport du concentré au pâturage modifie significativement la composition en acides gras, donnant une augmentation des AGS et une diminution des AGI, ceci est dû à la diminution d'ingestion de l'herbe riche en AGI. Le concentré étant pauvre en fibre, abaisse le pH ruminal, faisant ainsi une déviation fermentaire qui aboutit à des modifications de la biohydrogénation ruminale, donc du profil en acide gras du lait (PEYRAUD *et* APPER-BROSSARD, 2006).

Les drêches à leur tours sont aussi riches en AGI, et font également augmenté les AGI du lait (BACHAND, 2007 ; MERIBAI *et al.*, 2015), ceci dit, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces tendances.

Concrètement, la teneur élevée de la fraction insaturée dans la ferme Brazi (R2), est expliquée par la présence de drêches dans la ration donnée aux vaches laitières ; alors que celle remarquée dans la ferme Labiba (R3), est expliquée par la part du pâturage, plus élevée, et la présence d'ensilage de maïs, riche en acides gras insaturés.

Il n'existe, toutefois, que peu d'études mesurant finement la composition en AG du lait et comparant systématiquement différents fourrages, concentrés, suppléments lipidiques et leurs interactions. Il reste, de ce fait, difficile d'établir précisément les lois de réponse à l'alimentation des différents AG d'intérêt.

I.4. Conclusion :

Dans cette expérimentation, conduite sur 3 mois, l'alimentation a un effet hautement significatif sur les protéines. En effet, la valeur du taux protéique (TP) la plus élevée a été relevée sous régime R3 par rapport aux régimes R2 et R1, ce qui est expliqué par l'apport supérieur d'énergie que fournit la part relative de l'ensilage de maïs, excellente source d'énergie, dans le régime R3. Dans ce sens, le TP bas enregistré sous régime R1 est expliqué par la forte teneur qu'occupe le maïs dans le concentré (33%) contrairement au régime R2 où il représente 20 %.

En revanche, le taux butyreux (TB) augmente avec le régime R3 par rapport aux autres régimes R1 et R2. Cela peut s'expliquer par la faible part de l'aliment concentré (17,39 %) dans la ration totale et la bonne conduite de pâturage. Par contre, la teneur relativement faible du TB sous régime R1 témoigne d'un pourcentage équivalent à 38,46 % de l'aliment concentré par rapport à la ration total. Ce dernier, contient jusqu'à 33% du maïs. En effet, le ratio fourrages/concentrés a représenté un facteur de variation de la teneur en matière grasse du lait. Le TB des laits a diminué quand la part des aliments concentrés dans la ration a augmenté (R1 : 1,6 ; R2 : 0,40 ; R3 : 4,75).

Par ailleurs, le profil en acide gras de la matière grasse du lait a été significativement différent entre les trois régimes. Une diminution des AGS compensée par une augmentation de la sécrétion des AGMI, a été enregistrée suite à l'ingestion des régimes R2 et R3 par rapport au

régime R1. Par contre, la variation de la part des AGPI reste non significative en fonction du régime. En effet, la teneur élevée de la fraction insaturée associée au régime R2, est expliquée par la présence de drêches de brasserie ; alors que celle remarquée sous le régime R3 est expliquée par la part du pâturage plus élevée, et la présence d'ensilage de maïs, riche en acides gras insaturés.

L'alimentation proposée à la ferme Labiba (R3) est incontestablement mieux maîtrisée que celles des deux autres fermes, avec une préférence pour la ferme Brazi (R2), compte tenu des répercussions induite sur la composition du lait se reflétant sur le taux protéique, butyreux, d'AGS et d'AGMI, où elle a eu un effet fortement significatif.

ESSAI II : Influence de la nature du concentré sur la production laitière et la composition du lait

II.1. Introduction :

L'emploi d'éthanol en substitution des énergies fossiles a connu un essor important depuis le début des années 2000 (WINDHORST, 2007). Le bioéthanol de 1^{ère} génération est obtenu par fermentation de glucose par des levures, puis distillation de l'alcool. Ce glucose provient de l'hydrolyse enzymatique de l'amidon des céréales (blé ou orge en Europe et maïs ou sorgho aux USA). Lorsque la production d'éthanol est réalisée à partir de céréales, les coproduits obtenus sont majoritairement les drêches, aussi appelées DDGS pour « Dried Distillers Grains with Solubles ». Ces coproduits sont utilisés essentiellement pour l'alimentation des ruminants.

Ils constituent des matières premières prometteuses pour l'alimentation animale. L'adoption rapide de cette matière première constitue donc un challenge pour l'industrie de l'alimentation animale (COZANNET *et al.*, 2009 ; COZANNET *et al.*, 2010).

Par ailleurs, l'Algérie dispose d'importantes quantités de sous-produits agricoles et agro-industriels dont la valorisation optimale pourrait réduire les coûts alimentaires des vaches laitières. Il s'agit notamment de la drêche de brasserie, un sous-produit de l'orge.

Dans ce contexte, et compte tenu de la nécessité de réduire les coûts alimentaires, il nous a paru intéressant de tester et de comparer le comportement alimentaire des vaches laitières vis-à-vis de l'incorporation de drêches (de brasserie et de distillerie) dans l'aliment concentré.

L'influence de la nature du concentré a été étudiée dans les conditions d'élevage intensif pratiquées par l'éleveur de la ferme ANDLESS située dans la région de Bejaia sur une période de 14 semaines. Les aliments concentrés concernés par cette étude sont :

C1 : concentré à base de maïs et tourteaux de soja ;

C2 : concentré contenant les drêches de brasserie ;

C3 : concentré contenant les drêches de distillerie.

Cette étude visait à comparer la production laitière et la composition chimique des laits chez des vaches laitières dont le régime alimentaire contenait des grains de maïs et des tourteaux de

soja (C1), des drêches de brasserie (C2), ou des drêches de distillerie de maïs avec solubles (C3), à une concentration de 30 % dans l'aliment concentré.

II.2. Méthodologie :

II.2.1. Choix du cheptel :

Le choix du cheptel à mettre sous expérimentation, au cours de cette étude, a été soumis à des conditions d'exclusion, basées en priorité sur la disponibilité d'un nombre suffisant de vaches laitières en phase de lactation pouvant assurer une production laitière durant l'essai. Il a été en outre, imposé par le profil du cheptel au niveau de la ferme ANDLESS (Bejaia) et les contraintes de production de l'éleveur. Les animaux exclus de l'expérience sont les animaux croisés, malades (dont les mammites) et en cours de tarissement. Ainsi, en absence de ferme expérimentale, l'incorporation des aliments concentrés C1, C2 et C3 dans l'alimentation a été envisagée dans les conditions réelles d'élevage pratiquées par tout éleveur quel que soit le mode d'élevage (intensif ou extensif).

Un nombre suffisant de vaches laitières (72 vaches laitières) de race Holstein "H" et Montbéliarde "M" a été retenu pour cette étude : 36 vaches de chaque race distribuées sur 3 lots (Tableau 15). Toutes les races se situent dans les mêmes conditions d'environnement à savoir la ferme ANDLESS.

Tableau 15 : Répartition des vaches laitières au cours de l'étude

Race	Aliment concentré			Total (têtes)
	C1	C2	C3	
Holstein (têtes)	12	12	12	36
Montbéliarde (têtes)	12	12	12	36
Total (têtes)	24	24	24	72

II.2.2. Distribution et composition de l'aliment concentré :

Les 3 lots de vaches ont reçu une même ration de base, constitué de foin et de paille. Une quantité de 10 kg/jour/vache de foin a été distribuée en deux prises (5 kg le matin, 5 kg le soir), alors que la paille, avec 6 kg/jour/vache, a été distribuée en une seule prise le soir. Cette ration de base a été complétée par 12 kg/jour/vache d'aliment concentré (C1, C2 ou C3), distribué deux fois par jours (5 kg le matin et 7 kg le soir).

Le niveau de distribution de l'aliment concentré (12 kg/j/v), paraît acceptable, compte tenu du profil des animaux mis en expérimentation (âge et poids). En dépit de cette quantité distribuée, nous n'avons observé aucun signe de refus de la part des animaux.

Les 3 formules de l'aliment concentré utilisé au cours de l'essai, et fabriqué par l'éleveur sur le site, sont présentées dans le tableau 16.

Les drêches de distillerie du maïs utilisées au cours de l'essai sont fournies par l'US Gain Consul (U.S.A.) et importées par une entreprise privée spécialisée dans l'importation des aliments de bétail (E.C.I.) (Entreprise de Commerce International). Ces drêches ont été stockées dans un hangar adéquat au niveau de l'exploitation. Elles ont été mises à l'air libre dans l'entrepôt pour l'aération et pour éviter leur fermentation en gardant leurs caractéristiques.

D'un autre côté, les drêches de brasserie utilisées au cours de notre expérimentation sont fournies par la Brasserie Star d'Algérie (B.S.A.), sise à la zone industrielle d'El Kseur wilaya de Bejaia. L'approvisionnement en drêches se fait chaque semaine pour éviter son pourrissement par le phénomène de la fermentation vue la grande instabilité de cet aliment.

Pour l'abreuvement, le cheptel est abreuvé trois à quatre fois par jour.

Tableau 16 : Formules des aliments concentrés utilisé au cours de l'essai (%).

Constituants	C1	C2	C3
Maïs / grains	50	20	36
Orge / grains	0	20	0
Tourteaux de Soja	25	5	9
Son de blé	22	22	22
Minéraux et vitamines	3	3	3
Drêches de brasserie	0	30	0
Drêches de distillerie	0	0	30
Total	100	100	100

Par ailleurs, la composition des constituants des aliments concentrés utilisés lors de l'expérimentation effectuée, a été déterminée. Les résultats sont indiqués dans le tableau 17.

Des analyses microbiologiques des aliments concentrés ont été, également, effectuées durant les différentes étapes de l'essai. Les résultats obtenus ont montré une qualité acceptable.

Tableau 17 : Résultats de l'analyse globale des composants des aliments concentrés utilisés pendant l'expérimentation (%)

Echantillons	Humidité	Protéines	MG	Amidon	Calcium	Phosphore
Maïs/grain	13,50	8,55	6,80	62,30	0,34	0,038
Orge/grain	4,83	15,09	1,53	50,15	0,30	0,05
Tourteaux de soja	9,42	48,22	2,76	0,43	0,33	0,77
Son de blé	13,43	18,97	4,30	25,27	0,16	0,99
Drêches de brasserie	12,47	29,48	8,53	2,79	0,27	0,42
Drêches de distillerie	10,10	30,91	10,38	4,35	0,13	0,80
Concentré C1	11,68	20,50	5,04	36,82	0,72	0,78
Concentré C2	11,45	20,16	5,31	28,91	0,70	0,76
Concentré C3	11,95	20,87	6,76	29,32	0,73	0,78

Les drêches sont des résidus de la distillation des céréales (principalement de l'orge, du blé ou du maïs). Elles sont principalement issues des brasseries et des distilleries fabricant de l'éthanol.

Les drêches de distillerie sont des sous-produits de la production d'éthanol avec des grains de maïs, c'est à dire les résidus solides qui restent après la digestion de l'amidon. On appelle « solubles de distillerie » la fraction liquide qui reste après l'extraction de l'éthanol du mélange de fermentation. Les drêches sèches de distillerie avec les solubles représentent les deux fractions de sous-produits mélangées ensemble et séchées (GRETER *et al.*, 2008).

Alors que les drêches de brasserie, sont un sous-produit issu de la transformation de l'orge en malt (AL-TALIB *et al.*, 2014 ; FARCAS *et al.*, 2015).

Cependant, les drêches ont été introduites à raison de 30 % dans l'aliment concentré, ce qui représente 13 % de la ration alimentaire complète.

Des régimes alimentaires comprenant 20 % ou plus de matière sèche provenant de drêche de distillerie ont été utilisés avec succès dans le cadre de plus d'un essai de recherche (LIU *et al.*, 2000 ; HIPPEN *et al.*, 2003 ; BIRKELO *et al.*, 2004 ; KALSCHEUR *et al.*, 2004 ; LEONARDI *et al.*, 2005 ; ANDERSON *et al.*, 2006 ; KLEINSCHMIT *et al.*, 2006 ; FRENCH *et al.*, 2007). En pratique, toutefois, l'incertitude quant à la composition nutritive exacte de la drêche et l'incapacité (ou le refus) d'adapter le reste de la ration de manière à compléter adéquatement une forte proportion de drêche imposent des contraintes supplémentaires à son taux d'inclusion.

Ainsi, l'emploi modéré de drêches de brasserie dans les rations des vaches laitières (12 à 14 kg/vache/jour) permet une réduction de la teneur en azote du concentré et une amélioration de la production laitière (PARRASIN *et al.*, 1982).

En général, selon ARMENTANO (2007), l'incorporation de la drêche de distillerie à la ration est limitée par la faible teneur en lysine des protéines non dégradables, par sa teneur relativement élevée en acides gras libre, en grande partie insaturée et par sa teneur en phosphore. Alors que, selon le même auteur, les protéines non dégradées dans le rumen, le gras et le phosphore sont des composantes bénéfiques de la drêche de distillerie lorsque celle-ci est utilisée en faible proportion à titre de supplément alimentaire, ils peuvent poser certains défis lorsque l'on tente de maximiser son usage pour réduire le coût de la ration.

La drêche de distillerie est plus riche en amidon que la drêche de brasserie, et mieux pourvue en matières grasses et donc en énergie (Tableau 17). Elle est plus riche en protéines également, en comparaison avec la drêche de brasserie.

Ainsi, les teneurs en protéines, matières grasses et amidon sont en moyenne de 29,48, 8,53 et 2,79 % de la MS dans les échantillons de drêches de brasserie et de 30,91, 10,38 et 4,35 % de la MS dans les drêches de distillerie (tableau 17).

De fortes différences sont enregistrées d’une drêche à une autre. Cela est dû au processus d’obtention des drêches.

En outre, la composition des drêches reflète généralement la composition de la céréale ou du mélange céréalier utilisé (INGLEDEW, 1993). La teneur en amidon des drêches de maïs ou d’orge est donc généralement très faible et, à l’opposé, la teneur en protéines, matières grasses et parois végétales est environ trois fois supérieure à celle observée dans la céréale correspondante (tableau 18).

Tableau 18 : Données sur la composition chimique des drêches de maïs et d’orge et comparaison avec celle du maïs et d’orge (%).

Composition (% MS)	Humidité	Protéines	Matières grasses	Amidon	Matières minérales
Maïs ¹	13,6	9,4	4,3	74,2	1,4
Drêches de maïs ² (Min – Max)	9,8 - 12,8	28,1 – 31,6	8,2 – 11,7	4,7 – 14,6	5,2 – 6,7
Orge ³	9,2	12,8	2	53,7	-
Drêches d’orge ⁴	8	28	8,2	4,10	4,5

¹ SAUVANT *et al.*, 2004.

² Humidité, protéines, matières grasses et matières minérales (SPIEHS *et al.*,2002) ; la teneur en amidon (PEDERSEN *et al.*, 2007).

³ ZHAO *et al.*, 2015

⁴ Humidité et matières minérales (MAHMOOD *et al.*,2013) ; matières grasse et amidon (PEJIN *et al.*,2015) ; teneur en protéine (XU *et al.*,2007).

Les drêches de brasserie et de distillerie utilisées dans notre étude, ont une composition très proche des valeurs couramment admises (Tableau 19). Notons que ces compositions peuvent être assez variables suivant l’origine de la céréale utilisée et les méthodes d’obtention.

II.3. Résultats et discussion :

II.3.1. Variation de la production laitière :

Pour atteindre les objectifs visés, le travail a comporté en premier lieu, le suivi de la production laitière globale et quotidienne pendant 14 semaines, à partir de la traite du matin et du soir (matin à 7 h et soir à 17 h) de l'ensemble des vaches.

Les contraintes de production liées à la pratique d'élevage, en particulier la salle de traite, n'ont pas permis de quantifier la production par vache. Toutefois, nous nous sommes basés sur la production journalière par lot pour calculer, en moyenne, la production journalière par vache.

Le tableau 19 présente les résultats de la variation moyenne de la production laitière au cours de l'expérimentation.

Tableau 19 : Production moyenne des vaches laitières à la fin de la période expérimentale, en fonction de la nature du concentré

Race	Aliment concentré			P
	C1	C2	C3	
Holstein	32,00 ± 1,15	34,97 ± 1,98	36,17 ± 1,83	*** ¹
Montbéliarde	20,10 ± 2,43	20,87 ± 1,85	21,56 ± 1,94	** ²

P : Probabilité statistique ; ⁽¹⁾ : ANOVA à 1 facteur de l'effet de la nature du concentré sur la production laitière des vaches de la race H ; ⁽²⁾ : ANOVA à 1 facteur de l'effet de la nature du concentré sur la production laitière des vaches de la race M ; *** : P < 0,001 ; ** : P < 0,01.

Le changement de l'aliment concentré semble influencer le niveau de production des laits. En effet, les résultats du test de variance (ANOVA à un facteur) montrent qu'une différence hautement significative (p<0,01) est observée entre les lots C1, C2 et C3 (Tableau 19).

En conséquence, sur les 14 semaines d'expérimentation, l'introduction des drêches (de brasserie et de distillerie) a entraîné une amélioration de la production laitière, plus importante dans les lots C3 (36,17 ± 1,83 l/j pour H et 21,56 ± 1,94 l/j pour M) et C2 (34,97 ± 1,98 l/j pour H et 20,87 ± 1,85 l/j pour M) que dans le lot C1 (32,00 ± 1,15 l/j pour H et 20,10 ± 2,43 l/j pour M).

Par ailleurs, les courbes d'évolution de la production laitière au cours des 14 semaines d'expérimentation, ont été tracées pour chaque lot expérimental. La figure 9 illustre ces résultats.

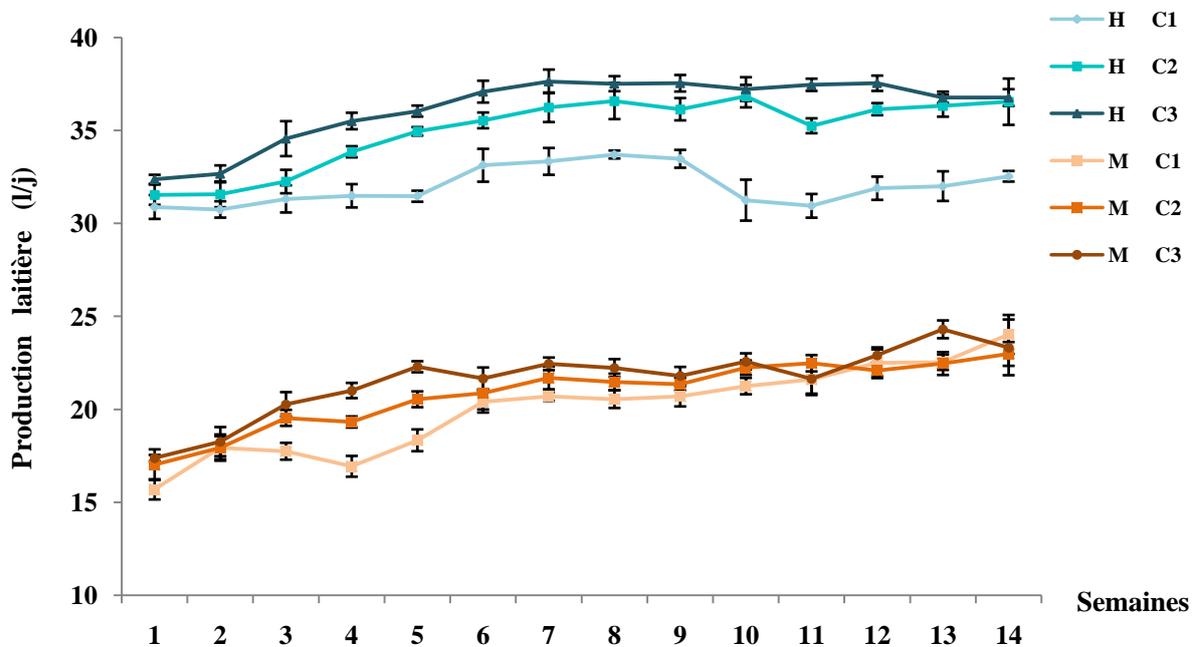


Figure 9 : Evolution de la production laitière moyenne par vache en fonction de la nature du concentré pour les vaches Holstein et Montbéliarde

La figure 9 montre qu'il existe une différence du niveau de production entre les deux races, en faveur de la race Holstein. Cet écart de production entre les deux races, semble dû à un meilleur potentiel de production initiale pour les vaches Holstein. On constate alors, une évolution croissante identique pour les 3 lots (C1, C2 et C3) mais à des niveaux de production différents. Notre résultat peut s'expliquer en partie, par les performances zootechniques différentes (âge, poids), comme il peut être expliqué aussi, par un stade de lactation différent entre les deux races, plus avancé chez les vaches les plus fortes productrices (Holstein). Selon FOURNIER (2008), les drêches de distillerie peuvent remplacer une partie importante du maïs et du supplément protéique utilisés dans la ration alimentaire des vaches, ce qui réduit le niveau d'amidon et de sucres non structuraux. Ces deux facteurs, en plus de la teneur élevée en fibres des drêches, aident à diminuer l'incidence de l'acidose du rumen.

Par ailleurs, il est intéressant de noter, comme on peut le voir dans le tableau 20, que sur l'ensemble de la période expérimentale, le concentré C3 a été plus efficace par rapport à la production laitière. Cette efficacité augmente avec le potentiel de production des vaches :

Pour Holstein :

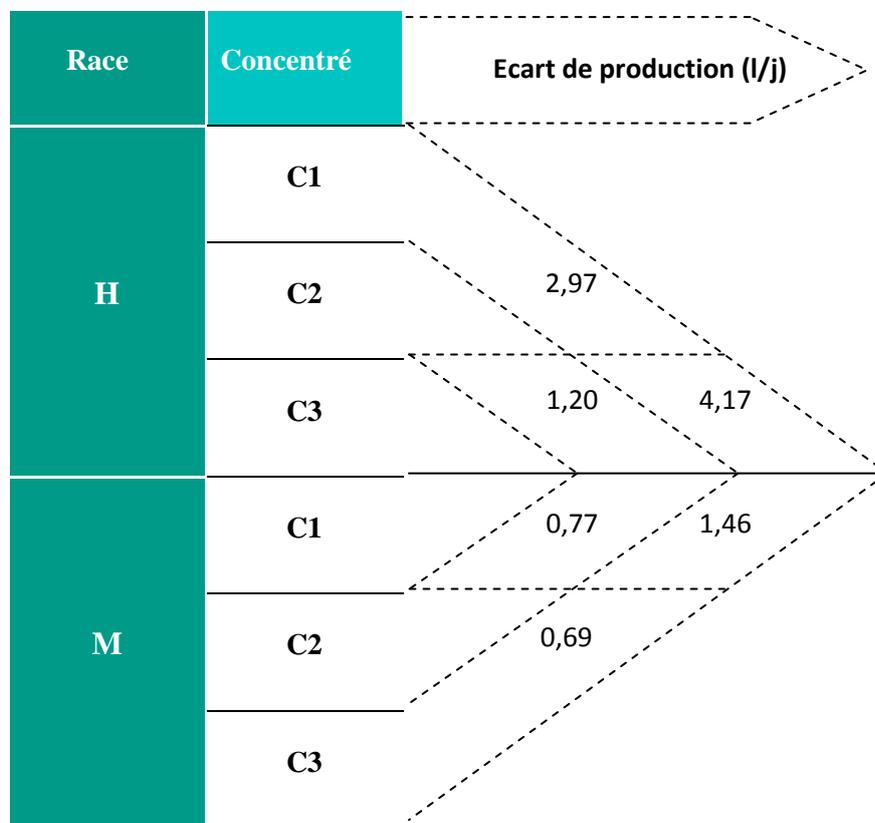
- entre les lots C3 et C2, elle a été de +1,2 l/j ;
- entre les lots C3 et C1, elle a été de + 4,17 l/j.

Pour Montbéliarde :

- entre les lots C3 et C2, elle a été de + 0,69 l/j ;
- entre les lots C3 et C1, elle a été de + 1,46 l/j.

Entre les lots C2 et C1, l'efficacité du concentré C2 (+ 2,97 l/j et + 0,77 l/j respectivement pour H et M) a été, en moyenne inférieure à celle observée entre C3 et C1.

Tableau 20 : Ecarts de production laitière entre les lots en fonction de la race (l/j)



En revanche, dans l'étude de (GRETER *et al.*, 2008), qui visait à comparer la production chez des vaches laitières dont le régime alimentaire contenait des drêches de distillerie de maïs avec solubles ou des drêches de distillerie de triticale avec solubles à une concentration de 21% de la matière sèche alimentaire, aucune différence significative entre les sources de drêches de distillerie avec solubles pour ce qui est de la production laitière ou de la composition du lait, n'a été observée, malgré que les concentrations sanguines d'azote uréique et de certains acides aminés étaient supérieures avec les drêches de distillerie de maïs avec solubles. Les drêches de distillerie de triticale avec solubles peuvent, contrairement aux drêches de brasserie, remplacer les drêches de distillerie de maïs avec solubles dans le régime alimentaire des vaches en lactation, et ce, sans qu'il y ait d'impact négatif sur la production.

Par ailleurs, pour les 14 semaines d'expérimentation, sont précisées : les valeurs minimale, maximale et la valeur moyenne de la production laitière (Tableau 21).

Dans les 3 lots (C1, C2 et C3), le pic de production laitière a été observé dans le lot C3 correspondant aux drêches de distillerie pour la race Holstein avec 38,33 l/j, et dans le lot C1 pour la race Montbéliarde avec 25,00 l/j ; alors que la production minimale enregistrée était dans le lot C1 avec 30,00 l/j et 15,32 l/j respectivement pour les races Holstein et Montbéliarde.

Tableau 21 : Production minimale, moyenne et maximale des vaches laitières à la fin de la période expérimentale

Aliment concentré	Race	Min.	Moy.	Max.
C1	H	30,00	32,00	33,89
	M	15,32	20,10	25,00
C2	H	30,86	34,97	37,79
	M	16,20	20,87	23,62
C3	H	32,14	36,17	38,33
	M	17,23	21,56	24,58

❖ Interaction « Aliment concentré * Race » :

L'analyse de variance (ANOVA à 2 facteurs), suivie du test Duncan, appliquée sur la production laitière en fonction de la nature du concentré et de la race, permet d'étudier en détail la variation significative enregistrée au cours des 14 semaines d'expérimentation (tableau 22).

Tableau 22 : Production laitière moyenne des vaches laitières en fonction de l'interaction entre l'aliment concentré et la race

Race	Semaines	Aliment du concentré		
		C1	C2	C3
Holstein	1	30,88 ± 0,64 ^b	31,54 ± 0,55 ^d	32,37 ± 0,24 ^d
	2	30,75 ± 0,44 ^b	31,56 ± 0,70 ^d	32,66 ± 0,46 ^d
	3	31,32 ± 0,73 ^b	32,25 ± 0,63 ^d	34,56 ± 0,94 ^c
	4	31,48 ± 0,63 ^b	33,85 ± 0,30 ^c	35,51 ± 0,44 ^c
	5	31,46 ± 0,30 ^b	34,95 ± 0,23 ^b	36,04 ± 0,30 ^b
	6	33,13 ± 0,88 ^a	35,54 ± 0,42 ^b	37,09 ± 0,59 ^b
	7	33,33 ± 0,72 ^a	36,24 ± 0,80 ^b	37,64 ± 0,64 ^a
	8	33,70 ± 0,21 ^a	36,58 ± 0,98 ^b	37,51 ± 0,40 ^a
	9	33,47 ± 0,48 ^a	36,14 ± 0,60 ^b	37,54 ± 0,45 ^a
	10	31,25 ± 1,10 ^b	36,84 ± 0,61 ^a	37,22 ± 0,64 ^a
	11	30,94 ± 0,64 ^b	35,25 ± 0,40 ^b	37,45 ± 0,33 ^a
	12	31,89 ± 0,63 ^b	36,14 ± 0,33 ^b	37,54 ± 0,41 ^a
	13	32,00 ± 0,80 ^b	36,33 ± 0,60 ^b	36,78 ± 0,31 ^a
	14	32,53 ± 0,29 ^a	36,54 ± 1,25 ^b	36,76 ± 0,45 ^a
Montbéliarde	1	15,70 ± 0,54 ^e	17,02 ± 0,83 ^d	17,38 ± 0,17 ^d
	2	17,94 ± 0,62 ^d	17,94 ± 0,71 ^d	18,26 ± 0,78 ^d
	3	17,75 ± 0,45 ^d	19,54 ± 0,43 ^c	20,27 ± 0,65 ^c
	4	16,94 ± 0,56 ^d	19,32 ± 0,30 ^c	21,01 ± 0,41 ^c
	5	18,34 ± 0,59 ^d	20,54 ± 0,42 ^b	22,29 ± 0,30 ^b
	6	20,42 ± 0,59 ^c	20,87 ± 0,88 ^b	21,67 ± 0,59 ^b
	7	20,69 ± 0,24 ^c	21,69 ± 0,61 ^b	22,45 ± 0,34 ^b
	8	20,55 ± 0,48 ^c	21,47 ± 0,45 ^b	22,22 ± 0,48 ^b
	9	20,69 ± 0,54 ^c	21,35 ± 0,34 ^b	21,80 ± 0,48 ^b
	10	21,25 ± 0,44 ^c	22,24 ± 0,39 ^a	22,58 ± 0,43 ^b
	11	21,61 ± 0,84 ^c	22,48 ± 0,44 ^a	21,64 ± 0,80 ^b
	12	22,50 ± 0,72 ^b	22,10 ± 0,42 ^a	22,92 ± 0,42 ^b
	13	22,53 ± 0,41 ^b	22,46 ± 0,62 ^a	24,30 ± 0,48 ^a
	14	24,03 ± 1,05 ^a	22,98 ± 0,64 ^a	23,33 ± 1,50 ^b

Sur chaque colonne, et pour chaque race, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

Pour mieux expliquer ce résultat, un graphe d'évolution de la production laitière par palier de signification, en se basant sur les moyennes de chaque palier, a été tracé (Figure 10).

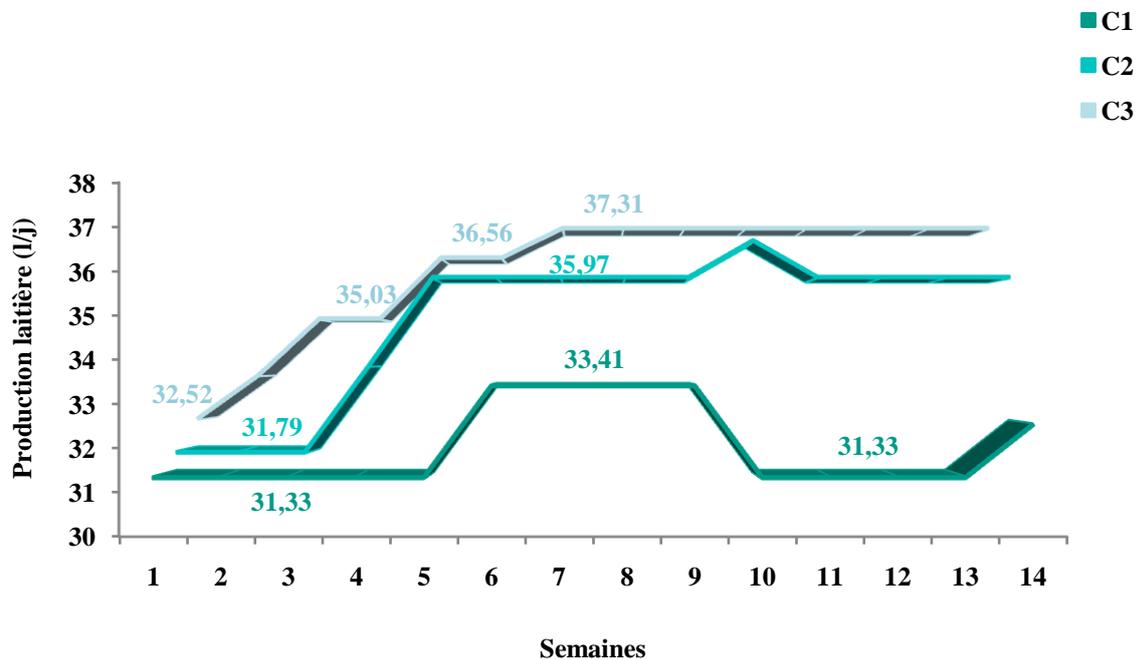


Figure 10 : Evolution de la production laitière moyenne par palier de signification en fonction de la nature du concentré pour les vaches Holstein

L'évolution de la production laitière, dans le cas de la race Holstein (Figure 10), est très semblable entre les deux lots C2 et C3 recevant respectivement les drêches de brasserie et de distillerie. Une augmentation significative est remarquée jusqu'à la 6^{ème} semaine, où elle se stabilise pour le reste de la période expérimentale autour de 35,97 l/j pour le lot C2, et de 37,31 l/j pour le lot C3 (S6 – S14).

En outre, la production laitière dans le lot C1 reste stable autour d'une moyenne de 31,33 l/j jusqu'à la 5^{ème} semaine où elle augmente significativement tout en se stabilisant pendant 4 semaine (S6 – S9) : 33,41 l/j, pour diminuer et se stabiliser encore une fois, au même niveau de production de départ (31,33 l/j) à partir de S10.

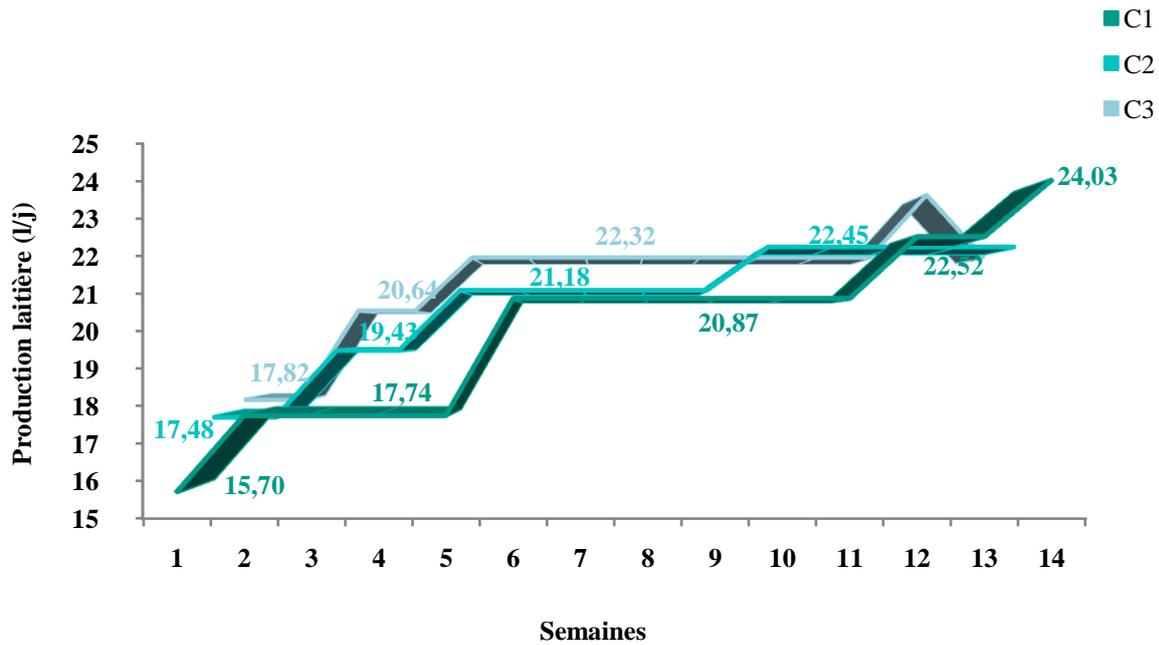


Figure 11 : Evolution de la production laitière moyenne par palier de signification en fonction de la nature du concentré pour les vaches Montbéliarde

Pour la race Montbéliarde (Figure 11), la production laitière dans le lot C1 a connu une stabilisation à 17,74 l/j entre la 1^{ère} et la 5^{ème} semaine, suivie de 2 niveaux d’augmentation significative. Le premier est entre S6 et S11 autour d’une moyenne de 20,87 l/j et le deuxième à partir de la 12^{ème} semaine.

La production laitière dans le lot C3 augmente progressivement jusqu’à la 5^{ème} semaine où elle se stabilise, pour le reste de la période expérimentale, autour d’une moyenne de 22,32 l/j.

Dans le lot C2, la production laitière augmente progressivement jusqu’à la 5^{ème} semaine où elle rejoint les valeurs de la production dans le lot C1 jusqu’à la 9^{ème} semaine où elle augmente, cette fois-ci, au même niveau de production dans le lot C3.

II.3.2. Composition chimique du lait :

Des prélèvements ont été réalisés chaque semaine, sur des laits individuels des trois lots (C1, C2 et C3), à la traite du matin.

Sur l'ensemble des lots étudiés, nous avons sélectionné aléatoirement 6 vaches de chaque lot. Après lavage des mamelles, nous avons traité manuellement de chaque vache un litre de lait. Les échantillons ont été recueillis dans des récipients propres d'une capacité de 1 litre et conservés directement à 4 °C. Ils ont été étiquetés pour assurer leur identification (date de prélèvement, numéro de la vache) et acheminés au laboratoire où ils ont fait l'objet d'une série d'analyses et de tests :

Le pH initial du lait, son acidité et sa densité ont été déterminés. L'extrait sec total (EST) a été déterminé également, en plus de l'extrait dégraissé (ESD), du taux protéique (TP), du taux butyreux (TB) et celui d'acides gras. Le profil en acide gras a été quantifié, par la suite.

Toutes les analyses du lait cru ont été effectuées en triple afin de rapporter la valeur moyenne ainsi que l'écart-type.

Par ailleurs, un test de variance ANOVA à un facteur est mis en œuvre en tenant compte des résultats des paramètres des laits, pour étudier les différences prévues de la composition du lait, en fonction de la nature du concentré, pour la race Holstein et la race Montbéliarde (Tableau 23).

Tableau 23 : Résultats des différents paramètres du lait en fonction de la nature du concentré pour les races H et M

Race	H			M		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3
pH	6,68±0,08	6,65±0,07	6,83±0,40	6,68±0,07	6,63±0,05	6,63±0,05
Acidité (°D)	16,10±0,55	16,93±0,99	16,67±0,58	15,50±0,94	16,50±0,84	16,33±0,58
Densité	1,031±0,000 ^{a,b}	1,032±0,001 ^a	1,030±0,000 ^b	1,030±0,001	1,031±0,001	1,031±0,000
EST (g/l)	116,05±5,02 ^b	124,54±2,81 ^a	121,93±3,90 ^a	121,63±9,30	129,46±2,73	128,23±1,14
ESD (g/l)	83,47±4,21	85,80±3,29	80,72±3,99	86,42±6,21	90,65±2,97	87,80±0,98
TP (g/l)	31,20±0,62	31,76±1,78	32,17±0,30	32,80±1,22	31,92±0,51	31,12±2,47
TB (g/l)	32,58±1,14 ^c	38,74±1,70 ^b	41,22±0,51 ^a	35,21±3,46 ^b	38,82±0,57 ^a	40,43±0,15 ^a
AG (g/l)	30,79±1,08 ^c	36,61±1,61 ^b	38,95±0,48 ^a	33,27±3,27 ^b	36,66±0,52 ^a	38,21±0,14 ^a

Sur chaque ligne, et pour chaque race, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. L'absence de lettre a, b et c sur une même ligne indique une absence de différence significative (P>0,05). La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

En fonction de la nature du concentré, des différences hautement significatives ($p < 0,01$) ont été enregistrées au niveau du taux butyreux et d'acides gras pour les deux races H et M ; et au niveau de l'extrait sec total et de la densité uniquement pour la race H.

En revanche, il y a absence de différences significatives des autres paramètres ($p > 0,05$), cela indique que la nature du concentré n'a aucun effet significatif sur les autres composants du lait à savoir : le pH, l'ESD, le TP et l'acidité. Mais cela n'empêche pas de signaler les différences existantes dues au changement de l'aliment concentré.

II.3.2.1. pH, extrait sec total et extrait sec dégraissé :

L'apport de drêches (C2 et C3) n'a pas fait varier significativement le pH et l'ESD des laits des deux races H et M (Tableau 23). Le pH est toujours conformes aux normes : 6,6 – 6,8 (ALAIS, 1984). A l'inverse, les résultats présentés dans le tableau 23 indiquent qu'il existe une différence hautement significative ($p < 0,01$) de l'extrait sec total uniquement dans le cas de la race H entre les lots C1 (116,05 ± 5,02 g/l), C2 (124,54 ± 2,81 g/l) et C3 (121,93 ± 3,90 g/l). Il augmente avec l'apport de drêches. Lorsque l'ANOVA se révèle significative, le test du Duncan est utilisé pour la comparaison pariée des moyennes. Ce test montre que seul l'EST du lot C1 diffère significativement ($P < 0,01$) des autres lots (C2 et C3). Selon CROGUENNEC *et al.* (2008), l'augmentation ou la diminution de l'extrait sec total est en relation directe avec la variation notamment du taux protéique et du taux butyreux.

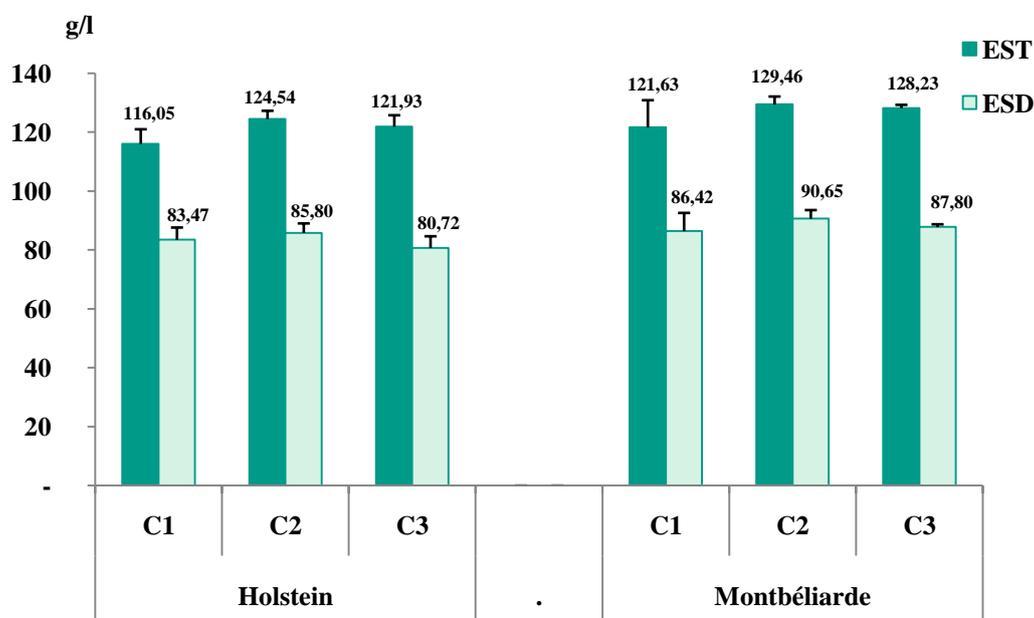


Figure 12 : Variation des taux d'extrait sec total et dégraissé

en fonction de la nature du concentré

II.3.2.2. Taux protéique :

D'après le résultat de l'analyse statistique, l'effet du concentré sur le taux protéique n'est pas significatif. Malgré cela, on remarque une différence entre les 3 lots C1, C2 et C3 (Figure 13).

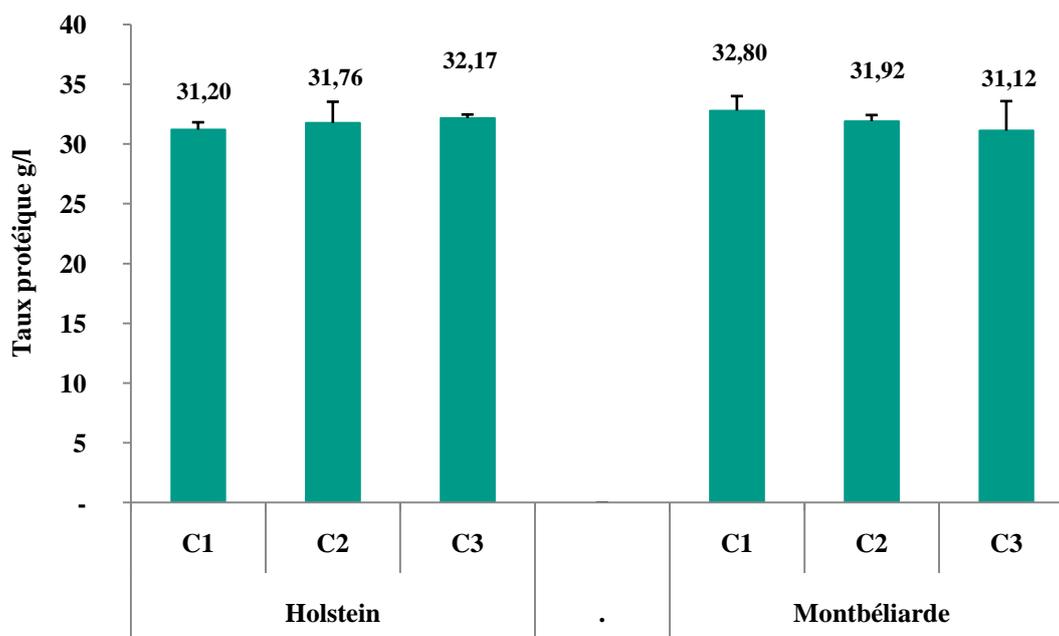


Figure 13 : Variation du taux protéique en fonction de la nature du concentré

D'après la figure 13, on constate que l'introduction de drêches dans l'aliment concentré des vaches (C2 et C3), a engendré l'augmentation du taux protéique pour la race H et sa diminution pour la race M.

D'après SUTTON (1989), le taux protéique peut varier fortement sous l'effet des facteurs alimentaires. On sait ainsi que le taux protéique augmente de manière linéaire avec les apports énergétiques (COULON et REMOND, 1991), sauf lorsque l'augmentation de ces apports est réalisée par adjonction de matières grasses qui, au contraire et quelle que soit leur origine, ont un effet dépressif (REMOND, 1985 ; DOREAU et CHILLIARD, 1992). Par ailleurs, le taux protéique dépend aussi de la couverture des besoins en acides aminés indispensables, lysine et méthionine en particulier (RULQUIN *et al.*, 1993), donc de la nature des compléments azotés distribués aux animaux.

Par ailleurs, les acides aminés des protéines intestinales proviennent de 3 fractions protéiques différentes : la fraction alimentaire non dégradée dans le rumen, la fraction microbienne et la fraction endogène des pré-estomacs dans la caillette (RULQUIN *et al.*, 2001). Les protéines microbiennes constituent la principale part des protéines duodénales. Elles peuvent atteindre de 35 à 66 % chez la vache laitière (CLARK *et al.*, 1992). C'est pourquoi il était généralement admis que la composition en acides aminés des protéines duodénales variait peu car elle reflétait la composition des microbes (SMITH, 1984). Quelques essais suggèrent toute fois que, dans certains cas (protéines peu dégradables, etc.), le profil duodéal en acides aminés reflète celui des aliments (MERCER *et al.*, 1980). Enfin, selon RULQUIN *et al.* (2001), la synthèse des protéines microbiennes est le plus souvent limitée par la disponibilité en énergie. Enfin, l'effet de la nature de l'énergie sur le taux protéique fait l'objet de résultats contradictoires, même si l'on admet que des rations riches en amidon conduisent généralement à une augmentation du taux protéique, au moins dans les cas extrêmes (COULON *et al.*, 1989 ; SUTTON, 1989).

Du point de vue plus global, notre résultat confirme celui de PHILIPONA *et al.* (2002) qui ont montré que le taux protéique est moins influençable par l'alimentation que le taux butyreux.

II.3.2.3. Taux butyreux et d'acides gras :

La figure 14 présente les variations du taux butyreux et d'acides gras entre les 3 lots : C1, C2 et C3.

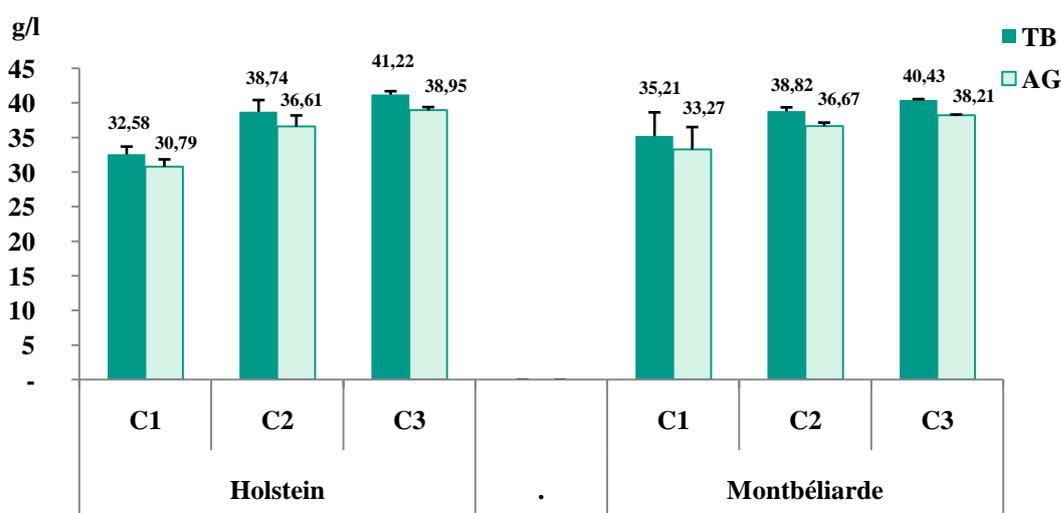


Figure 14 : Variation du taux butyreux et d'acides gras en fonction de la nature du concentré

D'après cette figure, on constate que les aliments concentrés C2 (38,74 et 38,82 g/l respectivement pour H et M) et C3 (41,22 et 10,43 g/l pour H et M) ont conduit à des taux butyreux supérieurs que celui permis par le concentré C1 (32,58 et 35,21 g/l pour H et M).

Le taux butyreux est un critère relativement variable d'un jour à l'autre, car il est fortement lié à la traite. Son niveau varie de 1 à 10 entre le début et la fin de la traite. Cependant, il est, parmi les solides du lait, l'élément qui est le plus fortement et le plus rapidement modifiable par l'alimentation (HODEN *et* COULON, 1991). Selon RULQUIN *et al.* (2007), les réponses du taux butyreux à un supplément de glucose (amidon digestible assimilable à du glucose) sont toujours négatives et le taux butyreux diminue significativement. Le rôle du glucose lorsque la céréale du concentré est du maïs est plus important (SUTTON *et al.*, 1980). Il pourrait alors expliquer une chute du taux butyreux (RULQUIN *et al.*, 2007). La part du maïs riches en amidon, est beaucoup plus élevée dans l'aliment concentré C1 par rapport à C2 et C3, ce qui pourrait être responsable de la chute considérable du taux butyreux dans ce lot (C1). Toutefois, BUGAUD *et al.* (2001) et COLLOMB *et al.* (1999) ont observé des résultats très intéressants, des variations dans la concentration de certains composés synthétisés par l'animal, selon la nature de son alimentation, permettent également d'expliquer une partie des différences observées. Il s'agit, en particulier, de la composition de la matière grasse du lait en acides gras (longueur de la chaîne carbonée et degré d'insaturation) fortement dépendante de l'alimentation des animaux. Ces résultats nous ont orientés vers la réalisation, sur la matière grasse des laits, d'une chromatographie en phase gazeuse pour pouvoir expliquer l'élévation des taux butyreux et d'acides gras enregistrée après l'introduction de drêches.

II.3.2.4. Composition en acides gras :

La composition en acides gras du lait est une composante importante de sa qualité nutritionnelle pour l'homme, qui est fortement modulable à court terme par l'alimentation des animaux d'élevage (CHILLIARD *et al.*, 2008 ; MALTZ *et al.*, 2013).

Les AG ont été exprimés en pourcentage des AG Totaux (AGT), unité la plus fréquemment utilisée dans la littérature pour l'étude des facteurs de production, ainsi que pour l'expression des repères nutritionnels.

Le tableau 24 présente les résultats de l'étude de l'interaction de la nature du concentré et de la race sur la composition du lait en AG, traitée par le test de variance (ANOVA factorielle).

Tableau 24 : Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de l'interaction entre la nature du concentré et la race.

AG	Holstein			Montbéliarde			P
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	
C4:0	2,86 ± 0,04	2,44 ± 0,01	3,13 ± 0,03	2,79 ± 0,02	2,35 ± 0,04	2,54 ± 0,06	**
C6:0	1,93 ± 0,02	1,52 ± 0,01	2,23 ± 0,02	1,92 ± 0,01	1,49 ± 0,01	1,86 ± 0,01	*
C8:0	1,13 ± 0,01	1,20 ± 0,01	1,42 ± 0,01	1,13 ± 0,00	1,22 ± 0,01	1,45 ± 0,01	NS
C10:0	2,34 ± 0,00	2,98 ± 0,05	3,10 ± 0,06	2,29 ± 0,01	3,02 ± 0,05	3,28 ± 0,03	*
C12:0	2,73 ± 0,01	3,95 ± 0,05	3,29 ± 0,02	2,65 ± 0,08	4,05 ± 0,06	4,03 ± 0,04	*
C14:0	9,59 ± 0,09	10,60 ± 0,06	11,33 ± 0,06	9,58 ± 0,04	10,45 ± 0,03	10,64 ± 0,03	NS
C16:0	29,62 ± 0,21	27,60 ± 0,48	24,91 ± 0,07	29,60 ± 0,37	27,65 ± 0,54	26,06 ± 0,44	*
C18:0	11,86 ± 0,41	10,75 ± 0,90	11,33 ± 0,38	11,96 ± 0,65	10,72 ± 0,67	10,55 ± 0,40	NS
Autres	4,84	4,41	4,26	5,07	4,75	4,93	-
AGS	66,89 ± 0,78	65,47 ± 0,47	65,00 ± 0,37	67,00 ± 0,16	65,71 ± 0,21	65,33 ± 0,14	NS
C16:1	1,54 ± 0,07	1,60 ± 0,04	1,58 ± 0,06	1,57 ± 0,07	1,63 ± 0,05	1,59 ± 0,06	NS
C18:1	25,85 ± 0,42	26,25 ± 0,61	26,65 ± 0,31	25,83 ± 0,38	25,89 ± 0,24	25,95 ± 0,43	NS
Autres	2,10	2,29	2,28	1,96	2,34	2,42	-
AGMI	29,49 ± 0,32	30,14 ± 0,48	30,51 ± 0,44	29,35 ± 0,22	29,75 ± 0,10	29,96 ± 0,40	NS
C18:2	2,65 ± 0,28	3,25 ± 0,06	3,31 ± 0,11	2,68 ± 0,61	3,31 ± 0,17	3,58 ± 0,34	NS
C18:3	0,96 ± 0,19	1,14 ± 0,05	1,15 ± 0,06	0,98 ± 0,33	1,12 ± 0,23	1,13 ± 0,19	NS
AGPI	3,61 ± 0,46	4,39 ± 0,02	4,46 ± 0,06	3,65 ± 0,93	4,43 ± 0,40	4,70 ± 0,52	NS
AGI	33,10 ± 0,78	34,53 ± 0,47	34,97 ± 0,38	33,01 ± 1,15	34,18 ± 0,37	34,67 ± 0,13	NS

*** : P < 0,001 ; ** : P < 0,01 ; * : P < 0,05 ; ^{NS} : P > 0,05.

Selon l'analyse de variance, aucune interaction significative entre l'aliment concentré et la race n'a été mise en évidence sur les différents groupes d'acides gras du lait (AGS, AGMI, AGPI et AGI), sauf pour quelques acides gras mineurs (Tableau 24).

A l'inverse, à l'intérieur des groupes, cette interaction présente un effet significatif sur la composition en acides gras, d'où l'intérêt d'étudier séparément, l'effet de la nature du concentré indépendamment de la race (Tableau 25), et l'effet de la race indépendamment de l'alimentation (Tableau 26), en utilisant le test de variance ANOVA à 1 facteur.

Tableau 25 : Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de la nature du concentré

AG	Aliment concentré			P
	C1	C2	C3	
C4:0	2,83 ± 0,04	2,40 ± 0,06	2,83 ± 0,33	***
C6:0	1,93 ± 0,01	1,51 ± 0,02	2,05 ± 0,20	***
C8:0	1,13 ± 0,01	1,21 ± 0,01	1,44 ± 0,02	***
C10:0	2,31 ± 0,03	3,00 ± 0,04	3,19 ± 0,11	***
C12:0	2,69 ± 0,07	4,00 ± 0,07	3,66 ± 0,40	***
C14:0	9,58 ± 0,06	10,52 ± 0,09	10,98 ± 0,38	***
C16:0	29,61 ± 0,27	27,62 ± 0,46	25,48 ± 0,69	***
C18:0	11,91 ± 0,49	10,74 ± 0,71	10,94 ± 0,55	*
Autres	4,96	4,59	4,63	-
AGS	66,94 ± 0,89	65,59 ± 0,35	65,16 ± 0,31	***
C16:1	1,55 ± 0,06	1,62 ± 0,04	1,59 ± 0,05	NS
C18:1	25,83 ± 0,35	26,07 ± 0,46	26,30 ± 0,51	NS
Autres	2,03	2,32	2,35	-
AGMI	29,42 ± 0,25	29,95 ± 0,38	30,24 ± 0,48	**
C18:2	2,66 ± 0,42	3,28 ± 0,12	3,44 ± 0,27	**
C18:3	0,97 ± 0,24	1,13 ± 0,15	1,14 ± 0,12	NS
AGPI	3,63 ± 0,66	4,41 ± 0,25	4,58 ± 0,36	*
AGI	33,05 ± 0,88	34,36 ± 0,42	34,82 ± 0,30	**
Rapport ω6/ω3	2,74	2,90	3,02	-
Rapport C18 1/C18	2,17	2,43	2,40	-

*** : P < 0,001 ; ** : P < 0,01 ; * : P < 0,05 ; NS : P > 0,05.

D'après le tableau 25, le profil en acides gras de la matière grasse du lait a été fortement modifié par l'aliment concentré. Comparativement au lot C1, le lait des lots C2 et C3 ont des teneurs réduites en acides gras saturés de 1,35 et 1,78 % respectivement (Figure 15).

Cette réduction s'effectue au dépend d'un accroissement de la teneur en acides gras insaturés (+1,31 et + 1,77 % respectivement pour C2 et C3), et en particulier de celles de l'acide linoléique (+0,62 %et +0,78 % respectivement pour C2 et C3) (Figure 15).

On assiste donc à une augmentation de la sécrétion d'acides gras insaturés, compensée par une diminution de la sécrétion d'acides gras saturés (Figure 16).

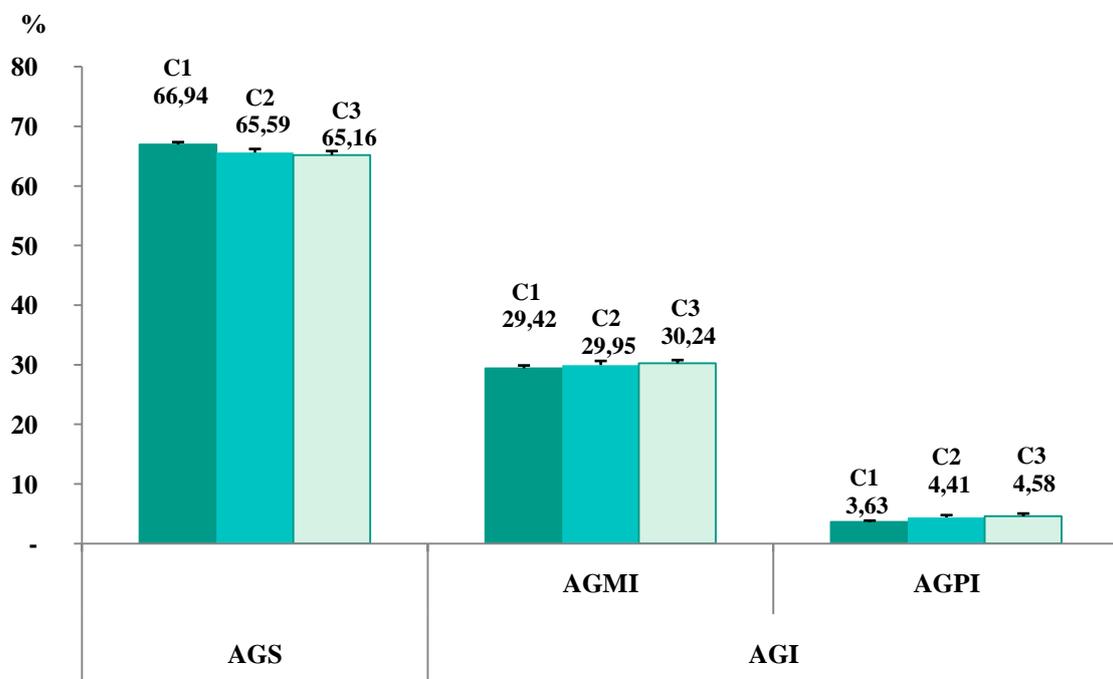


Figure 15 : Variation des proportions des acides gras saturés, des acides gras mono et polyinsaturés en fonction de la nature du concentré



Figure 16 : Variation des proportions des acides gras saturés et insaturés en fonction de la nature du concentré

Selon plusieurs auteurs (MURPHY *et* CANNILLY, 1991 ; PALMQUIST *et al.*, 1993 ; CHILIARD *et al.*, 2001), l'alimentation permet de faire varier largement, et de façons diverses, la composition en acides gras du lait ; en signalant ici que les acides gras saturés, représentant 66 % des lipides totaux du lait, sont généralement reconnus comme facteurs de risque d'athérosclérose, notamment en augmentant la cholestérolémie totale et le cholestérol LDL. Les acides gras monoinsaturés (acide oléique) et polyinsaturés pourraient contribuer à diminuer le risque d'athérosclérose, notamment en augmentant le taux des HDL (MENSIK *et* KATAN, 1992).

Après avoir été libérés par hydrolyse, les acides gras insaturés de l'alimentation subissent dans le rumen un processus de biohydrogénation qui conduit à la saturation de tout ou partie de leurs doubles liaisons.

La biohydrogénation de l'acide linoléique C18:2 est comprise entre 60 et 95%, et celle de l'acide α -linoléique C18:3 est très élevée et presque complète (AKRAIM, 2005). Malgré cette biohydrogénation intense qui a lieu normalement dans le réticulo-rumen, la composition en AGPI de la ration a une certaine influence sur la composition en AGPI des lipides du plasma chez les vaches (AKRAIM, 2005), une partie des AGPI échappe à la biohydrogénation ruminale et peut alors être absorbée dans l'intestin. Ainsi l'augmentation de la teneur en AGPI des rations permet, malgré la biohydrogénation intense, une augmentation de la quantité d'AGPI qui parvient au niveau duodénal, une augmentation des taux plasmatiques d'AGPI et un enrichissement du lait en AGPI.

Dans le cadre d'une volonté d'amélioration de la teneur en AGPI du lait, il est alors recherché de ralentir la biohydrogénation pour augmenter la quantité d'AGPI qui parvient au niveau du duodénum et qui pourra être incorporé dans le lait. Dans ce sens, des méthodes de protection des AGPI ont été proposées pour préserver les AGPI de la biohydrogénation et permet un afflux duodéal important.

Les composants de la ration autres que la matière grasse, influent également sur l'ampleur de la lipolyse et de la biohydrogénation. La biohydrogénation de C18:2 n-6 et C18:3 n-3 diminue avec l'augmentation de l'apport de concentrés et la diminution de l'apport de fourrages dans l'alimentation des vaches (CHILLIARD *et al.*, 2000).

A leur entrée dans la caillette, les lipides sont en majeure partie (70 à 90%) des acides gras non estérifiés d'origine alimentaire ou microbienne. Les acides gras saturés et les acides gras monoinsaturés sont prédominants quel que soit le degré d'insaturation des matières grasses ingérées sauf si celles-ci sont protégées.

Les acides gras sont principalement absorbés dans le jéjunum où les acides gras libres absorbés sont de nouveau estérifiés en triglycérides et en phospholipides (AKRAIM, 2005).

La quantité, le degré d'insaturation, la nature de la matière grasse ingérée, la fréquence de distribution de l'aliment et le pourcentage de fourrages dans la ration sont autant de facteurs de variation de la digestibilité des acides gras (LOOR *et al.*, 2004).

Par ailleurs, les acides gras du lait ont deux origines :

- le prélèvement dans la circulation sanguine ;
- la synthèse de novo dans la mamelle.

Les acides gras prélevés ou synthétisés peuvent être désaturés au niveau mammaire. La mamelle prélève dans le sang les acides gras des triglycérides, voire les acides gras non Estérifiés. Les acides gras prélevés dans le sang comprennent une partie des C14:0 et C16:0 du lait et tous les acides gras à 18 carbones. Le taux de prélèvement des acides gras des triglycérides par la glande mammaire des vaches, augmente avec leur concentration dans le plasma (AKRAIM, 2005).

Les acides gras à chaîne courtes et moyennes (de C4 à C12) et une partie des acides gras C14:0 et C16:0 sont synthétisés par les cellules mammaires à partir de l'acétate produit par les fermentations ruminales (CHILLIARD *et SAUVANT*, 1987 ; CHILLIARD *et al.*, 2001 ; SCHMIDELY *et SAUVANT*, 2001 ; AKRAIM, 2005 ; SAUVANT *et al.*, 2006 ; RULQUIN *et al.*, 2007).

De plus, et selon GULATI *et al.* (1999), les acides gras polyinsaturés ne sont pas synthétisés chez les ruminants, leur concentration dans le lait dépend donc essentiellement des apports par l'alimentation.

Parmi ces acides gras polyinsaturés, c'est l'acide linoléique (C18:2) qui est le plus représenté, sa teneur étant plus élevée dans le lait des lots C1 et C2 (3,28 % et 3,44 %) que dans le lait du lot C1 (2,66 %). Cela, est probablement, en liaison avec la teneur élevée des drêches en gras riche en acides gras polyinsaturés (près de 15 % de la matière sèche (BACHAND, 2007)). Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces tendances.

Par ailleurs, les drêches accroissent plus fortement la teneur en acide linoléique du lait ($p < 0,01$), par rapport aux acides C18:1 et C18:3 ($p > 0,05$).

La proportion d'acide linoléique dans les acides gras du lait est généralement comprise entre 2 et 3 %. Lorsque les rations sont enrichies en graines ou huiles riches en acide linoléique, ce pourcentage ne dépasse pas 3 à 4 %, l'accroissement par rapport au régime témoin étant rarement supérieur à 1,5 %. Il est donc clair que l'hydrogénation poussée de l'acide linoléique dans le rumen limite fortement son incorporation dans les acides gras du lait (CHILIARD *et al.*, 2001).

En outre, l'accroissement de la proportion d'acide linoléique dans les produits laitiers ne constitue pas en soi un objectif, dans la mesure où l'amélioration de la valeur nutritionnelle de ces produits passe par un accroissement du rapport linoléique/linoléique (CHILIARD *et al.*, 2001).

Ce rapport $\omega 6/\omega 3$ (C18:2/C18:3) a été modifié par l'apport de drêche. On constate une augmentation dans les lots C2 et C3 (2,90 et 3,02) par rapport au lot C1 (2,74).

Il est souhaitable également d'accroître le rapport C18:1/C18 pour diminuer la dureté des beurres, et pour améliorer leur qualité nutritionnelle, notamment pour limiter le risque athérogène chez l'homme. Ce rapport est régulé à la fois par les disponibilités respectives en ces deux acides gras, par l'activité de la désaturase mammaire et par les facteurs qui modulent cette activité (disponibilité en acides gras polyinsaturés, notamment) (CHILIARD *et al.*, 2001).

Parallèlement, le rapport C18:1/C18 augmente de 2,17 dans le lot C1 à, respectivement, 2,43 et 2,40 dans les lots C2 et C3, ce qui suggère selon BAUMGARD *et al.* (2001) une augmentation de l'activité de la delta-9 désaturase qui convertit l'acide stéarique en acide oléique.

D'un autre côté, la race n'a présenté aucun effet significatif ($p > 0,05$) sur les différents groupes d'acides gras à savoir : AGS, AGMI, AGPI et AGI (Tableau 25). Cela laisse suggérer que la variation de la composition en acides gras, dans cette étude, est attribuée à la nature du concentré et non pas à la race.

Tableau 26 : Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de la race.

AG	Race		P
	H	M	
C4:0	2,81 ± 0,30	2,56 ± 0,20	*
C6:0	1,90 ± 0,31	1,76 ± 0,20	*
C8:0	1,25 ± 0,13	1,27 ± 0,14	NS
C10:0	2,81 ± 0,36	2,86 ± 0,44	NS
C12:0	3,32 ± 0,53	3,58 ± 0,70	*
C14:0	10,50 ± 0,76	10,22 ± 0,49	NS
C16:0	27,38 ± 2,06	27,77 ± 1,59	NS
C18:0	11,31 ± 0,71	11,08 ± 0,84	NS
Autres	4,51	4,92	-
AGS	65,79 ± 0,98	66,01 ± 0,96	NS
C16:1	1,58 ± 0,05	1,60 ± 0,06	NS
C18:1	26,25 ± 0,53	25,89 ± 0,31	NS
Autres	2,23	2,24	-
AGMI	30,05 ± 0,57	29,69 ± 0,35	NS
C18:2	3,07 ± 0,35	3,19 ± 0,54	NS
C18:3	1,08 ± 0,14	1,07 ± 0,23	NS
AGPI	4,15 ± 0,47	4,26 ± 0,74	NS
AGI	34,20 ± 0,98	33,95 ± 0,96	NS

*** : P < 0,001 ; ** : P < 0,01 ; * : P < 0,05 ; ^{NS} : P > 0,05.

II.4. Conclusion :

Les drêches de brasserie et de distillerie sont des sources potentielles d'énergie et de protéines pour les vaches laitières. Leur utilisation permettrait de réduire les grandes quantités de céréales et de tourteaux d'oléagineux que certains pays se voient obligés d'importer pour satisfaire les besoins de leur production animale.

A cet effet, et en comparaison avec l'aliment concentré contenant le maïs et le tourteau de soja, l'introduction des drêches (de brasserie et de distillerie) n'influence pas l'évolution normale de la production au cours du temps mais au contraire, influence la quantité produite en entraînant une amélioration plus importante avec les drêches de distillerie. Cet effet favorable à la production laitière a été plus marqué chez les vaches présentant, en début d'expérimentation, les niveaux de production les plus élevées, à savoir les vaches de la race Holstein.

Par ailleurs, l'introduction des drêches dans la ration des vaches laitières s'est accompagnée également, de modifications très importantes de l'EST, du TB et celui d'AG qui ont été très hautement significatives.

Le profil en acides gras du lait a été fortement influencé par l'alimentation. Comparativement au lot C1, les lots C2 et C3 présentent des teneurs réduites en acides gras saturés, reconnus comme facteurs de risque d'athérosclérose pour l'homme, et plus élevées en acides gras insaturés et en acides linoléique en particulier, ce qui améliore la qualité nutritionnelle du lait. Ces derniers ne sont pas synthétisés par les tissus des ruminants, de sorte que leur concentration dans le lait dépend étroitement de l'apport alimentaire lié principalement à la proportion de matières grasses apportées par les drêches. Ces acides gras polyinsaturés, à des concentrations élevées, inhibent la lipogénèse *de novo* des acides gras saturés dans les cellules mammaires.

En ce qui concerne la teneur en protéine, l'étude révèle que l'introduction des drêches a engendré sa diminution dans le cas de la race Montbéliarde et son augmentation dans le cas de la race Holstein, qui restent non significatives sur le plan statistique.

CHAPITRE II

EFFET DE LA RACE

SUR LA COMPOSITION

PHYSICO-CHIMIQUE DU LAI

1. Introduction :

De nombreuses études ont été réalisées pour évaluer l'effet des caractéristiques génétiques des animaux sur les caractéristiques du lait (FROC *et al.*, 1988 ; MACHEBOEUF *et al.*, 1993a ; MALOSSINI *et al.*, 1996 ; AULDIST *et al.*, 2002 ; MISTRY *et al.*, 2002). Les facteurs génétiques influent sur la qualité du lait. L'héritabilité est de l'ordre de moitié pour le taux butyreux (TB) et le taux protéique (TP) (WOLTER, 1994).

De ce fait, la race constitue une source de variation importante de la composition du lait (HARGROVE *et al.*, 1981 ; BONAITI, 1985). Selon la FAO (1995), il existe de grands écarts dans la composition du lait d'une race à une autre, et surtout dans le taux de matières grasses.

Notre objectif était d'étudier en conditions réelles d'élevage bovin en Algérie, l'effet propre de la race (Holstein et Montbéliarde), indépendamment de l'alimentation et des autres facteurs de productions, sur la composition chimique du lait, en particulier celle des acides gras.

2. Méthodologie :

2.1. Choix du cheptel :

Cette étude a été réalisée sur l'ensemble des exploitations à savoir :

- La ferme Labiba- Alger ;
- Le ferme Lahiyani- Tipaza ;
- La ferme Brazi- Blida ;
- La ferme Hadji- Blida
- La ferme ANDLESS- Bejaïa ;
- La ferme El-Boukhari- Médéa.

Sur l'ensemble des exploitations retenues, cette étude a été réalisée sur un effectif de 496 vaches de race Holstein et Montbéliarde (Tableau 27), en différents numéros de lactation.

Tableau 27 : Structure du cheptel étudié au cours de l’essai

Ferme	Lahyani	Brazi	Hadji	Labiba	ANDLESS	El-Boukhari	Total (Têtes)
Région	Tipaza	Blida	Blida	Alger	Béjaia	Médéa	
Holstein (Têtes)	74	42	60	40	50	70	336
Montbéliarde(Têtes)	-	-	-	32	40	88	160
Total (Têtes)	74	42	60	72	90	158	496

Aperçu historique sur les races étudiées

La race Holstein est originaire des Pays Bas (QUITTET, 1963). L’exportation vers l’Amérique par les colons hollandais dès 1852 a permis une forte implantation, aboutissant à la race Holstein-Friesian au Canada et aux USA. L’introduction en France débute réellement au XIXème siècle : d’abord limitée aux zones frontalières, elle se développe ensuite surtout dans le nord du pays. Elle est au départ surtout utilisée en croisement, et considérée comme une race étrangère jusqu’en 1903 (AMIZET, 1964 ; SPINDLER, 2002). Son développement donne naissance à la race Hollandaise, dont le herd-book est formé en 1922 (AMIZET, 1964). La sélection diffère géographiquement après la seconde guerre mondiale. Le berceau américain s’oriente vers la spécialisation laitière, axée sur la production et la rusticité, ce qui va conduire au standard de la Holstein nord-américaine actuelle. En Europe, la race de l’après-guerre se définit par une orientation mixte et est rebaptisée Française Frisonne Pie Noire (FFPN) (AMIZET, 1964). Les différences entre les orientations mixtes françaises et laitières américaines ont été à l’origine d’importations américano-françaises pour améliorer les productions (QUITTET, 1963). Les animaux obtenus ont été regroupés sous le terme de Françaises Frisonnes, incluant les pies rouges.

La Holstein est la race laitière par excellence, ce qui justifie sa position de leader mondiale. Elle domine les autres races par ses effectifs et ses productions : la quantité de lait est la plus élevée de toutes les races bovines et elle reste la première race en effectifs depuis 1979. Les taux protéiques (TP) et butyreux (TB) ne sont pas les plus intéressants comparativement aux autres races, mais ils restent corrects compte tenu du litrage.

En revanche, la région de Montbéliard était colonisée par les Suisses Mennonites, ayant importé avec eux leurs bovins apparentés au rameau pie rouge continental (donnant aussi les races Simmental, Abondance, Fleckvieh ...). Le fort développement de cette région a permis la mise en place d'une race locale homogène nommée race Franco-Suisse. Le nom de race Montbéliarde remonte à 1872 et le herd-book est créé en 1889 (QUITTET, 1963 ; AMIZET, 1964 ; SPINDLER, 2002). L'orientation laitière mixte donnée à la race a permis son développement et sa bonne valorisation (QUITTET, 1963 ; SPINDLER, 2002).

Cependant, en raison de certaines contraintes d'élevage et de milieu, d'autres caractères ont été sélectionnés de sorte que la Montbéliarde est devenue aujourd'hui une race complète et offrant de multiples qualités (CHARRON, 1986 ; INAPG, 2001).

La race Montbéliarde convient bien à la transformation fromagère : elle allie parfaitement des productions assez élevées à des taux protéiques forts et des taux butyreux plutôt faibles, à l'origine d'excellents rendements fromagers. En 1998, la Montbéliarde est impliquée majoritairement dans la production de 97 % des AOC (UPRA MONTBELIARDE, 2006).

2.2. Mode d'alimentation et abreuvement :

Dans cette étude, l'effet de l'alimentation n'a pas été pris en considération. L'élevage a été mené dans les conditions pratiques avec le mode d'alimentation déjà suivi par les éleveurs.

L'abreuvement du cheptel se fait 3 à 4 fois par jours.

3. Résultats et discussion :

3.1. Composition chimique du lait :

Le prélèvement a été réalisé une fois par mois sur des laits individuels, à la traite du soir, correspondant aux deux races retenues, sur une période de 10 mois de lactation.

Après lavage des mamelles, nous avons traité manuellement de chaque vache un litre du lait, les échantillons ont été recueillis dans des récipients propres d'une capacité de 1 litre et conservés directement à 4 °C. Ils ont été étiquetés pour assurer leur identification (date de prélèvement, numéro de la vache) et acheminés dans les 12 heures par la route, au laboratoire où ils ont fait l'objet d'une série d'analyses et de tests : pH initial, acidité, densité, extrait sec

total (EST), extrait sec dégraissé (ESD), taux protéique (TP), butyreux (TB) et d'acides gras (AG), et le profil en acides gras.

Par ailleurs, l'analyse de variance a été appliquée pour montrer si des différences sont observées au niveau des paramètres du lait, en fonction de la race (Tableau 28).

Tableau 28 : Résultats des différents paramètres du lait en fonction de la race

Variables	Race		P
	H	M	
pH	6,66±0,10	6,67±0,09	NS
Acidité (°D)	16,63±1,42	17,23±2,25	**
Densité	1,033±0,018	1,029±0,002	*
EST (g/l)	124,78±8,49	119,83±7,94	***
ESD (g/l)	84,86±5,60	85,39±6,04	NS
TP (g/l)	31,52±3,10	32,04±1,86	NS
TB (g/l)	39,76±5,38	34,43±6,25	***
AG (g/l)	37,58±5,08	32,54±5,90	***

P : probabilité ; * : p<0,05 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001 ; NS : non significatif (p>0,05).

La comparaison entre races, indépendamment des autres facteurs de productions, présentée dans le tableau 28 montre que la race a une influence très hautement significative (p<0,001) sur l'extrait sec total, le taux butyreux et le taux d'acides gras, en faveur de la race Holstein. La race a également une influence hautement significative (p<0,01) sur l'acidité du lait, et significative sur la densité.

Concernant le pH, l'extrait sec dégraissé et le taux protéiques, ses variations ne sont pas influencées par la race d'après l'analyse statistique effectuée.

3.1.1. pH et extrait sec total :

Le pH du lait des deux races (Tableau 28) est conforme aux normes citées par ALAIS (1984) et qui varie dans l'intervalle de 6,6 à 6,8.

Concernant l'extrait sec total, sa valeur normale se situe entre 125 à 135 g/l (VIERLING, 1999 ; ALAIS, 2003). Les résultats indiqués dans le tableau 28 montrent qu'il existe une différence très hautement significatives (p<0,001) de l'EST entre le lait de chaque race avec un écart de 4,95 g/l en faveur de Holstein (Figure 17). Cependant, celui de Montbéliarde est

inférieur aux valeurs rapportées par la littérature (VIERLING, 1999 ; ALAIS, 2003). Toutefois, VEISSEYRE (1979) rapporte que cette teneur reste dépendante de la race, et les variations peuvent être considérables.

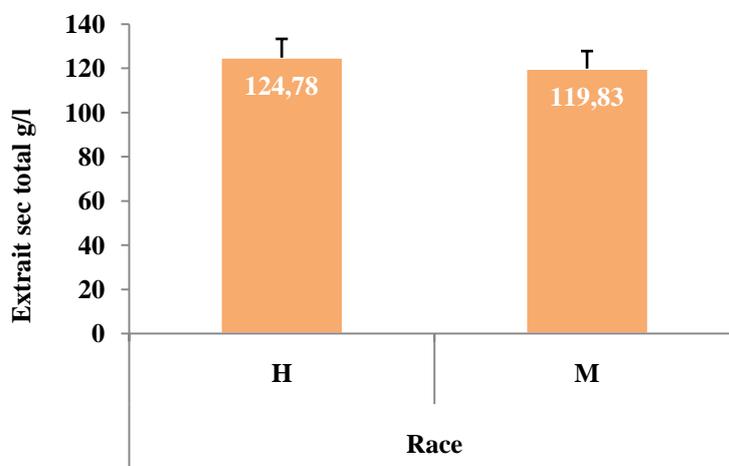


Figure 17 : Variation du taux d'extrait sec total en fonction de la race

Par contre, la variation de l'extrait sec dégraissé n'est pas significative ($p > 0,05$) sur le plan statistique, avec des valeurs de $84,86 \pm 5,60$ g/l et $85,39 \pm 6,04$ g/l, respectivement pour Holstein et Montbéliarde.

3.1.2. Taux protéique :

La figure 18 présente les différences existantes du taux protéique entre les deux races.

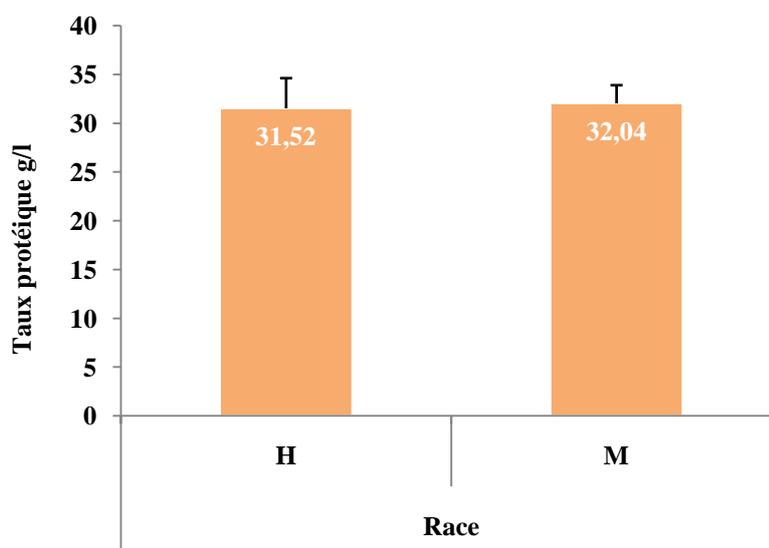


Figure 18 : Variation du taux protéique en fonction de la race

Les vaches Montbéliarde ont produit un lait plus riche en protéines ($32,04 \pm 1,86$ g/l) que celui des vaches Holstein ($31,52 \pm 3,10$ g/l), avec un écart de $+0,52$ g/l (Figure 18), bien que ces différences ne soient pas significatives sur le plan statistique (Tableau 28).

Il a été établi (PISSAVY *et* DEZENDRE, 2006) que certaines races sont plus prédisposées que d'autres à produire un lait riche en protéines. Les vaches de race Normande (34,9 g/l), Montbéliarde (32,9 g/l) ou Brune (33,6 g/l) produisent un lait plus riche en protéines et de meilleur aptitude fromagère que celui de vaches Holstein (31,2 g/l) conduites dans les mêmes conditions (AULDIST *et al.*, 2002 ; MISTRY *et al.*, 2002).

3.1.3. Taux butyreux et d'acides gras :

La figure 19 représente les valeurs du taux butyreux et celui d'acides gras des laits issus de race Holstein et Montbéliarde.

Cette figure montre qu'il existe un écart de 5,33 g/l de matière grasse, en faveur de la race Holstein qui a produit également un lait plus riche en acides gras (+5,04 g/l) par rapport à la Montbéliarde. D'après l'étude de MARTIN *et al.* (2000), les vaches de race Holstein produisent un lait plus riche en matières grasses (37,0 g/l) que celui des vaches Montbéliarde (34,0 g/l).

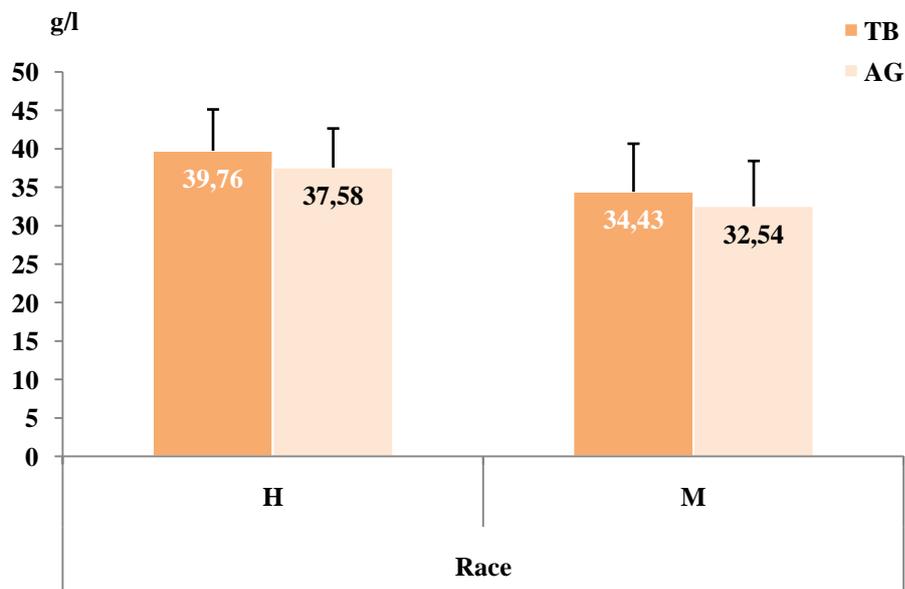


Figure 19 : Variation des taux butyreux et d'acides gras en fonction de la race

Selon VIGNOLA (2002), le taux butyreux du lait de vache se situe entre 35 et 40 g/l. Nous remarquons alors que le taux butyreux de nos échantillons de lait se situe dans l'intervalle de variation.

3.1.4. Composition en acides gras :

Le profil en acides gras a été déterminé par chromatographie en phase gazeuse sur les laits de chaque race. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 29. Ils ont donné lieu à la confection des histogrammes en figures 20, 21 et 22.

Tableau 29 : Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de la race

AG	Race		P
	H	M	
C4:0	2,11±0,70	2,76±0,42	***
C6:0	0,79±0,15	0,42±0,14	***
C8:0	0,85±0,12	0,79±0,17	NS
C10:0	2,52±0,22	2,14±0,41	***
C12:0	3,49±0,44	3,02±0,46	***
C14:0	11,07±1,57	11,10±1,42	NS
C16:0	30,48±1,92	29,46±1,53	*
C18:0	9,70±1,27	9,77±1,13	NS
Autres	3,48±0,35	3,24±0,25	-
AGS	64,50±2,04	62,71±2,15	***
C16:1	1,95±0,15	2,55±0,32	***
C18:1	27,21±1,81	28,12±2,05	*
Autres	0,50±0,08	0,52±0,07	-
AGMI	29,70±1,90	31,19±2,07	**
C18:2	5,55±0,10	5,49±0,07	**
C18:3	0,25±0,03	0,24±0,02	*
AGPI	5,80±0,12	5,73±0,07	**

P : probabilité ; * : P < 0,05 ; *** : p<0,001 ; ** : p<0,01 ; * < 0,05 ; ^{NS} : non significatif (P > 0,05).

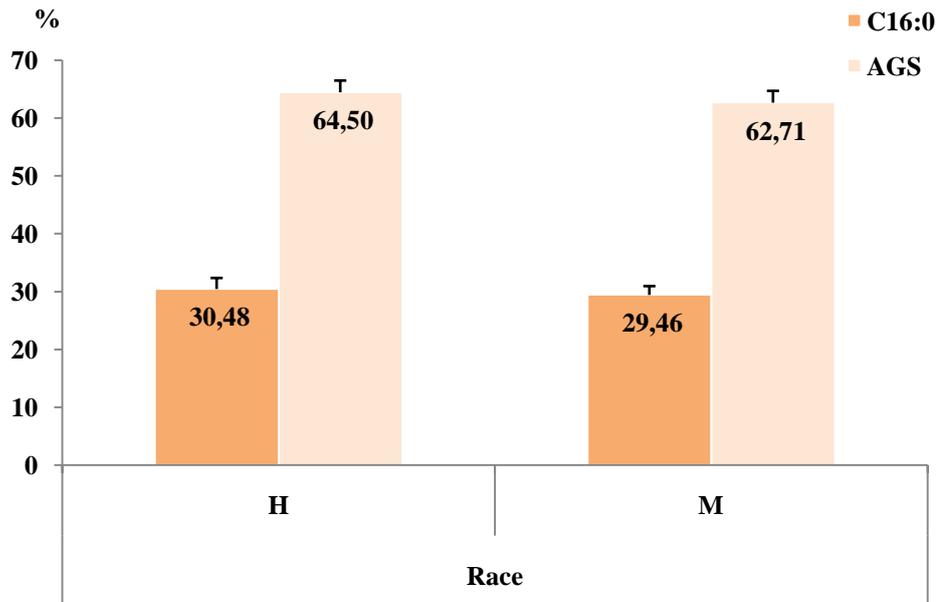


Figure 20 : Variation des teneurs en acide palmitique C16:0 et en acides gras saturés en fonction de la race

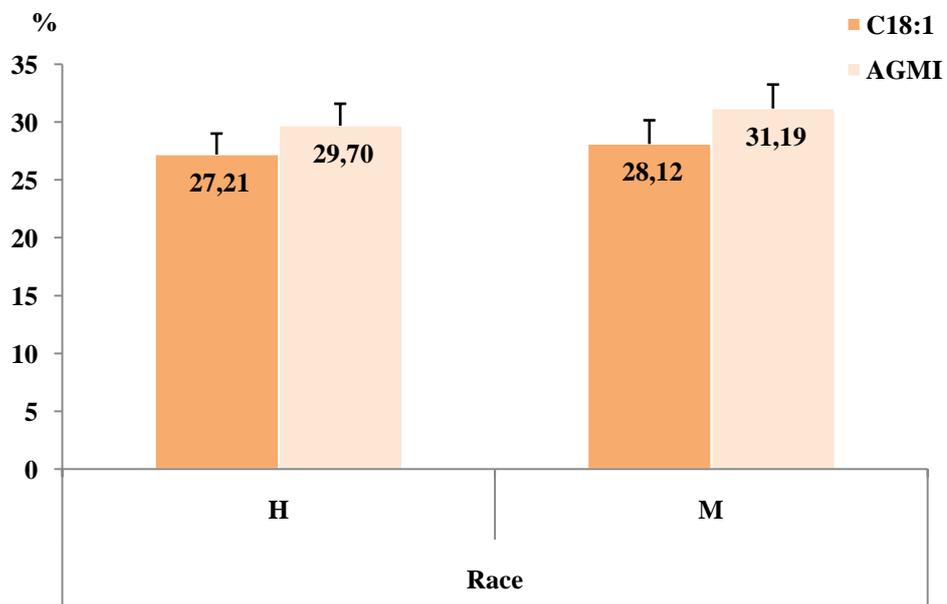


Figure 21 : Variation des teneurs en acide oléique C18:1 et en acides gras mono-insaturés en fonction de la race

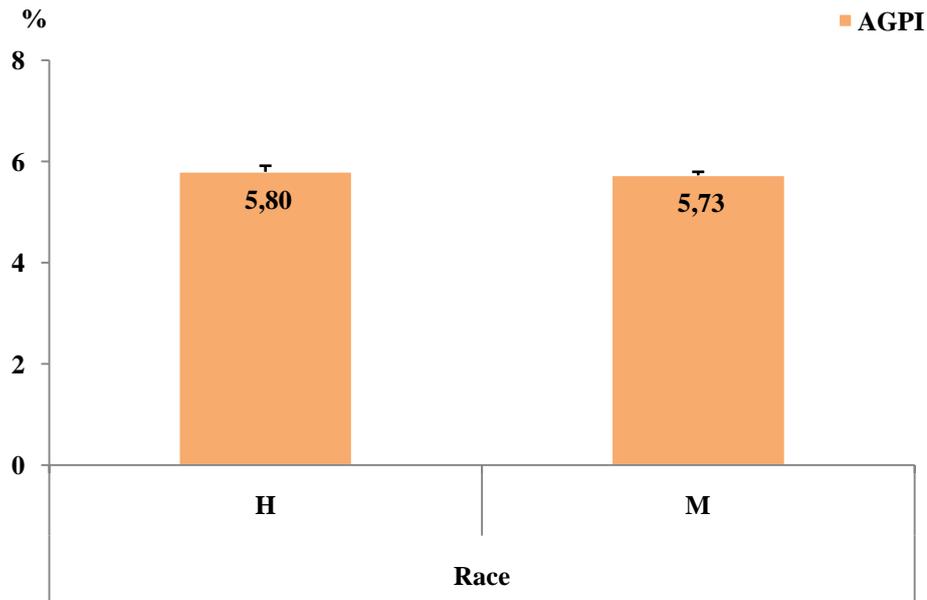


Figure 22 : Variation de la teneur en acides gras poly-insaturés en fonction de la race

D'après le tableau 29 et les figures 20, 21 et 22, on constate des différences du taux d'acides gras entre les deux races :

Le taux des acides gras saturés est significativement ($p < 0,001$) plus élevé chez la race Holstein ($64,50 \pm 2,04$ %), comparativement à la race Montbéliarde ($62,71 \pm 2,15$ %) avec un écart de 1,79 %.

Contrairement aux acides gras saturés, le taux d'acides gras mono-insaturés est, significativement ($p < 0,01$), plus élevé chez Montbéliarde ($31,19 \pm 2,07$ %) que chez Holstein ($29,70 \pm 1,90$ %) avec un écart de 1,49 %.

Le taux d'acides gras poly-insaturés est légèrement supérieur chez la race Holstein, avec un écart de +0,07 % bien que cette différence soit hautement significative ($p < 0,001$) sur le plan statistique.

Dans ce sens, plusieurs auteurs ont montré que la race des animaux représente un facteur important de variation de la composition du lait en acides gras (JENSEN *et al.*, 1999 ; CHILLIARD *et al.*, 2000 ; SOLLBERGER *et al.*, 2004).

4. Conclusion :

Dans cette étude, nous avons évalué l'effet race indépendamment de l'alimentation et autres facteurs de production sur la composition chimique du lait, notamment celle des acides gras, dans des conditions de production particulières, liées au contexte pédoclimatique de l'Algérie.

L'ensemble des résultats obtenus confirme, en effet, la variabilité de la composition des laits et permet de faire les observations suivantes :

- En moyenne, les vaches Montbéliarde ont produit un lait légèrement plus riche en protéines (+0,52 g/l) que celui des vaches Holstein ;
- Les teneurs en matières grasses ont été significativement supérieures, de +5,33 g/l, en faveur de la race Holstein qui a produit également un lait plus riche en acides gras (+5,04 g/l) par rapport à la Montbéliarde ;
- Le taux des acides gras saturés a été plus élevé de 1,79 % chez la Holstein, comparativement à la Montbéliarde. Par contre, le taux d'acides gras mono-insaturés a été plus élevé chez la Montbéliarde (+1,49 %) que chez Holstein. En outre, le taux d'acides gras poly-insaturés a été légèrement supérieur chez la race Holstein de +0,07 %.

Ces différences caractéristiques des races, ont présenté une variabilité importante entre la Holstein et la Montbéliarde, indépendamment des autres facteurs de production. De ce fait, la race constitue une source de variation très importante de la composition physico-chimique du lait.

CHAPITRE III

EFFET DU NUMERO DE LACTATION SUR LA COMPOSITION PHYSICO-CHEMIQUE DU LAIT

1. Introduction :

Plusieurs facteurs influencent la composition du lait de vache. En général, elle varie en fonction de la saison, numéro de lactation, l'alimentation, l'état sanitaire et d'autres facteurs (HECK *et al.*, 2009). Dans cette partie, nous nous intéressons particulièrement aux effets du numéro de lactation, fortement lié à la variation physico-chimique du lait (résultats précédents).

L'objectif de cet essai vise, dans un premier temps, à évaluer, chez les vaches laitières introduites en Algérie, l'évolution des paramètres de composition physico-chimique du lait au cours des 3 (Holstein) ou des 4 (Montbéliarde) premières lactations, et d'analyser, en seconde étape, leur variabilité en fonction de la race des vaches.

2. Méthodologie :

2.1. Choix du cheptel :

Pour disposer des vaches laitières les plus comparables possible d'une lactation à l'autre, nous avons sélectionné parmi les vaches, celles qui sont en 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} ou en 4^{ème} lactation dans les conditions suivantes : leurs vêlages devaient avoir lieu entre le 1^{er} septembre et le 31 novembre de la même année, et elles devaient être indemnes de troubles sanitaires majeurs (parasites, mammites, avortement, ...).

Selon ces critères fixés, cette étude a ciblé 215 vaches laitières de race Holstein, en 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} lactation, et 124 vaches laitières de race Montbéliarde, en 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème}, et 4^{ème} lactation (Tableau 30). Notons que l'expérimentation s'est déroulée dans les conditions de conduite d'élevage pratiquée par les éleveurs.

Tableau 30 : Structure du cheptel étudié au cours de l’essai

	Ferme	Lahyani	Brazi	Hadji	Labiba	ANDLESS	El-Boukhari	Total (Têtes)
Race	Région	Tipaza	Blida	Blida	Alger	Béjaia	Médéa	
Holstein	1 ^{ère} lactation (Tête)	24	12	14	12	15	17	94
	2 ^{ème} lactation (Tête)	12	10	5	13	8	19	67
	3 ^{ème} lactation (Tête)	8	7	9	7	9	14	54
Montbéliarde	1 ^{ère} lactation (Tête)	-	-	-	9	10	21	40
	2 ^{ème} lactation (Tête)	-	-	-	7	12	18	37
	3 ^{ème} lactation (Tête)	-	-	-	5	9	14	28
	4 ^{ème} lactation (Tête)	-	-	-	4	6	9	19
Total (Têtes)		44	29	28	57	69	112	339

2.2. Mode d’alimentation et abreuvement :

L’effet du numéro de lactation a été étudié indépendamment de l’alimentation des vaches laitières. L’élevage a été mené dans les conditions réelles avec le mode d’alimentation déjà suivi par les éleveurs.

L’abreuvement du cheptel se fait 3 à 4 fois par jours.

3. Résultats et discussion :

3.1. Composition chimique du lait :

Sur des laits individuels, des mesures mensuelles, à raison d’un prélèvement par mois, par ferme et par vache retenue, ont été réalisées couvrant ainsi les 10 mois de lactation.

Après lavage des mamelles, un demi litre de lait a été traité manuellement de chaque vache, suite à une traite matinale ou du soir, recueillis dans des récipients propres, étiquetés pour

assurer leur identification, puis conservés au froid à 4°C, afin qu'ils soient soumis à un ensemble d'analyses physico-chimiques.

Les paramètres choisis sont ceux qui reflètent le mieux, la qualité du lait, à savoir : le pH initial, l'acidité, la densité, l'extrait sec total, l'extrait sec dégraissé, les taux butyreux et protéique, et le taux d'acides gras. La composition en acides gras de la matière grasse du lait, a été également étudiée par chromatographie en phase gazeuse.

Par ailleurs, l'analyse de variance (ANOVA à un facteur) est appliquée pour désigner l'existence de différence au niveau des paramètres du lait en fonction du numéro de lactation (Tableau 31).

La comparaison entre lactations (toutes fermes confondues) présentée dans le tableau précédent, montre que le numéro de lactation a une influence significative ($p < 0,05$) sur le taux butyreux, d'acides gras et protéique pour les races Holstein et Montbéliarde.

D'un autre côté, l'analyse de la variance sur les autres paramètres (pH, acidité, densité, EST et ESD) n'a révélé aucune signification de l'effet du numéro de lactation sur ces derniers, néanmoins les valeurs obtenues varient d'une lactation à une autre.

Tableau 31 : Evolution des différents paramètres du lait en fonction du numéro de lactation pour les races H et M

	Numéro de lactation	Paramètres physicochimiques							
		pH	Acidité (°D)	Densité	EST (g/l)	ESD (g/l)	TP (g/l)	TB (g/l)	AG (g/l)
Holstein	1	6,62±0,09	16,92±1,14	1,033±0,005	132,18±14,21	94,81±13,63	31,54±1,09 ^b	37,37±3,17 ^b	35,31±2,99 ^b
	2	6,67±0,08	16,56±1,34	1,032±0,002	132,38±7,45	92,16±5,40	32,24±1,74 ^a	40,22±3,51 ^a	38,01±3,32 ^a
	3	6,64±0,09	16,94±1,19	1,032±0,002	133,20±15,55	93,02±5,76	32,68±2,73 ^a	40,50±3,63 ^a	38,27±3,43 ^a
Montbéliarde	1	6,67±0,06	17,46±1,33	1,029±0,003	120,95±7,38	84,43±7,10	31,95±1,49 ^b	33,52±2,87 ^b	31,68±2,72 ^b
	2	6,67±0,09	17,12±2,15	1,029±0,002	120,99±6,37	84,58±6,30	33,60±1,90 ^a	36,41±2,81 ^a	34,41±2,65 ^a
	3	6,64±0,11	18,12±1,95	1,028±0,002	120,16±6,31	82,55±5,33	33,42±1,27 ^a	36,62±3,38 ^a	34,60±3,19 ^a
	4	6,64±0,10	18,36±2,12	1,027±0,002	121,01±4,99	79,56±5,94	33,87±1,40 ^a	37,45±3,83 ^a	35,39±3,62 ^a

Sur chaque colonne, et pour chaque race, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. L'absence de lettres sur une même colonne indique une absence de différence significative (P>0,05). La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

3.1.1. pH, acidité, densité, extrait sec total et dégraissé :

Le numéro de lactation n'indique aucun effet significatif sur le l'EST ainsi que sur l'ESD ($p > 0,05$). On peut constater alors, que l'EST et l'ESD présentent une stabilité relative où les valeurs sont rapprochées entre les différentes lactations (Figure 23) ; et avec cependant, une légère tendance à décroître chez la race Montbéliarde, donnant des valeurs maximales en 1^{ère} lactation.

L'évolution de l'EST et de l'ESD en fonction du numéro de lactation décrit alors, une allure quasi-linéaire, avec une pente légèrement négative pour l'ESD.

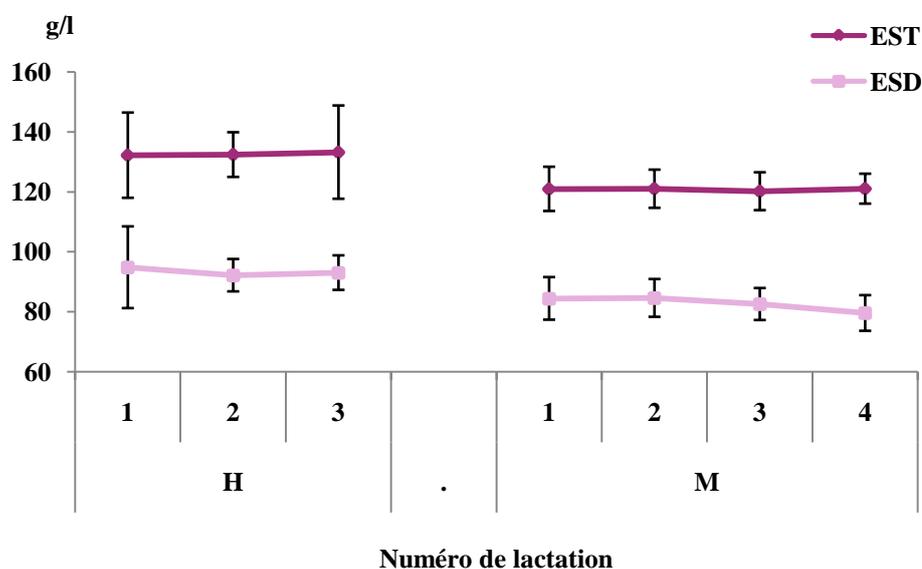


Figure 23 : Variation de l'EST et de l'ESD en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M

Toutefois, le numéro de lactation n'a pas d'effet significatif sur le pH des laits expérimentaux ($p > 0,05$), mais ce dernier, varie dans un intervalle conforme aux normes pour toutes les lactations. Il faut noter, également, que l'acidité du lait est plus sensible à la conduite de l'élevage, à l'hygiène de la traite et à la santé des animaux, plus qu'au numéro de lactation.

La densité du lait semble, par ailleurs, être plus affectée par le numéro de lactation, bien que l'influence ne soit pas significative ($p > 0,05$). Le lait est plus dense à la 1^{ère} lactation ($1,033 \pm 0,003$ et $1,029 \pm 0,003$ respectivement pour les races H et M) en comparaison avec la 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} lactation. Cela, pourrait être lié aux taux butyreux élevés chez les multipares par rapport aux primipares (Tableau 31).

3.1.2. Taux protéique :

Suite à l'analyse des protéines, la figure 24 illustre les résultats obtenus pour les 3 lactations étudiées dans le cas de la race Holstein et les 4 lactations étudiées dans le cas de la race Montbéliarde.

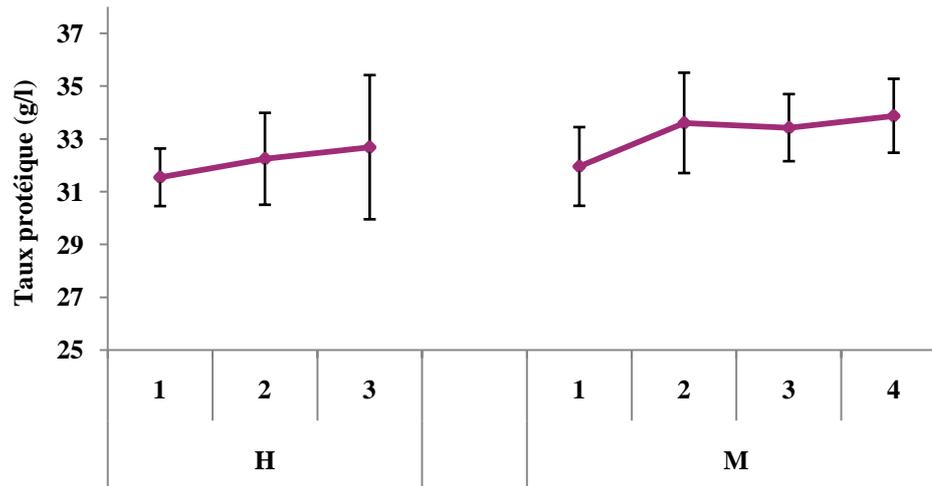


Figure 24 : Evolution du taux protéique en fonction du numéro de lactation

Pour la race Holstein, les protéines connaissent une augmentation progressive et significative ($p > 0,05$), entre la 1^{ère} et la 3^{ème} lactation, atteignant les $32,68 \pm 2,73$ g/l, et dépassant ainsi de 1,14 g/l leur valeur initiale ($31,54 \pm 1,09$ g/l) (Figure 24).

Le taux protéique suit la même allure d'évolution chez la race Montbéliarde, il augmente de $31,95 \pm 1,49$ g/l en 1^{ère} lactation à $33,87 \pm 1,40$ g/l en 4^{ème} lactation, avec un écart de 1,92 g/l. Il diminue légèrement entre la 2^{ème} et 3^{ème} lactation passant ainsi, de $33,60 \pm 1,90$ g/l à $33,42 \pm 1,27$ g/l, cette diminution reste non significative selon le test de Duncan (Tableau 31).

Cette analyse suivie du test Duncan, appliqué aux paramètres de la composition du lait en fonction du numéro de lactation, a permis également, d'étudier l'évolution significative du taux protéique par palier de signification (Figure 25).

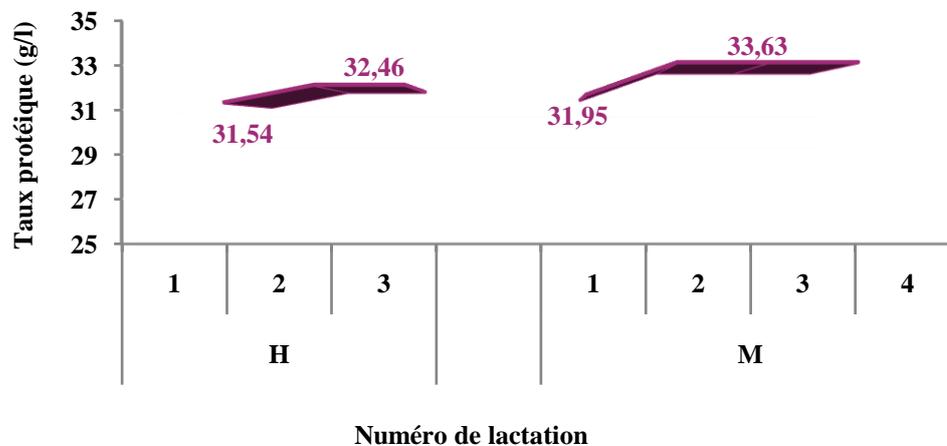


Figure 25 : Evolution du taux protéique par palier de signification en fonction du numéro de lactation

D'après la figure 25, on constate que l'allure de l'évolution du taux protéique est presque identique, pour les deux races, avec l'avancement de la lactation.

Le taux protéique croît significativement entre la 1^{ère} et la 2^{ème} lactation pour les deux races. Il augmente de 0,92 g/l chez la race H, et de 1,68 g/l chez la race M. Le taux protéique a connu, ensuite, à partir de la 2^{ème} lactation, une stabilisation à 32,46 g/l chez la Holstein, et à 33,63 g/l chez la Montbéliarde, moyennes représentant les 10 mois de lactation. On constate alors que le taux protéique des laits des primipares est inférieur à celui des multipares.

Par ailleurs, l'effet du numéro de lactation sur le taux protéique fait l'objet de résultats contradictoires. CRAPLET *et* THIBIER (1973) ont rapporté que le TP reste assez stable au cours de lactations successives. Par contre, AGABRIEL *et al.* (1990) supposent que le taux protéique des primipares est inférieur à celui des multipares. L'imbrication de la variation corporelle de la vache suite au vieillissement lié à l'âge, avec le numéro de lactation, peut expliquer ces résultats.

Cependant, et selon LEGARTO *et al.* (2014), les multipares ont des performances différentes des primipares. Les vaches en deuxième lactation produisent, selon la race, jusqu'à 0,8 g/kg de TP de plus que les primipares. Les écarts de performances entre multipares de rangs différents sont plus faibles.

3.1.3. Taux butyreux et d'acides gras :

La figure 26 montre l'évolution du taux butyreux et celui d'acides gras en fonction du numéro de lactation.

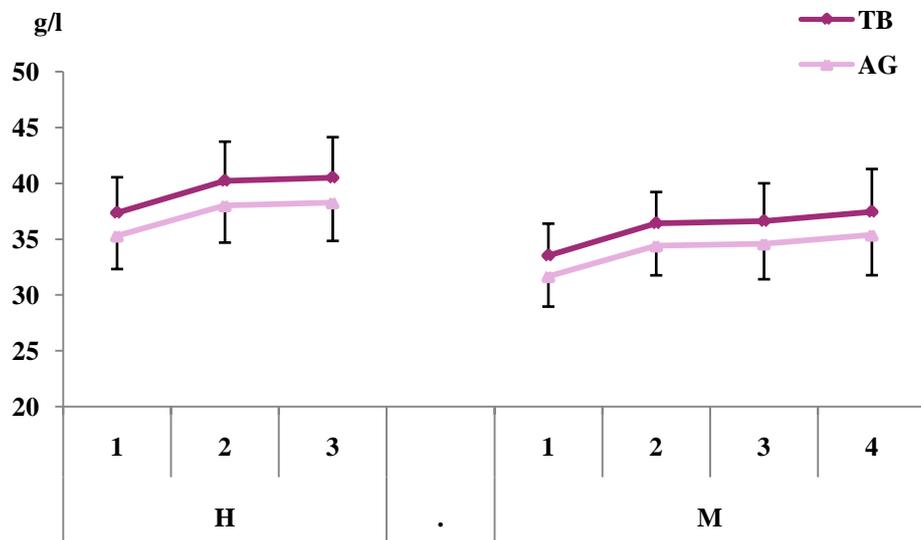


Figure 26 : Evolution du taux butyreux et d'acides gras en fonction du numéro de lactation

Pour les deux races Holstein et Montbéliarde, l'effet du numéro de lactation sur le taux butyreux demeure significatif, son maximum étant atteint au cours de la 3^{ème} lactation avec $40,50 \pm 3,63$ g/l pour la race H et au cours de la 4^{ème} lactation avec $37,45 \pm 3,83$ g/l pour la race M.

Toutefois, une amélioration du taux butyreux est observée entre les lactations, le TB passe de $33,37 \pm 3,17$ g/l à $40,22 \pm 3,51$ g/l pour atteindre sa valeur maximal à la 3^{ème} lactation chez la race H.

Chez la race M, il augmente de $33,52 \pm 2,87$ g/l à $36,41 \pm 2,81$ g/l en 2^{ème} lactation puis à $36,62 \pm 3,38$ g/l en 3^{ème} lactation pour atteindre son maximum en 4^{ème} lactation.

Le taux butyreux et le taux d'acides gras du lait suivent la même évolution avec l'avancement de la lactation. Le taux d'acides gras le plus élevé correspond, respectivement, à la 3^{ème} lactation dans le cas de la Holstein ($38,27 \pm 3,43$ g/l) et à la 4^{ème} lactation dans le cas de la Montbéliarde ($35,39 \pm 3,62$ g/l).

Le test Duncan, appliquée sur le taux butyreux et d'acides gras du lait en fonction du numéro de lactation, a permis d'étudier leur évolution significative par palier de signification.



Figure 27 : Evolution du taux butyreux et d'acides gras par palier de signification en fonction du numéro de lactation

L'évolution du taux butyreux et d'acides gras par palier de signification (Figure 27), est très semblable entre les deux races. Une augmentation significative est enregistrée à la 2^{ème} lactation pour la Holstein (à 40,36 g/l et à 38,14 g/l respectivement pour les TB et AG) et pour la Montbéliarde (à 36,83 g/l et à 34,80 g/l respectivement pour les TB et AG), avec des écarts respectifs de 2,99 et 3,31 g/l de TB pour H et M, et de 2,83 et 3,12 g/l d'AG pour H et M. Cette augmentation a été suivie d'une stabilisation jusqu'au dernier numéro de lactation étudié.

Toutefois, l'étude de MACHEBOEUF *et al.* (1993a) sur l'effet du numéro de lactation, faite sur trois races de vaches laitières, et sur les mêmes animaux au cours de deux lactations successives, a montré une baisse du TB entre la première et deuxième lactation mais qui reste non significative. D'après, CRAPLET et THIBIER (1973), le taux butyreux décroît lentement mais régulièrement dès la 2^{ème} lactation pour se stabiliser à partir de la cinquième lactation.

Par contre, les travaux de YENNEK (2010), consacrés à la relation entre l'évolution des performances zootechniques et un ensemble de facteurs qui les influencent dont la lactation, ont montré une augmentation proportionnelle du TB avec le numéro de lactation qui reste non

significative. Dans le même contexte, AGABRIEL *et al.* (1990) indiquent que les primipares ont un TB inférieur à ceux des multipares.

LEGARTO *et al.* (2014) constate également, que les multipares ont des performances différentes des primipares. Les vaches en deuxième lactation produisent, selon la race, jusqu'à 0,6 g/l de TB de plus que les primipares. Les écarts de TB entre multipares de numéro de lactation différents sont plus faibles.

Cependant, les variations du TB avec le numéro de lactation peuvent s'expliquer à la fois par des variations corporelles, par l'augmentation du tissu mammaire durant les premières gestations et ensuite par le vieillissement normal du tissu. On peut dire ainsi, qu'il y a une imbrication entre l'âge et le numéro de lactation.

3.1.4. Composition en acides gras :

L'effet du numéro de lactation sur la composition en acides gras est significatif chez les deux races Holstein et Montbéliarde (Tableaux 32, 33 et 34).

3.1.4.1. Acides gras saturés :

Le tableau 32 montre la variation de la composition en acides gras saturés entre les numéros de lactation étudiés, pour les deux races Holstein et Montbéliarde.

Tableau 32 : Variation de la composition en acides gras saturés de la matière grasse du lait en fonction du numéro de lactation

Numéro de lactation	Composition en acides gras saturés - AGS										
	C4:0	C6:0	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	autres	AGS	
Holstein	1	2,17±0,02 ^a	0,80±0,02 ^a	0,86±0,01 ^a	2,53±0,03	3,46±0,07 ^b	11,00±0,14 ^b	30,32±0,13 ^c	9,78±0,08 ^a	3,48	64,40±0,14 ^b
	2	1,84±0,04 ^b	0,71±0,04 ^b	0,82±0,02 ^b	2,45±0,05	3,67±0,03 ^a	11,38±0,04 ^a	31,10±0,14 ^b	9,57±0,07 ^b	3,43	64,97±0,11 ^a
	3	1,71±0,09 ^c	0,77±0,02 ^a	0,83±0,02 ^{a,b}	2,48±0,07	3,57±0,07 ^{a,b}	11,48 ±0,13 ^a	31,60±0,14 ^a	9,03±0,03 ^c	3,61	65,08±0,09 ^a
Montbéliarde	1	2,75±0,05 ^b	0,65±0,05 ^a	0,81±0,01 ^a	2,15±0,01	3,20±0,09 ^a	10,92±0,07 ^b	29,24±0,06 ^b	9,65±0,05	3,24	62,67±0,17 ^b
	2	2,85±0,05 ^a	0,34±0,03 ^b	0,73±0,03 ^b	2,14±0,02	3,04±0,05 ^a	11,32±0,01 ^a	30,05±0,06 ^a	9,57±0,15	3,36	63,46±0,14 ^a
	3	2,74±0,04 ^b	0,58±0,06 ^a	0,76±0,04 ^{a,b}	2,11±0,06	3,08±0,03 ^b	11,41±0,05 ^a	29,99±0,09 ^a	9,60±0,15	3,23	63,50±0,15 ^a
	4	2,79±0,04 ^b	0,64±0,04 ^a	0,74±0,03 ^b	2,10±0,05	2,95±0,02 ^c	11,46±0,09 ^a	30,11±0,11 ^a	9,66±0,08	3,19	63,64±0,21 ^a

Sur chaque colonne, et pour chaque race, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

La figure 28 présente l'évolution de la part des acides gras saturés (AGS) en fonction du numéro de lactation.

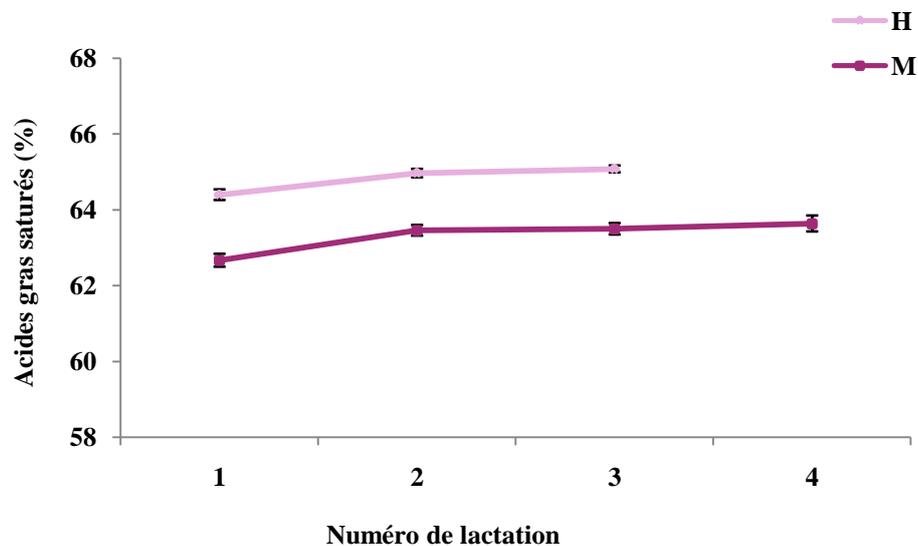


Figure 28 : Evolution du taux d'acides gras saturés en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M

Par rapport aux primipares des deux races, les matières grasses du lait produit par les multipares contiennent plus d'acides gras saturés (Figure 28). La part des acides gras saturés augmente alors, progressivement et significativement (Tableau 32), de $64,40 \pm 0,14$ % en 1^{ère} lactation à $64,97 \pm 0,11$ % en 2^{ème} lactation, puis à $65,08 \pm 0,09$ % en 3^{ème} lactation chez la Holstein. Chez la Montbéliarde, elle augmente aussi, de $62,67 \pm 0,17$ % en 1^{ère} lactation à $63,46 \pm 0,14$ %, à $63,50 \pm 0,15$ % puis à $63,64 \pm 0,21$ %, respectivement en 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} lactation.

Par ailleurs, et d'après la figure 29, la part des AGS augmente significativement chez les vaches en 2^{ème} lactation, pour se stabiliser, par la suite, en 3^{ème} et 4^{ème} lactation.

Cependant, le lait produit par les vaches en 2^{ème} lactation contient + 0,57 % et + 0,79 % d'AGS par rapport au lait produit par les primipares.

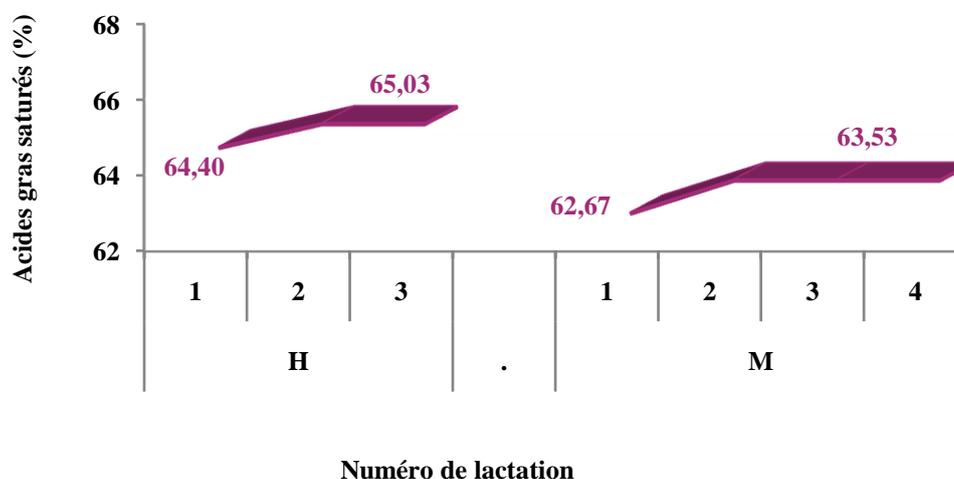


Figure 29 : Evolution de la part des acides gras saturés par palier de signification en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M

Selon LEGARTO *et al.* (2014), les acides gras produits en 2^{ème} lactation contiennent + 0,95 à + 1,15 % d'AGS selon les races, en comparaison avec la 1^{ère} lactation. Ces résultats confirment ceux de DELABY *et al.* (2002), qui rapportent 1,8 % d'AGS en moyenne entre les multipares et les primipares ; alors que CRANINX *et al.* (2008) ont observé un écart de pourcentages d'AGS de + 1,0 % chez les multipares par rapport aux primipares.

Egalement, selon ces mêmes auteurs, les écarts entre 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} lactation sont faibles : + 0,65 % d'AGS maximum pour le lait de la 4^{ème} lactation par rapport au lait de la 2^{ème}.

➤ Variation des teneurs en acides gras C14:0 et C16:0 :

Il est maintenant bien démontré que les acides stéarique (C18:0), palmitique (C16:0) et myristique (C14:0) voir laurique (C12:0), ont des métabolismes différents et qu'on ne doit surtout pas les considérer en bloc.

La part des acides myristique C14:0 (Figure 30) et palmitique C16:0 (Figure 31) suit la même évolution que celle des AGS. Elle augmente en fonction du numéro de lactation pour les deux races. La part de l'acide myristique C14:0 augmente progressivement avec des écarts de 0,10 à 0,48 % entre la 1^{ère} et la 3^{ème} lactation chez la race Holstein, et de 0,10 à 0,54 % entre la 1^{ère} et la 4^{ème} lactation chez la race Montbéliarde (Tableau 32). La fraction de l'acide palmitique C16:0 est majoritaire par rapport aux autres acides gras saturés. En effet, elle augmente

significativement de 0,50 à 1,28 % entre la 1^{ère} et la 3^{ème} lactation chez la race Holstein, et de 0,12 à 0,87 % entre la 1^{ère} et la 4^{ème} lactation chez la race Montbéliarde (Tableau 32).

Ces résultats confirment ceux de DELABY *et al.* (2002), qui rapportent + 0,3 % de C14:0 et + 0,2 % de C16:0 en moyenne ; ceux de CRANINX *et al.* (2008) qui ont observé des écarts de pourcentages des acides C14:0 et C16:0 respectivement de + 0,1 et + 1,8 % ; et ceux de LEGARTO *et al.* (2014) avec + 0,3 à + 0,4 de C14:0 et + 0,6 à +1,0 de C16:0 en moyenne chez les multipares par rapport aux primipares.

L'acide myristique a semblé d'abord être l'acide gras saturé induisant la plus forte augmentation de cholestérol plasmatique. Ceci a été ensuite infirmé (DABADIE *et al.*, 2006) par des études plus fines utilisant des quantités d'acides gras moins excessives et caricaturales. En outre, l'acide myristique pourrait aider l'organisme à synthétiser les acides gras n-3 à très longue chaîne EPA et DHA qui font souvent défaut, à condition de consommer aussi le précurseur α -linoléinique présent notamment dans certaines huiles végétales (colza, noix).

En revanche, l'acide palmitique (C16) est intensément synthétisé comme premier acide gras produit à partir du glucose et de l'acétate sans produire d'acides gras à chaînes plus courtes. L'acide palmitique apparaît comme le plus hypercholestérolémiant. On peut relier ces observations au fait que l'acide palmitique est le plus abondant des acides gras saturés néoformés et que c'est aussi le plus abondant des acides gras saturés d'origine alimentaire végétale ou animale. C'est donc celui dont l'accumulation est la plus spontanée dans les cellules (LEGRAND, 2008).

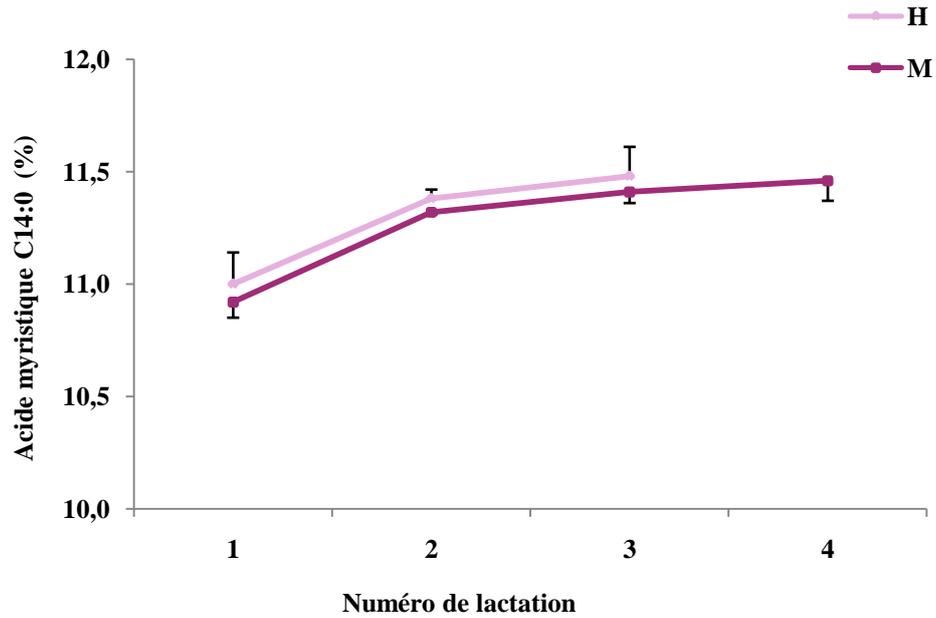


Figure 30 : Evolution de la part de l'acide myristique C14:0 en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M

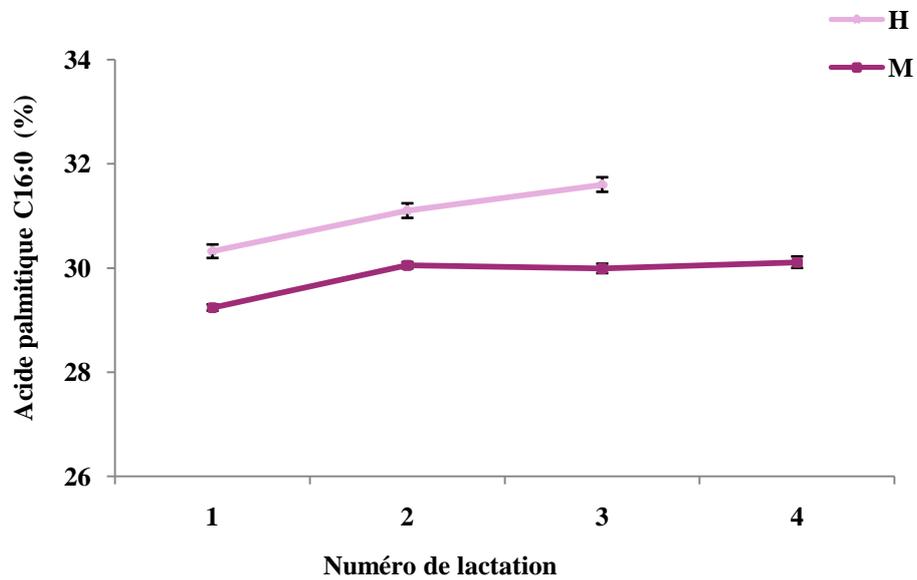


Figure 31 : Evolution de la part de l'acide palmitique C16:0 en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M

3.1.4.2. Acides gras mono-insaturés :

Les résultats de l'étude de la variation des acides gras mono-insaturés sont présentés dans le tableau 33.

Tableau 33 : Variation de la composition en acides gras mono-insaturés de la matière grasse du lait en fonction du numéro de lactation

Sur chaque colonne, et pour chaque race, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes,

Numéro de lactation	Composition en acides gras mono-insaturé - AGMI				
	16 :1	18:1	Autres	AGMI	
Holstein	1	1,97±0,02 ^a	27,33±0,06 ^a	0,50	29,80±0,12 ^a
	2	1,90±0,05 ^a	26,84±0,04 ^b	0,49	29,23±0,08 ^b
	3	1,88±0,04 ^b	26,25±0,10 ^c	0,50	29,13±0,14 ^b
Montbéliarde	1	2,57±0,03 ^a	28,50±0,01 ^a	0,52	31,59±0,17 ^a
	2	2,56±0,07 ^a	27,68±0,04 ^b	0,51	30,76±0,09 ^b
	3	2,52±0,02 ^a	27,71±0,01 ^b	0,52	30,75±0,14 ^b
	4	2,41±0,02 ^b	27,73±0,05 ^b	0,52	30,66±0,11 ^b

sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

La figure 32 présente l'évolution de la part des acides gras mono-insaturés (AGMI) en fonction du mois de lactation.

Inversement aux acides myristique et palmitique, le pourcentage des acides gras mono-insaturés (AGMI) présente les valeurs maximales en 1^{ère} lactation (29,80±0,12 % et 31,59±0,17% respectivement pour les races H et M) (Figure 32 ; Tableau 33). Il diminue ensuite progressivement, et de manière significative en 2^{ème} lactation à 29,18 % en moyenne avec un écart qui atteint 0,62 % chez la Holstein (Figure 33), et à 30,72 % avec un écart de 0,87 % chez la Montbéliarde. Il se stabilise autour de ces valeurs pour les lactations 3 et 4.

Ces variations sont en accord avec la littérature. CRANINX *et al.* (2008) et LEGARTO *et al.* (2014) rapportent des pourcentages maximaux en 1^{ère} lactation et qui diminue en 2^{ème} lactation, avec des écarts de 0,9 à 1,1 % selon la race. Ces pourcentages se stabilisent par la suite.

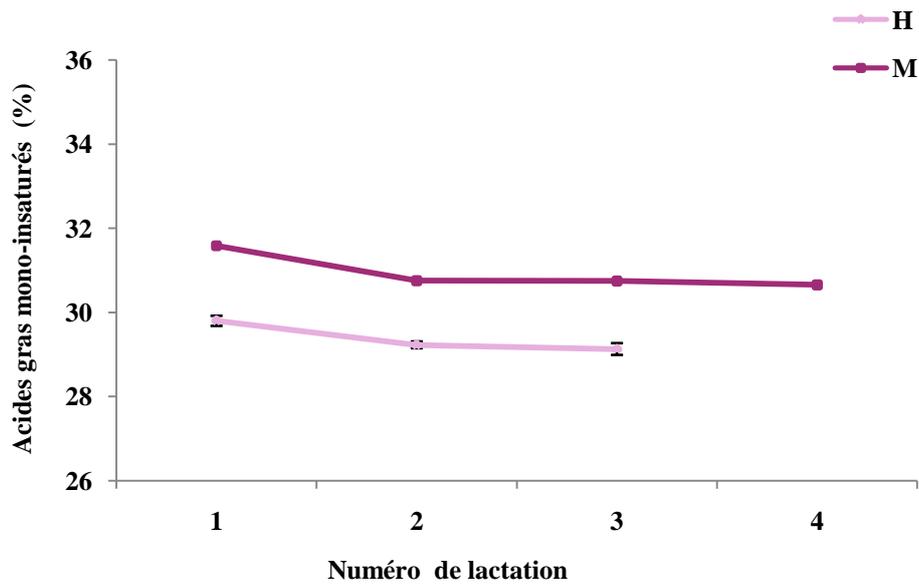


Figure 32 : Evolution de la part des acides gras mono-insaturés (AGMI) en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M

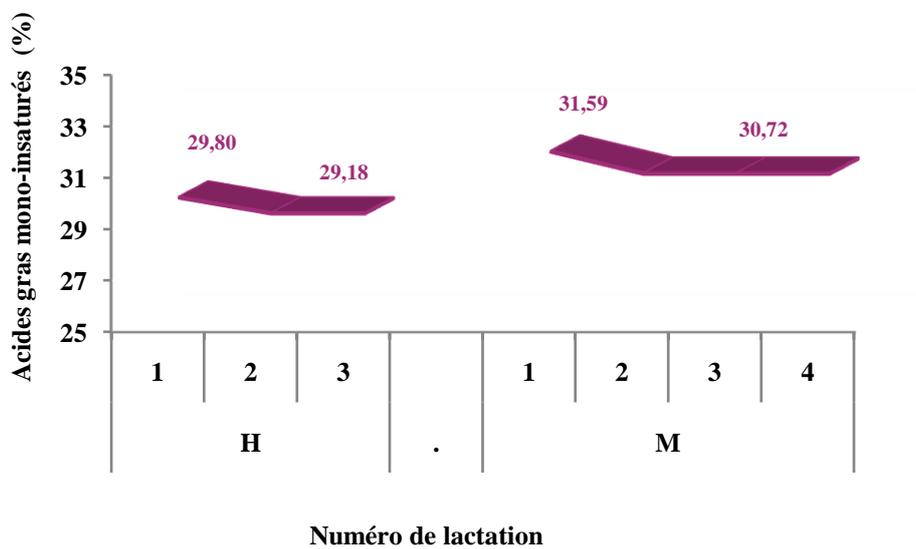


Figure 33 : Evolution de la part des acides gras mono-insaturés (AGMI) palier de signification en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M

➤ **Variation de la teneur en C18:1 :**

La figure 34 présente l'évolution de la part de l'acide oléique C18:1 en fonction du numéro de lactation.

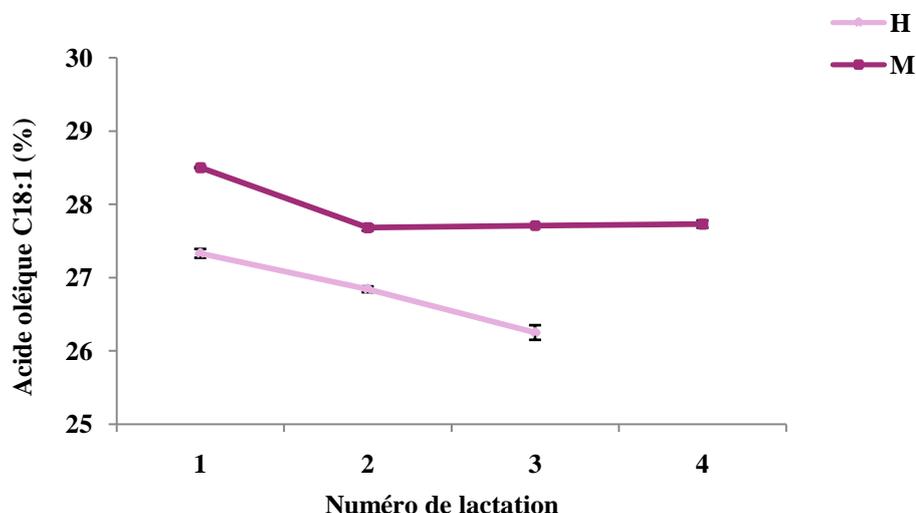


Figure 34 : Evolution de la part de l'acide oléique C18:1 en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M

Le pourcentage de l'acide C18:1 est inférieur chez les vaches en 2^{ème} lactation de 0,49 et 0,82%, respectivement pour la Holstein et la Montbéliarde par rapport aux primipares.

DELABY *et al.* (2002), rapportent un pourcentage d'acide gras C18:1 inférieur de 0,3 % en moyenne chez les multipares par rapport aux primipares ; alors qu'il est inférieur de 0,8 à 0,95 % selon les travaux de LEGARTO *et al.* (2014) et CRANINX *et al.* (2008). Après ce délai, ce pourcentage se stabilise.

Sur le plan cardio-vasculaire, la neutralité de l'acide oléique est un avantage important et il est admis depuis longtemps que le remplacement dans le régime d'acides gras saturés en excès par de l'acide oléique, réduit la cholestérolémie (GORDON *et* KRAEMER, 1995).

3.1.4.3. Acides gras poly-insaturés :

Les acides gras polyinsaturés comportent deux familles distinctes indépendantes puisqu'il n'y a pas de passage d'une famille à l'autre, et en compétition puisque les désaturases conduisant aux dérivés supérieurs sont communes. Les chefs de file : acide linoléique (pour oméga 6) et acide α -linoléique (pour oméga 3) sont des acides gras indispensables.

Les résultats de l'étude de la variation des taux d'acides gras poly-insaturés, en fonction du numéro de lactation, sont présentés dans le tableau 34.

Tableau 34 : Variation de la composition en acides gras poly-insaturés de la matière grasse du lait en fonction du numéro de lactation

Numéro de lactation		Composition en acides gras poly-insaturé - AGPI		
		18:2	18:3	AGPI
Holstein	1	5,55±0,10	0,25±0,03	5,80±0,10
	2	5,54±0,08	0,25±0,02	5,80±0,08
	3	5,54±0,10	0,25±0,02	5,79±0,12
Montbéliarde	1	5,50±0,01	0,24±0,02	5,74±0,01
	2	5,55±0,03	0,23±0,04	5,78±0,01
	3	5,51±0,02	0,23±0,08	5,74±0,03
	4	5,47±0,01	0,24±0,07	5,70±0,02

La figure 35 présente l'évolution de la part des acides gras poly-insaturés (AGPI) en fonction du numéro de lactation.

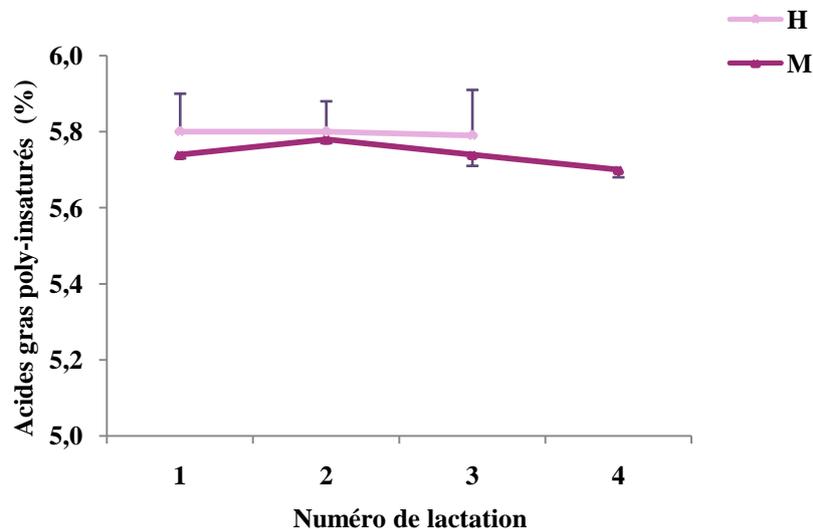


Figure 35 : Evolution de la part des acides gras poly-insaturés (AGPI) en fonction du numéro de lactation pour les deux races H et M

Aucun écart significatif de la part en AGPI entre numéros de lactation n'a été montré, résultat déjà confirmé par les travaux de LEGARTO *et al.* (2014), CRANINX *et al.* (2008), et DELABY *et al.* (2002).

Sur le plan lipidique, l'acide linoléique (C18:2) abaisse le cholestérol-LDL, mais aussi dans une moindre mesure le cholestérol-HDL. D'un point de vue épidémiologique les études d'observation ont mis en évidence une augmentation du risque cardiovasculaire aussi bien en cas de déficit d'apport que d'excès d'apport en acide linoléique et suggèrent un apport optimal de 4 % de l'apport énergétique total (LECERF, 2008).

Au contraire, les données sur les acides gras $\omega 3$ sont cohérentes en termes de prévention cardiovasculaire. La quasi-totalité des études d'observation relatives à la consommation de poisson et d'AGPI n-3, ou au taux de ces acides gras via la teneur tissulaire, reflet des apports alimentaires, montre une réduction des événements cardiovasculaires, coronariens, de la mortalité par cardiopathie ischémique de 30 % à 40 % lorsque l'apport est élevé (LECERF, 2008).

4. Conclusion :

L'étude de l'effet du numéro de lactation sur la composition du lait a permis de mettre en évidence une variabilité dans la richesse du lait en matières utiles. Ainsi, les taux protéique, butyreux et d'acides gras se sont améliorés très significativement. L'évolution des taux protéique, butyreux et d'acides gras est très semblable entre les deux races. Une augmentation significative est enregistrée à la 2^{ème} lactation pour les deux races, avec des écarts respectifs de 0,92, 2,99 et 2,83 g/l de TP, TB et d'AG pour la Holstein, et de 1,68, 3,31 et 3,12 g/l de TP, TB et d'AG pour la Montbéliarde. Cette augmentation a été suivie d'une stabilisation jusqu'au dernier numéro de lactation étudié. On constate alors que les taux protéique, butyreux et d'acides gras des laits des primipares sont inférieurs à ceux des multipares.

En revanche, la part des acides gras saturés augmente significativement chez les vaches en 2^{ème} lactation, pour se stabiliser relativement, par la suite, en 3^{ème} et 4^{ème} lactation. Le lait produit par les vaches en 2^{ème} lactation contient + 0,57 % et + 0,79 % d'AGS par rapport au lait produit par les primipares. La part des acides myristique C14:0 et palmitique C16:0 suit la même évolution que celle des AGS. Elle augmente progressivement pour les deux races.

Inversement aux acides gras saturés, le pourcentage des acides gras mono-insaturés (AGMI) présente les valeurs maximales en 1^{ère} lactation, et diminue ensuite progressivement en

2^{ème} lactation avec un écart qui atteint 0,62 % chez la Holstein, et 0,87 % chez la Montbéliarde. Il se stabilise autour de ces valeurs pour les lactations 3 et 4. Par ailleurs, aucun écart significatif de la part en AGPI entre numéros de lactation n'a été montré.

La variabilité testée, entre les différentes lactations n'a pas été significative pour l'ensemble des autres paramètres étudiés. Pour sa part, l'extrait sec total décrit une allure d'évolution quasi-linéaire, traduisant sa stabilité relative entre les différents numéros de lactation.

CHAPITRE IV

EFFET DE LA PÉRIODE DE LACTATION SUR LA COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE DU LAIT

1. Introduction :

Pour certains facteurs, comme le mois de lactation, l'éleveur n'a aucun moyen d'action, il est donc nécessaire de connaître les impacts de ce paramètre pour expliquer certaines variations de la composition du lait.

L'objectif de cet essai est d'étudier l'évolution des paramètres physico-chimiques du lait en fonction de la période de lactation (mois et stade de lactation).

2. Méthodologie :

2.1. Choix du cheptel :

Selon les critères de sélection, 215 vaches laitières de race Holstein (Tableau 35) ont été suivies pendant 10 mois de lactation, et 124 vaches laitières de race Montbéliarde pendant 7 mois de lactation.

La durée de lactation dépend surtout de la fertilité, de la santé de la vache et de la conduite du troupeau (BOICHARD *et* BONAÏTI, 1987). La durée de référence des lactations dans les systèmes d'évaluation génétique est classiquement fixée à 305 j, soit 10 mois. Le dépassement de cette durée étant le plus souvent dû à une mauvaise fertilité, il n'est pas souhaitable de favoriser les animaux ayant des durées de lactation trop longues. À l'inverse, 50 à 60% des lactations, selon la race et la parité, sont interrompues avant 305 j. Plusieurs cas peuvent être distingués, selon BARBAT *et al.* (1995) les raisons de l'interruption de la lactation chez les vaches sont :

- Interruption de la lactation purement accidentelle (accident ou mort de l'animal) ;
- Tarissement spontané, lié au faible potentiel laitier de l'animal ;
- Problèmes tels que la susceptibilité aux maladies ou l'adaptation à un système de production (par exemple, un tarissement pour cause de mammite).
- Ou bien lorsque la vache est tarie volontairement par l'éleveur, par exemple en cas de dépassement du quota laitier fixé.
- Enfin, la durée de lactation peut être limitée par la durée de gestation : en cas de réussite d'une insémination avant 80 j, l'animal n'a généralement pas le temps matériel de produire durant 305 j avant la mise bas suivante.

Dans le cas de la race Montbéliarde, sélectionnée dans cette étude, le tarissement précoce des vaches s’explique par la durée de lactation limitée par la durée de gestation, suite à des inséminations réussites. Selon BARBAT *et al.* (1995), dans cette situation, la cause de l’interruption précoce de la lactation n’étant pas liée au potentiel laitier de l’animal, son index ne devrait, logiquement, pas en être affecté.

Tableau 35 : Structure du cheptel étudié au cours de l’expérimentation

Ferme	Race		Total (Têtes)
	Holstein (Têtes)	Montbéliarde (Têtes)	
Lahyani	44	-	44
Brazi	29	-	29
Hadji	28	-	28
Labiba	32	25	57
ANDLESS	32	37	69
El-Boukhari	50	62	112
Total (Têtes)	215	124	339

2.2. Mode d’alimentation et abreuvement :

L’effet du mois de lactation a été étudié indépendamment des autres facteurs d’élevage des vaches laitières. L’élevage a été mené dans les conditions réelles avec le mode d’alimentation déjà suivi par les éleveurs.

L’abreuvement du cheptel se fait 3 à 4 fois par jours.

3. Résultats et discussion :

3.1. Composition chimique du lait :

En plus de l’effet du numéro de lactation, nous nous sommes intéressés à l’étude de l’effet du mois de lactation sur la composition chimique du lait. A cet effet, des analyses physico-chimiques ont été effectuées au cours de la période expérimentale et ont porté sur des

échantillons de lait prélevés à partir de chaque mois de lactation. Les résultats de ces analyses sont regroupés dans le tableau 36.

Par ailleurs, l'analyse de variance (ANOVA à 1 facteur) a été appliquée dans le but d'évaluer l'effet du mois de lactation sur les paramètres physico-chimiques du lait.

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que le mois de lactation a un effet hautement significative ($p < 0,01$) sur le pH, l'extrait sec total, le taux protéique, le taux butyreux, et le taux d'acides gras pour les deux races Holstein et Montbéliarde, et sur l'acidité, la densité et l'extrait sec dégraissé pour la Montbéliarde.

3.1.1. pH et acidité :

Le pH varie de manière significative en fonction du mois de lactation. Il présente les valeurs les plus faibles au cours du 3^{ème} mois de lactation ($6,54 \pm 0,05$ et $6,62 \pm 0,12$ respectivement pour les races H et M), et qui correspondent aux valeurs d'acidité les plus élevées observées pour le même mois ($18,29 \pm 1,11$ °D et $19,83 \pm 1,94$ °D respectivement pour les races H et M).

Selon le test de Duncan, les valeurs du pH et de l'acidité des autres mois de lactation sont relativement stables (Tableau 36), et sont conformes aux normes : 6,6 – 6,8 pour le pH et 16 – 18 °D pour l'acidité (VIGNOLA, 2002).

Ces résultats corroborent les résultats bibliographiques selon lesquels le lait en début de lactation est légèrement acide : 19 à 20 °D, alors que celui de la fin de lactation est moins acide : 15 °D (COULON *et al.* 1988 ; MATHIEU, 1998).

Tableau 36 : Résultats de la variation des différents paramètres du lait en fonction du mois de lactation pour les races H et M

	Mois de lactation	Paramètres physicochimiques							
		pH	Acidité (°D)	Densité	EST (g/l)	ESD (g/l)	TP (g/l)	TB (g/l)	AG (g/l)
Holstein	1	6,65±0,09 ^a	17,02±1,38	1,031±0,001	124,29±4,68 ^a	84,63±4,99	33,22±1,03 ^a	39,66±4,05 ^b	37,48±3,82 ^b
	2	6,62±0,09 ^a	17,19±1,42	1,031±0,001	123,38±7,41 ^a	84,39±5,71	32,41±1,27 ^a	38,99±3,60 ^b	36,85±3,40 ^b
	3	6,54±0,05 ^b	18,29±1,11	1,030±0,002	115,33±7,83 ^b	81,01±6,41	30,27±0,39 ^b	34,31±2,84 ^c	32,42±2,68 ^c
	4	6,62±0,08 ^a	16,59±1,21	1,030±0,006	124,46±7,96 ^a	84,58±4,95	32,99±2,49 ^a	39,88±4,69 ^b	37,69±4,43 ^b
	5	6,62±0,08 ^a	16,88±1,36	1,031±0,004	124,14±12,46 ^a	85,05±9,98	33,12±2,11 ^a	39,09±5,17 ^b	36,94±4,88 ^b
	6	6,66±0,08 ^a	16,93±1,21	1,032±0,002	125,27±9,80 ^a	86,34±6,75	33,42±3,23 ^a	38,93±4,67 ^b	36,79±4,41 ^b
	7	6,69±0,08 ^a	16,28±0,94	1,032±0,001	127,31±6,50 ^a	87,34±2,84	33,72±0,73 ^a	39,97±3,95 ^b	37,77±3,73 ^b
	8	6,69±0,08 ^a	16,86±1,23	1,031±0,002	122,76±5,98 ^a	84,82±5,60	33,70±1,03 ^a	37,94±3,22 ^b	35,85±3,04 ^b
	9	6,65±0,07 ^a	16,64±0,92	1,032±0,001	128,40±4,99 ^a	86,35±2,51	33,83±1,50 ^a	42,05±3,10 ^a	39,74±2,92 ^{a,b}
	10	6,64±0,11 ^a	16,80±1,30	1,031±0,001	129,32±6,15 ^a	84,78±4,12	33,95±0,68 ^a	44,54±2,08 ^a	42,09±1,96 ^a
Montbéliarde	1	6,67±0,06 ^a	17,58±1,68	1,029±0,002 ^b	123,94±7,03 ^a	85,32±6,72 ^b	32,13±1,17 ^a	38,62±1,61 ^b	36,50±1,52 ^{a,b}
	2	6,63±0,09 ^a	17,13±2,47	1,030±0,002 ^b	119,72±6,56 ^a	85,72±5,37 ^b	31,73±1,35 ^b	34,00±2,20 ^c	32,13±2,08 ^b
	3	6,62±0,12 ^b	19,83±1,94	1,032±0,003 ^a	121,46±6,04 ^a	89,13±7,28 ^a	29,00±1,55 ^c	32,33±1,51 ^d	30,55±1,42 ^c
	4	6,64±0,10 ^a	19,00±2,58	1,028±0,002 ^b	118,45±6,06 ^a	82,35±6,38 ^{b,c}	33,08±2,79 ^a	36,10±2,18 ^b	34,11±2,06 ^{a,b}
	5	6,64±0,11 ^a	18,33±2,94	1,026±0,002 ^c	119,04±6,94 ^a	80,04±5,53 ^c	32,85±2,02 ^a	39,00±3,10 ^a	36,86±6,71 ^a
	6	6,71±0,02 ^a	17,50±1,00	1,026±0,002 ^c	113,76±5,45 ^b	76,93±5,89 ^c	33,98±1,62 ^a	36,83±3,66 ^b	34,80±3,45 ^{a,b}
	7	6,71±0,05 ^a	16,55±0,88	1,027±0,002 ^b	115,76±6,38 ^b	78,65±5,85 ^{b,c}	34,19±2,18 ^a	37,11±4,26 ^b	35,07±4,02 ^{a,b}

Sur chaque colonne, et pour chaque race, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

3.1.2. Extrait sec total (EST) :

La figure 36 permet d'apprécier les fluctuations de l'EST en fonction du mois de lactation. On constate qu'il évolue différemment entre les deux races Holstein et Montbéliarde, au cours des mois. Il augmente progressivement, dans le cas de la race Holstein, décrit deux chutes au 3^{ème} et au 8^{ème} mois (respectivement de $115,33 \pm 7,83$ g/l et $122,76 \pm 5,98$ g/l), puis atteint une valeur maximale au terme du 10^{ème} mois de lactation ($129,32 \pm 6,15$ g/l), avec des écarts atteignant 13,99 g/l entre les mois extrêmes.

Il diminue progressivement jusqu'à la fin de la lactation, chez la race Montbéliarde, de $123,94 \pm 7,03$ g/l à $115,76 \pm 6,38$ g/l, avec des écarts atteignant 10,18 g/l entre les mois extrêmes.

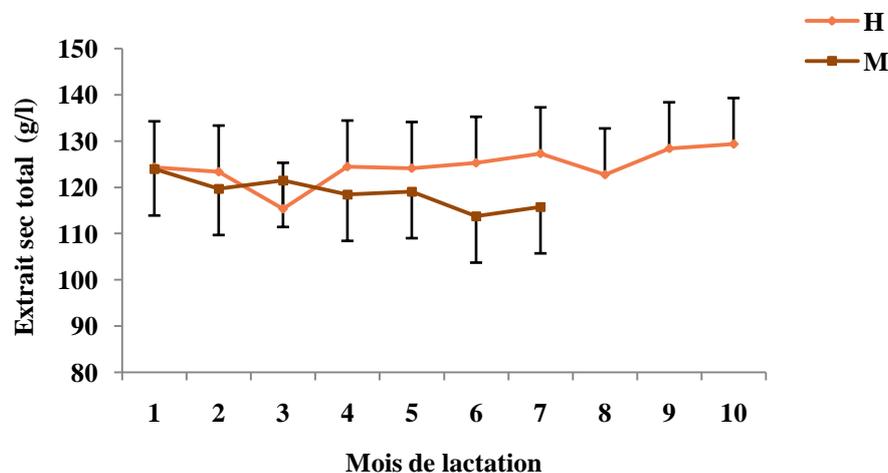


Figure 36 : Evolution de l'extrait sec total en fonction du mois de lactation pour les deux races H et M

Par ailleurs, l'évolution de l'EST en fonction du stade de lactation (Figure 37), a été étudiée. Pour cela, 3 stades de lactation ont été pris en considération au cours de cette étude, à savoir : début, milieu et fin de lactation. Le 1^{er} stade représente la moyenne des 3 premiers mois de lactation ; le 2^{ème} stade, celle du 4-5 et 6^{ème} mois ; et le dernier stade, celle du 7-8-9 et 10^{ème} mois pour Holstein et uniquement du 7^{ème} mois pour Montbéliarde.

Cette évolution confirme les résultats précédents. L'EST est à son minimum en début de lactation pour la race H avec $121,00 \pm 6,64$ g/l. Il augmente en milieu de lactation à $124,62 \pm 10,07$ g/l pour atteindre son maximum en fin de lactation avec $126,95 \pm 5,91$ g/l.

Par contre, chez la race Montbéliarde, l'EST évolue inversement. Il est à son maximum en début de lactation ($121,71 \pm 6,54$ g/l), puis il diminue à $117,08 \pm 6,15$ g/l au milieu de lactation, et à $115,76 \pm 6,38$ g/l en fin de la lactation.

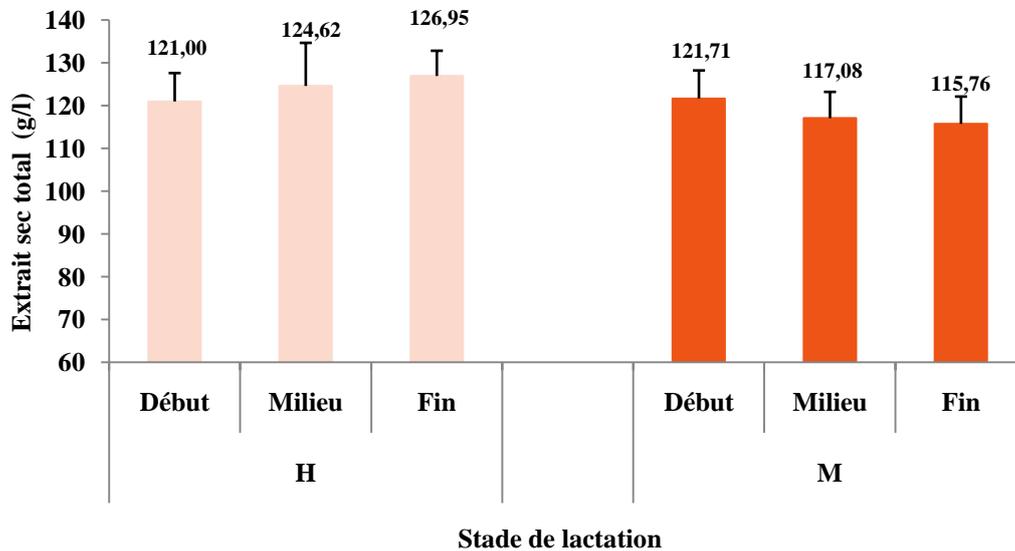


Figure 37 : Variation de l'extrait sec total entre début, milieu et fin de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

3.1.3. Extrait sec dégraissé (ESD) :

Les solides non gras, appelés également extrait sec dégraissé, s'agiraient de tous les solides du lait moins la matière grasse (VIGNOLA, 2002). La figure 38, illustre l'évolution de l'ESD en fonction des mois de lactation.

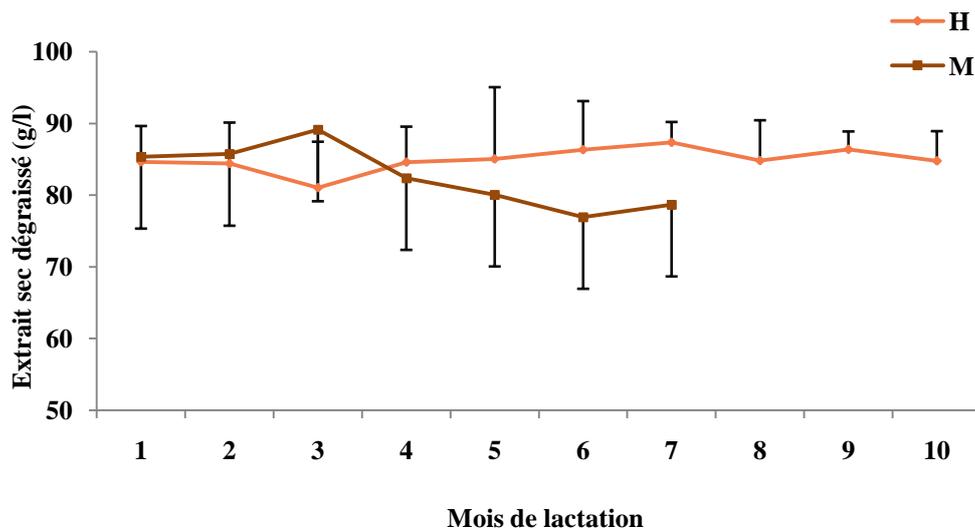


Figure 38 : Evolution de l'extrait sec dégraissé en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

La courbe d'évolution de l'extrait sec dégraissé en fonction du mois de lactation (Figure 38) indique une légère augmentation non significative dans le cas de la race Holstein, dans l'intervalle des valeurs de $81,02 \pm 6,41$ g/l à $87,34 \pm 2,84$ g/l.

Par contre, dans le cas de la race Montbéliarde, elle indique, une augmentation significative ($p < 0,05$) de l'ESD jusqu'au 3^{ème} mois : $89,13 \pm 7,28$ g/l, suivi d'une diminution, significative également, pour atteindre une valeur de $78,65 \pm 5,85$ g/l à la fin de la lactation. Ce résultat peut être expliqué du fait que le TB augmente au fil des mois de lactation. Pour cette raison, l'évolution de l'ESD est inversement proportionnelle à celle du TB (Tableau 36).

La lecture des résultats par stade de lactation (Figure 49) permet de mieux expliquer ces variations. L'ESD augmente de $83,35 \pm 5,7$ g/l en début de lactation, à $85,32 \pm 7,23$ g/l au milieu de lactation, puis à $85,82 \pm 3,77$ g/l à la fin de la lactation dans le cas de la Holstein. Par contre, dans le cas de la Montbéliarde, l'ESD est maximal en début de lactation ($86,72 \pm 6,46$ g/l), puis diminue au milieu ($79,77 \pm 5,93$ g/l) jusqu'au stade final de lactation ($78,65 \pm 5,85$ g/l).

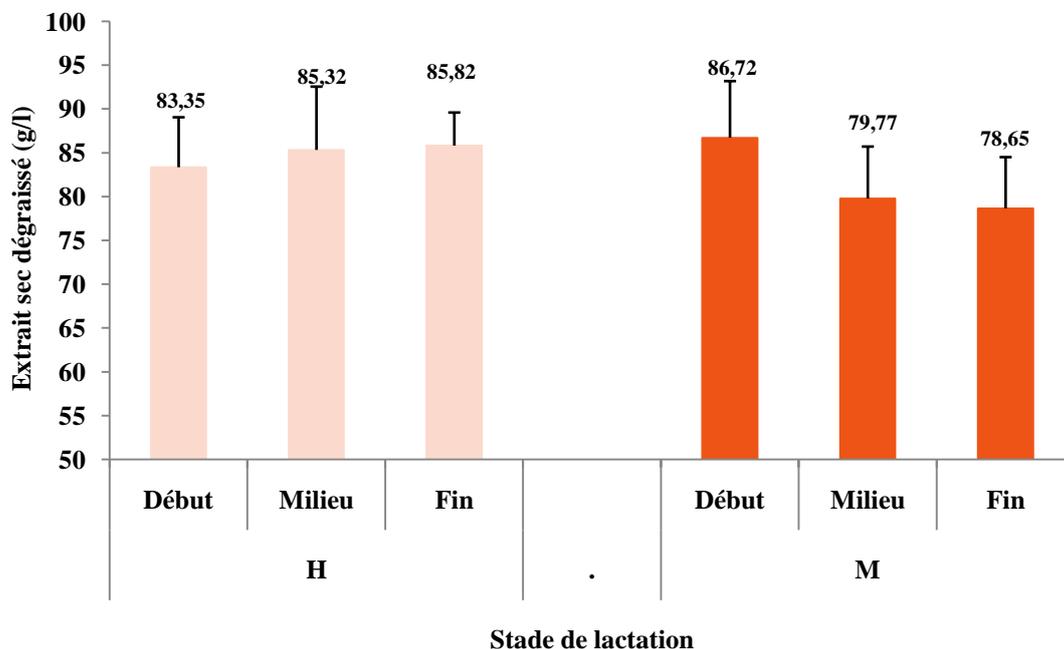


Figure 49 : Variation de l'extrait sec dégraissé entre début, milieu et fin de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

3.1.4. Taux protéique :

Le test d'ANOVA démontre que le mois de lactation a un effet hautement significatif sur les protéines du lait ($p < 0,01$).

La figure 40 présente l'évolution du taux protéique en fonction des mois de lactation.

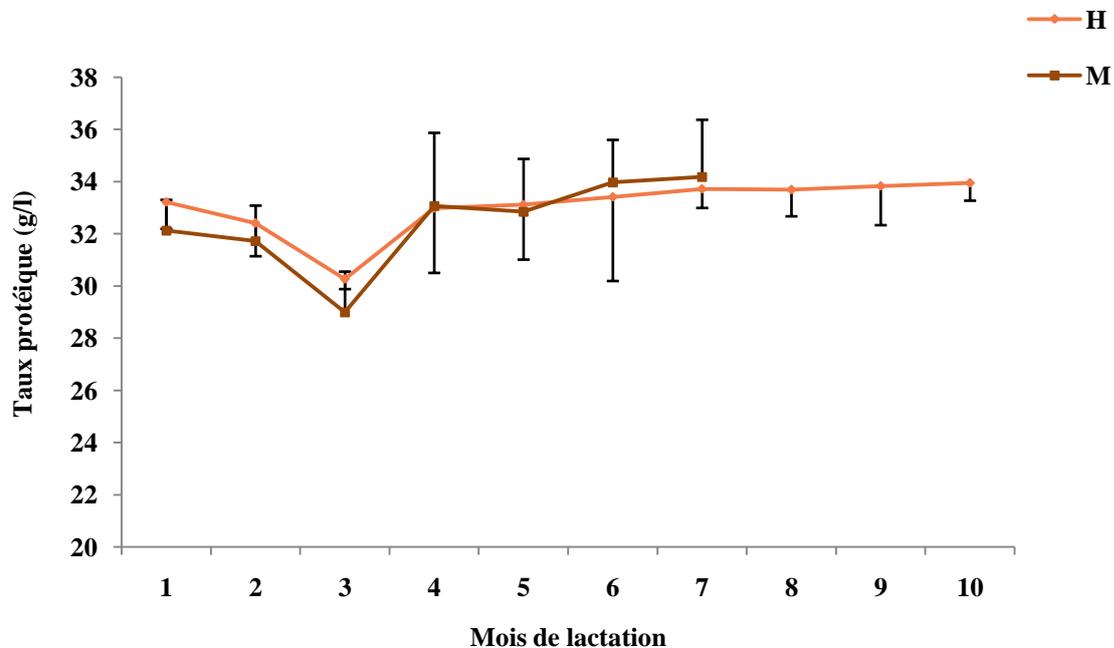


Figure 40 : Evolution du taux protéique en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

L'allure de l'évolution du taux protéique est semblable entre les deux races H et M. Le TP diminue à partir de 2^{ème} mois de lactation, pour atteindre son minimum au 3^{ème} mois, respectivement à $30,27 \pm 0,39$ g/l et $29,00 \pm 1,55$ g/l pour H et M, avec des écarts respectifs de 2,95 g/l et 3,13 g/l.

Le TP augmente ensuite, au 4^{ème} mois de 2,72 g/l ($32,99 \pm 2,49$ g/l) et de 4,08 g/l ($33,08 \pm 2,79$ g/l) respectivement pour H et M. Cette augmentation persiste jusqu'à la fin de la lactation, mais avec des écarts ne dépassant pas 0,3 g/l entre les mois extrêmes pour les deux races.

Ces résultats confirment ceux de LEGARTO *et al.* (2014) et COULON *et al.* (1991) qui rapportent des taux maximaux en début de lactation, minimaux autour du 2 - 3^{ème} mois, et en hausse jusqu'à la fin de la lactation. AGABRIEL *et al.* (1990) et COULON *et al.* (1988) ont signalé toutefois, que la valeur du TP entre le 2^{ème} et le 3^{ème} mois n'est pas tout à fait la valeur minimale des dix mois de lactation.

Par ailleurs, l'étude de l'évolution du TP par palier de signification (Figure 41) indique que ce dernier, diminue significativement au 3^{ème} mois chez Holstein à 30,27 g/l, il augmente ensuite, significativement, au 4^{ème} mois pour se stabiliser au même niveau du 1^{er} mois jusqu'à la fin de la lactation.

Chez la race Montbéliarde, le TP diminue significativement à 2 niveaux : 2^{ème} (31,73 g/l) et 3^{ème} mois (29,00 g/l), avant qu'il augmente significativement, au même niveau du 1^{er} mois à partir du 4^{ème} mois de lactation (figure 41).

Selon LEGARTO *et al.* (2014), le TP atteint son minimum autour du pic de lactation.

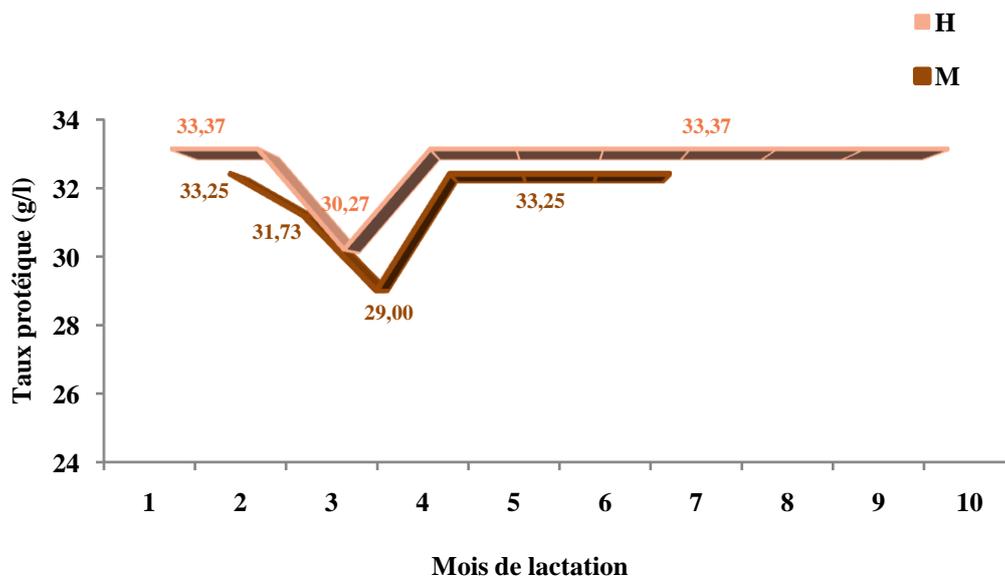


Figure 41 : Evolution du taux protéique moyen par palier de signification en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

En outre, l'évolution du TP en fonction du stade de lactation a été étudiée (Figure 42).

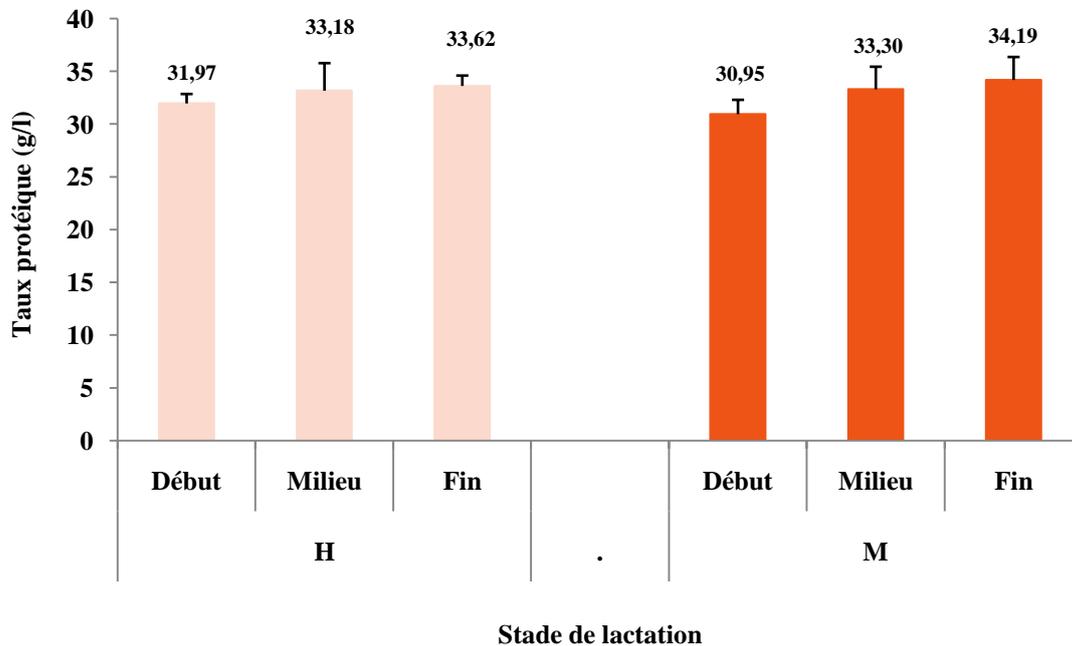


Figure 42 : Variation du taux protéique entre début, milieu et fin de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

Cette étude indique qu'il est à son minimum en début de lactation pour les deux races H et M, respectivement de $31,97 \pm 0,9$ g/l et de $30,95 \pm 2,14$ g/l. Cela est lié à la diminution enregistrée au 2^{ème} et 3^{ème} mois de lactation.

Il est en hausse jusqu'à la fin de lactation. Il augmente en milieu de lactation à $33,18 \pm 2,61$ g/l et $33,30 \pm 2,14$ g/l respectivement pour les races H et M pour atteindre les valeurs maximales en fin de lactation ($33,62 \pm 0,99$ g/l et $34,19 \pm 2,18$ g/l respectivement pour H et M).

Selon SCHULTZ *et al.* (1990), COULON *et* REMOND (1991) et AGABRIEL *et al.* (2001), le stade de lactation est un facteur de variation majeur de la composition du lait.

3.1.5. Taux butyreux et d'acides gras :

La figure ci-dessous illustre l'évolution des taux butyreux avec l'avancement du stade de lactation.

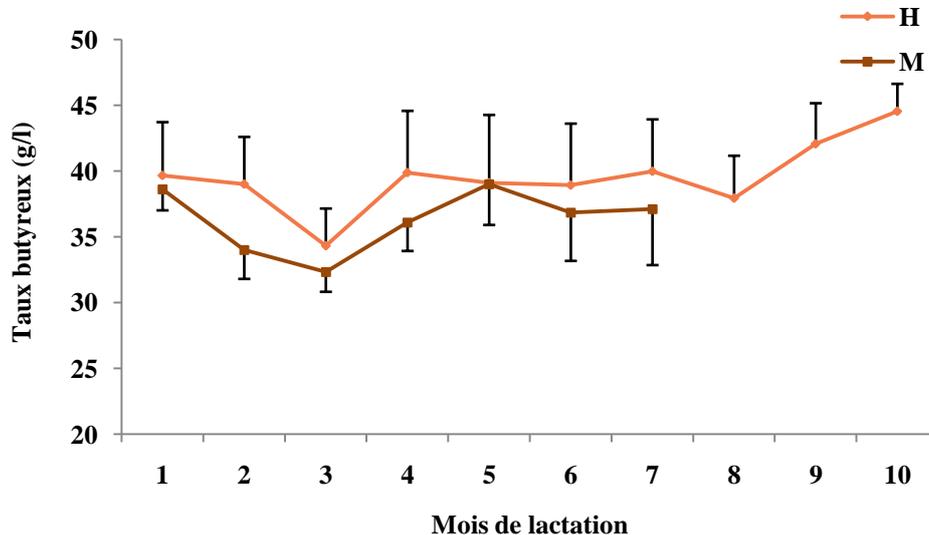


Figure 43 : Evolution du taux butyreux en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

Le taux butyreux diminue à partir du 2^{ème} mois de lactation, pour atteindre son minimum au 3^{ème} mois, respectivement à $34,31 \pm 2,84$ g/l et $32,33 \pm 1,51$ g/l pour H et M, avec des écarts respectifs de 5,35 g/l et 6,29 g/l.

Le taux butyreux augmente ensuite, au 4^{ème} mois de 5,57 g/l ($39,88 \pm 4,69$ g/l) et de 3,77 g/l ($36,10 \pm 2,18$ g/l) respectivement pour H et M. Le TB augmente, ensuite progressivement jusqu'à la fin de la lactation, avec des écarts ne dépassant pas 6,60 g/l et 2,90 g/l entre les mois extrêmes, respectivement pour Holstein et Montbéliarde. En outre, le TB enregistre un pic au 5^{ème} mois de lactation pour la race Montbéliarde, avec $39,00 \pm 3,10$ g/l ; alors que la valeur maximale du TB est évaluée au 10^{ème} mois de lactation pour la race Holstein, avec $44,54 \pm 2,08$ g/l.

Ces résultats confirment ceux de plusieurs auteurs (LEGARTO *et al.*, 2014 ; CROGUENEC *et al.*, 2008 ; JOUZIER *et* WHEN, 1995 ; COULON *et al.*, 1991 ; AGABRIEL *et al.*, 1990), qui rapportent que le TB atteint son minimum autour du 2 - 3^{ème} mois de lactation puis augmente de 5,5 à 7,2 g/l, selon la race, jusqu'à la fin de la lactation.

Cependant, la valeur maximale du taux butyreux, enregistrée au cours du 5^{ème} mois de lactation, correspond à la valeur la plus faible de la densité (1,026±0,002) qui varie de manière significative chez la race Montbéliarde. Inversement, le taux butyreux le plus faible correspond à la valeur de densité la plus élevée (1,032±0,003). La densité évolue de manière inversement proportionnelle à celle du TB.

En outre, la diminution de la densité avec l'avancement de la lactation est un résultat déjà montré par YENNEK (2010).

Par ailleurs, l'étude de l'évolution du TB par palier de signification (Figure 44), indique que ce dernier, diminue significativement au 3^{ème} mois chez la race Holstein à 34,31 g/l. Il augmente ensuite, significativement, au 4^{ème} mois pour se stabiliser jusqu'au 8^{ème} mois autour de 39,21 g/l. Il augmente après, significativement, à 43,30 g/l jusqu'à la fin de la lactation.

Chez la race Montbéliarde, le TB diminue significativement au 2^{ème} mois (34,00 g/l) puis au 3^{ème} mois (32,33 g/l), avant d'augmenter significativement à 37,17 g/l à partir du 4^{ème} mois jusqu'à la fin de la lactation, enregistrant ainsi, un pic autour d'une moyenne de 39,00 g/l au 5^{ème} mois (Figure 44).

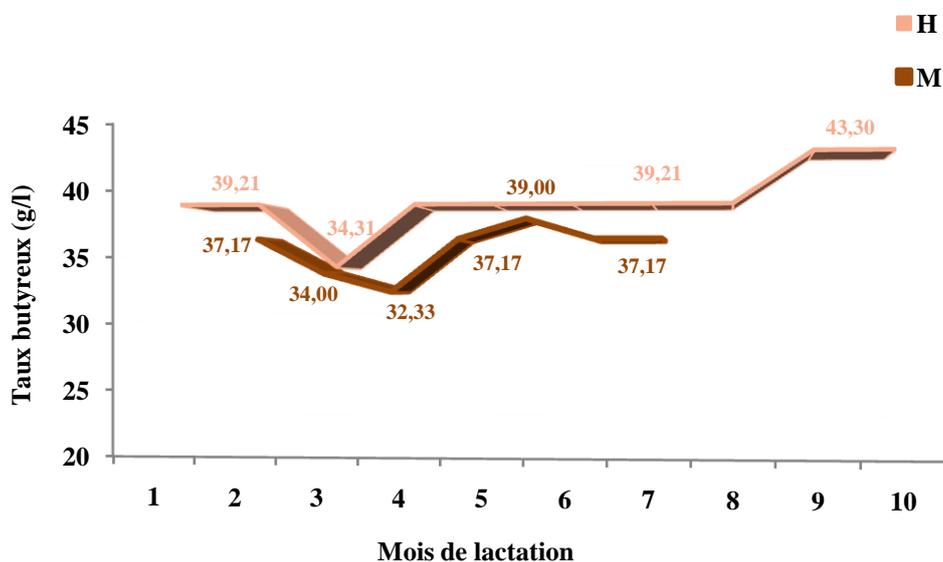


Figure 44 : Evolution du taux butyreux moyen par palier de signification en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

En outre, l'évolution du TB en fonction du stade de lactation a été étudiée (Figure 45).

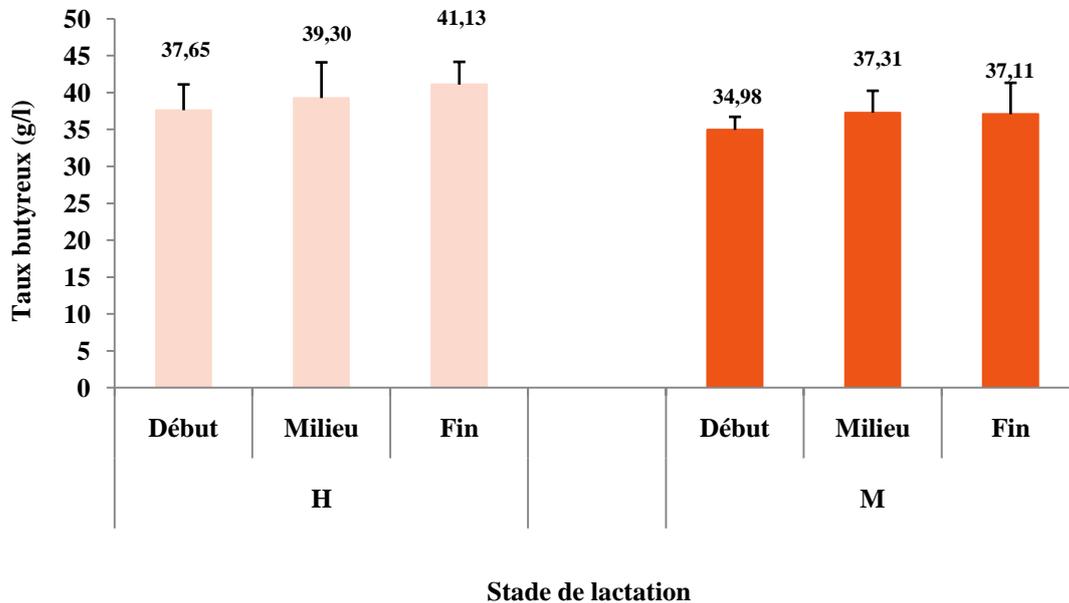


Figure 45 : Variation du taux butyreux entre début, milieu et fin de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

Cette étude (Figure 45), indique que le taux butyreux est à son minimum en début de lactation pour les deux races H et M, respectivement de $37,65 \pm 3,5$ g/l et de $34,98 \pm 1,77$ g/l. Ces valeurs minimales sont liées directement, à sa diminution au 2^{ème} et 3^{ème} mois de lactation.

Il augmente en milieu de lactation à $39,30 \pm 4,84$ g/l et $37,31 \pm 2,98$ g/l respectivement pour les races H et M pour atteindre les valeurs maximales en fin de lactation ($41,13 \pm 3,09$ g/l) pour Holstein et se stabiliser à $37,11 \pm 4,26$ g/l pour Montbéliarde.

Par ailleurs, La courbe reflétant les variations du taux d'acides gras en fonction des mois de lactation (Figure 46), décrit la même allure que celle obtenue avec le taux butyreux.

Le taux d'acides gras présente un minimum respectivement en 2^{ème} et 3^{ème} mois de lactation (valeurs respectives : $36,85 \pm 3,40$ g/l et $32,42 \pm 2,68$ g/l pour la race H, et $32,13 \pm 2,08$ g/l et $30,55 \pm 1,42$ g/l pour la race M), et augmentent ensuite, jusqu'au tarissement. Il présente une valeur maximale au 10^{ème} mois chez la Holstein ($42,09 \pm 1,96$ g/l) et au 5^{ème} mois chez la Montbéliarde ($36,86 \pm 6,71$ g/l).

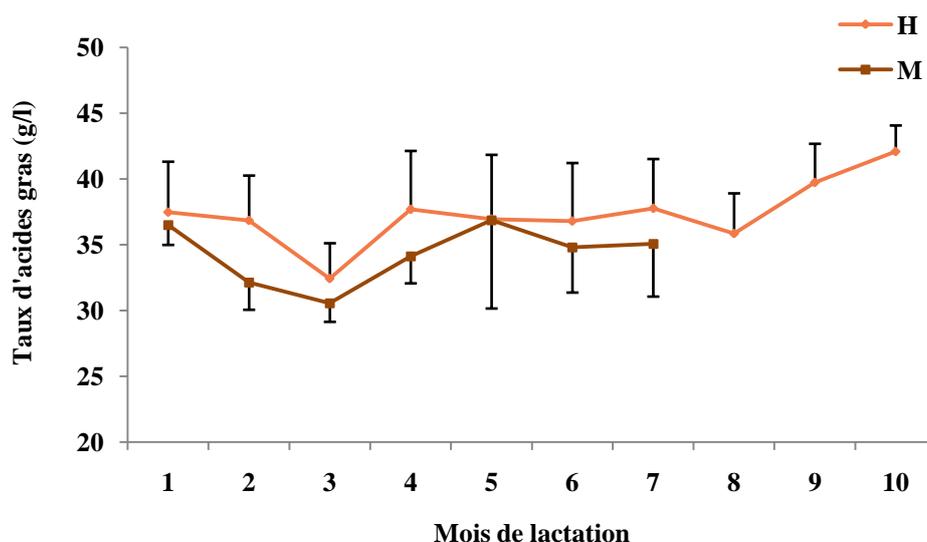


Figure 46 : Evolution du taux d'acides gras en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

3.1.6. Composition en acides gras :

L'effet du mois de lactation sur le profil en acides gras est marqué et similaire dans les deux races Holstein et Montbéliarde (Tableau 37, 38 et 39).

3.1.6.1. Acides gras saturés :

Principal représentant des acides gras du lait, les acides gras saturés (AGS) sont réputés nocifs quand ils sont consommés en excès dans un régime alimentaire. Il ne faut toutefois plus les considérer en bloc mais bien de façon individuelle car ils n'ont pas tous des effets délétères. Par exemple, les acides gras courts ont un effet hypocholestérolémiant (ROUILLE *et* MONTOURCY, 2010).

Les résultats de l'étude de l'évolution des acides gras saturés sont présentés dans le tableau 37.

Tableau 37 : Variation de la composition en acides gras saturés de la matière grasse du lait en fonction du mois de lactation

Mois de lactation	Composition en acides gras saturés - AGS										
	4 :0	6 :0	8 :0	10 :0	12 :0	14 :0	16 :0	18 :0	autres	AGS	
Holstein	1	3,62±0,02 ^a	0,96±0,06 ^a	1,02±0,02 ^a	2,45±0,05 ^b	2,85±0,05 ^c	8,30±0,05 ^c	26,78±0,38 ^c	11,62±0,35 ^a	3,09	60,68±1,18 ^c
	2	3,59±0,01 ^a	0,81±0,01 ^a	0,96±0,06 ^a	2,47±0,07 ^b	2,83±0,03 ^c	8,81±0,21 ^c	27,36±0,36 ^c	11,42±0,18 ^a	2,86	61,11±0,87 ^c
	3	2,47±0,05 ^b	0,86±0,07 ^a	0,83±0,03 ^a	3,02±0,03 ^a	3,99±0,09 ^a	9,04±0,06 ^c	27,91±0,41 ^c	11,51±0,13 ^a	3,52	63,16±0,57 ^b
	4	2,09±0,09 ^c	0,34±0,04 ^b	0,91±0,01 ^b	2,43±0,03 ^b	4,21±0,01 ^a	9,50±0,10 ^b	29,45±0,45 ^b	11,29±0,09 ^a	3,52	63,74±1,06 ^b
	5	1,61±0,01 ^d	0,81±0,01 ^a	0,54±0,04 ^a	2,03±0,03 ^c	2,85±0,45 ^c	11,61±0,21 ^a	31,81±0,41 ^a	9,30±0,12 ^b	3,27	63,83±1,20 ^b
	6	1,65±0,05 ^d	0,82±0,02 ^a	0,84±0,04 ^a	2,48±0,08 ^b	3,57±0,17 ^b	12,56±0,16 ^a	31,95±0,20 ^a	8,93±0,09 ^c	3,56	66,35±0,98 ^a
	7	1,79±0,06 ^d	0,79±0,09 ^a	0,96±0,06 ^a	2,67±0,07 ^b	3,89±0,09 ^b	12,67±0,07 ^a	32,13±0,21 ^a	8,15±0,15 ^d	3,32	66,37±1,01 ^a
	8	1,61±0,03 ^d	0,84±0,04 ^a	0,84±0,04 ^a	2,64±0,07 ^b	3,45±0,05 ^b	12,48±0,08 ^a	31,80±0,40 ^a	8,62±0,22 ^d	3,79	66,07±1,13 ^a
	9	1,68±0,08 ^d	0,89±0,09 ^a	0,88±0,04 ^a	2,54±0,04 ^b	3,58±0,08 ^b	12,51±0,11 ^a	31,82±0,18 ^a	8,51±0,11 ^d	4,03	66,44±0,88 ^a
	10	1,57±0,07 ^d	0,91±0,11 ^a	0,81±0,01 ^a	2,59±0,09 ^b	3,41±0,01 ^b	12,56±0,10 ^a	32,22±0,22 ^a	8,42±0,12 ^d	3,80	66,28±1,04 ^a
Montbéliarde	1	3,54±0,02 ^a	0,38±0,04 ^a	0,89±0,05 ^a	2,44±0,05 ^b	3,18±0,03 ^b	8,49±0,09 ^c	25,76±0,79 ^d	11,24±0,24 ^a	3,19	59,11±0,60 ^d
	2	2,78±0,01 ^b	0,35±0,01 ^a	0,91±0,01 ^a	1,55±0,01 ^c	2,30±0,05 ^c	9,10±0,11 ^c	27,61±0,51 ^c	11,54±0,42 ^a	3,09	59,23±0,18 ^d
	3	3,27±0,03 ^c	0,42±0,01 ^a	0,33±0,02 ^a	1,55±0,02 ^c	2,41±0,01 ^c	9,59±0,06 ^c	29,31±0,31 ^b	11,49±0,41 ^a	2,72	61,09±0,18 ^c
	4	2,84±0,01 ^d	0,16±0,01 ^b	0,97±0,07 ^b	2,59±0,01 ^b	2,42±0,02 ^c	11,73±0,03 ^b	29,80±0,45 ^b	8,81±0,28 ^b	3,28	62,61±0,25 ^b
	5	2,64±0,02 ^d	0,41±0,02 ^a	0,85±0,02 ^a	2,45±0,03 ^b	3,75±0,02 ^a	12,10±0,15 ^b	30,43±0,43 ^a	8,74±0,04 ^b	3,52	64,88±0,35 ^a
	6	2,21±0,01 ^e	0,39±0,01 ^a	0,85±0,01 ^a	1,65±0,05 ^c	3,42±0,17 ^a	12,95±0,05 ^a	30,94±0,69 ^a	8,55±0,06 ^b	3,40	64,35±0,11 ^a
	7	1,95±0,02 ^e	0,35±0,01 ^a	0,87±0,01 ^a	2,84±0,05 ^a	3,50±0,15 ^a	12,89±0,09 ^a	30,87±0,47 ^a	8,58±0,08 ^b	3,46	65,31±0,29 ^a

Sur chaque colonne, et pour chaque race, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

La figure 47 présente l'évolution de la part des acides gras saturés (AGS) en fonction du mois de lactation.

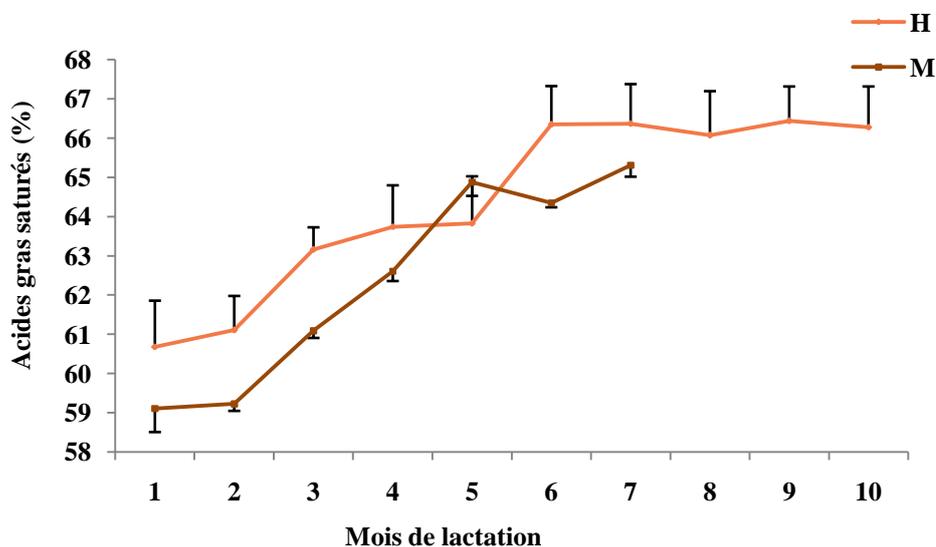


Figure 47 : Evolution du taux d'acides gras saturés en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

L'allure de la courbe d'évolution des acides gras saturés (Figure 47), indique une hausse progressive, significative, au cours des mois de lactation pour les deux races.

La part des AGS augmente de 0,43 à 2,52 % dans les 6 premiers mois de lactation chez la race Holstein, et de 0,12 à 2,27 % dans les 4 premiers mois de lactation chez la race Montbéliarde (Tableau 37).

Ces résultats confirment ceux de BITMAN *et* WOOD (1990), de KAY *et al.* (2005), de SOYEURT *et al.* (2008) et de LEGARTO *et al.* (2014), qui rapportent que la part des AGS augmente de 3 à 6 points dans les 4 à 6 premiers mois de lactation.

En outre, le test de Duncan a permis, par ailleurs, de mieux présenter cette augmentation significative, remarquée au cours des mois de lactation.

La courbe tracée en se basant sur les moyennes de chaque palier de signification (Figure 48), indique que la part des AGS est stable entre le 1^{er} et le 2^{ème} mois autour de 60,90 % et 59,17 %, respectivement pour les races H et M. elle augmente significativement au 3^{ème} mois, se stabilise à 63,58 % jusqu'au 5^{ème} mois, puis augmente significativement au 6^{ème} mois en se stabilisant à 66,30 % jusqu'au tarissement, pour la race Holstein.

Par contre, chez la race Montbéliarde, la part des AGS augmente significativement, au 3-4 et 5^{ème} mois pour se stabiliser autour d'une moyenne de 64,85 % jusqu'au 7^{ème} mois de lactation, dernier mois étudié pour cette race.

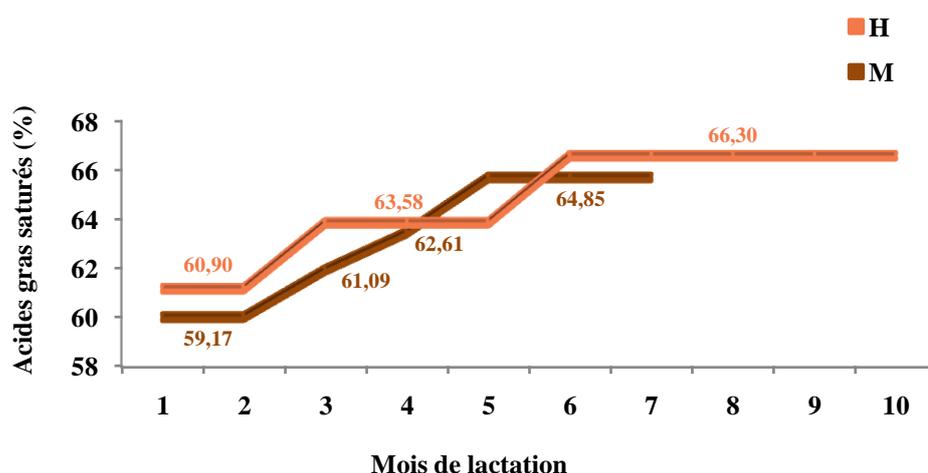


Figure 48 : Evolution de la part des acides gras saturés par palier de signification en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

➤ **Variation des teneurs en acides gras C14:0, C16:0 et C18:0 :**

Tout comme la part des AGS, celle des acides myristique C14:0 (Figure 49) et palmitique C16:0 (Figure 50) augmente au cours des mois de lactation pour les deux races.

La part de l'acide myristique C14:0 augmente de 0,11 à 2,11 % dans les 6 premiers mois de lactation chez la race Holstein, et de 0,37 à 2,14 % dans les 5 premiers mois de lactation chez la race Montbéliarde (Tableau 37). Alors que celle de l'acide palmitique C16:0, le principal représentant de la famille des AGS, augmente respectivement de 0,55 à 2,36 % dans les 6

premiers mois de lactation chez la Holstein, et de 0,5 à 1,85 % dans les 5 premiers mois de lactation chez la Montbéliarde (Tableau 37), tel que précédemment rapporté par BITMAN *et al.* (1990), KAY *et al.* (2005), SOYEURT *et al.* (2008) et LEGARTO *et al.* (2014), mais les écarts sont inférieurs à ceux observés par ces auteurs et qui sont de l'ordre de 2 à 3 % et de 4 à 5 % respectivement pour les acides myristique C14:0 et palmitique C16:0. La part de ces deux acides gras se stabilise par la suite, jusqu'à la fin de la lactation.

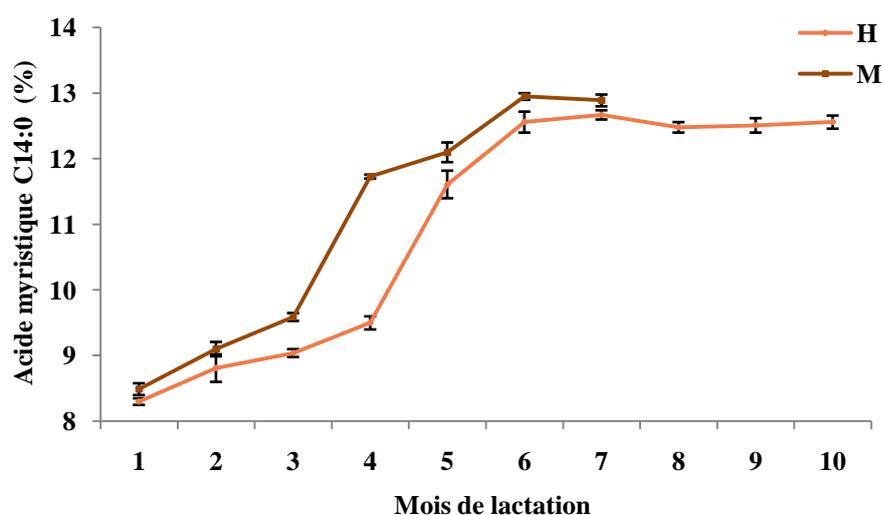


Figure 49 : Evolution de la part de l'acide myristique C14:0 en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

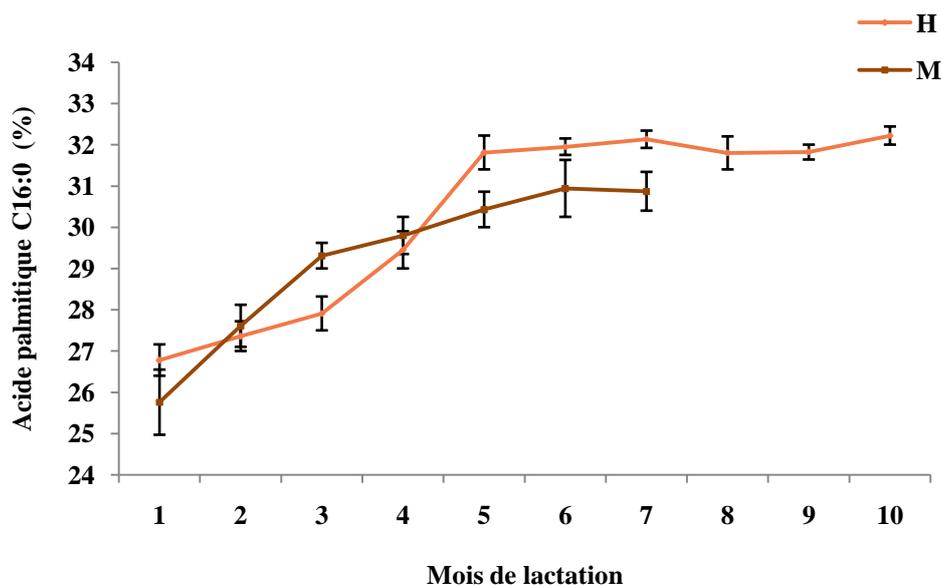


Figure 50 : Evolution de la part de l'acide palmitique C16:0 en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

Contrairement aux acides myristique et palmitique, l'allure de l'évolution de la part de l'acide stéarique C18:0 indique que ce dernier, diminue significativement au cours de la lactation pour les races (Figure 51).

Après une stabilisation pendant les trois premiers mois de lactation, la part de l'acide stéarique C18:0 diminue significativement (Tableau 37) de $11,51 \pm 0,13$ % à $8,15 \pm 0,15$ % au 7^{ème} mois chez la race Holstein, et de $11,49 \pm 0,41$ % à $8,55 \pm 0,06$ % au 6^{ème} mois chez la Montbéliarde. Elle se stabilise, par la suite, jusqu'à la fin de la lactation.

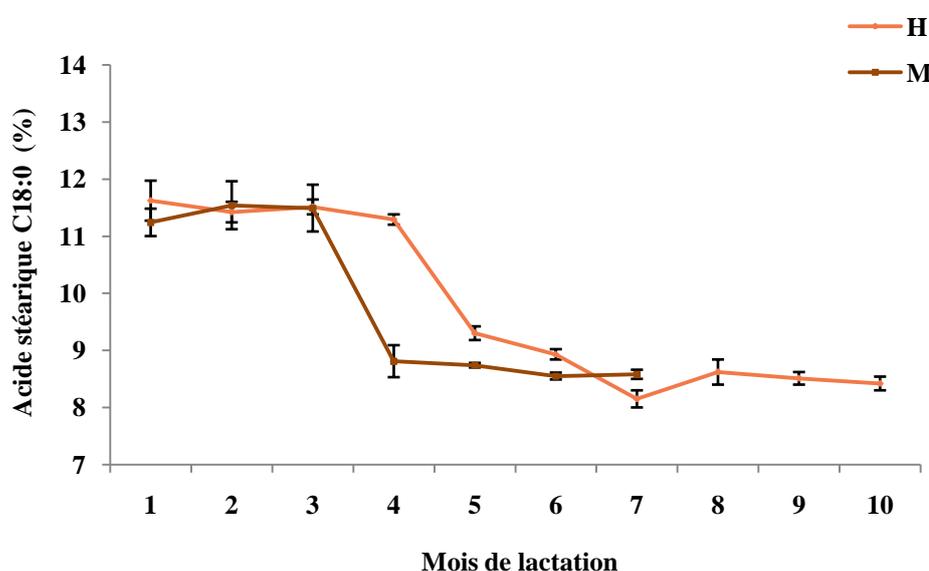


Figure 51 : Evolution de la part de l'acide stéarique C18:0 en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

3.1.6.2. Acides gras mono-insaturés :

Une hausse des acides gras insaturés (AGI) est un objectif majeur pour améliorer le profil nutritionnel des laits. Cette hausse est à rechercher aussi bien pour les acides gras mono-insaturés (AGMI) que pour les acides gras poly-insaturés (AGPI).

Les résultats de l'étude de l'évolution des acides gras mono-insaturés sont présentés dans le tableau 38.

Tableau 38 : Evolution de la composition en acides gras mono-insaturés de la matière grasse du lait en fonction du mois de lactation

Sur chaque colonne, et pour chaque race, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

Mois de lactation	Composition en acides gras mono-insaturé - AGMI				
	C16:1	C18:1	Autres	AGMI	
Holstein	1	2,26±0,06 ^a	30,81±0,35 ^a	0,44	33,51±0,45 ^a
	2	2,15±0,15 ^a	30,52±0,08 ^a	0,40	33,07±0,12 ^a
	3	2,11±0,07 ^a	28,26±0,15 ^b	0,66	31,03±0,12 ^b
	4	1,99±0,24 ^b	28,05±0,07 ^b	0,47	30,51±0,38 ^b
	5	1,93±0,07 ^b	27,99±0,08 ^b	0,42	30,33±0,14 ^b
	6	1,84±0,04 ^b	25,56±0,13 ^c	0,49	27,89±0,26 ^c
	7	1,82±0,02 ^b	25,49±0,17 ^c	0,52	27,83±0,21 ^c
	8	1,87±0,07 ^b	25,64±0,17 ^c	0,56	28,07±0,30 ^c
	9	1,84±0,04 ^b	25,48±0,19 ^c	0,51	27,83±0,24 ^c
	10	1,85±0,05 ^b	25,54±0,15 ^c	0,50	27,89±0,22 ^c
Montbéliarde	1	2,70±0,17 ^b	31,46±0,06 ^d	0,49	34,66±0,32 ^a
	2	3,10±0,11 ^a	30,97±0,07 ^d	0,44	34,51±0,08 ^a
	3	2,05±0,06 ^d	30,30±0,05 ^c	0,44	32,79±0,13 ^b
	4	2,31±0,31 ^c	28,33±0,04 ^b	0,55	31,20±0,40 ^c
	5	2,54±0,40 ^c	25,59±0,09 ^a	0,50	28,63±0,57 ^d
	6	2,95±0,05 ^b	25,64±0,05 ^a	0,61	29,20±0,11 ^d
	7	2,35±0,11 ^c	25,41±0,02 ^a	0,58	28,34±0,20 ^d

La figure 52 présente l'évolution de la part des acides gras mono-insaturés (AGMI) en fonction du mois de lactation.

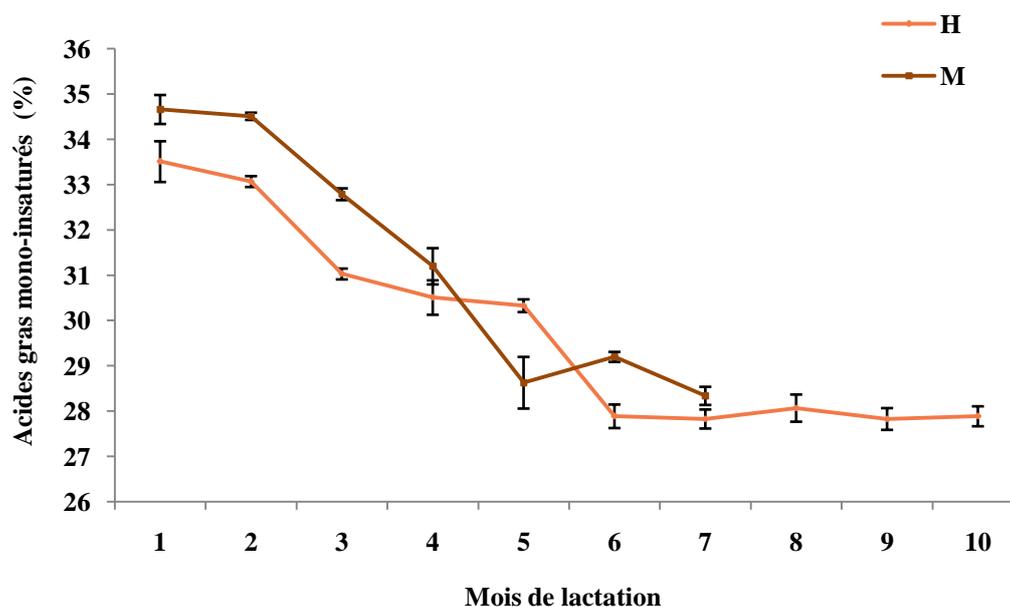


Figure 52 : Evolution de la part des acides gras mono-insaturés (AGMI) en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

Inversement aux acides myristique et palmitique, le pourcentage des acides gras mono-insaturés (AGMI) présente les valeurs maximales en début de lactation ($33,51 \pm 0,45$ % et $34,66 \pm 0,32$ % respectivement pour les races H et M) (Figure 52; Tableau 38). Il diminue ensuite progressivement, de manière significative (Figure 53), jusqu'au 6^{ème} mois chez la race Holstein à 27,90 % avec des écarts qui atteignent 2,44 %, et au 5^{ème} mois chez la race Montbéliarde à 28,72 % avec des écarts qui atteignent 2,57 %. Il se stabilise autour de ces valeurs jusqu'à la fin de la lactation.

Ces variations sont en accord avec la littérature (BITMAN *et* WOOD 1990 ; KAY *et al.*, 2005 ; SOYEURT *et al.*, 2008 ; LEGARTO *et al.*, 2014), qui indique que le pourcentage des acides gras mono-insaturés est maximal en début de lactation et chute de 3 à 5,5 points selon la race. Après ce délai, ces pourcentages se stabilisent.

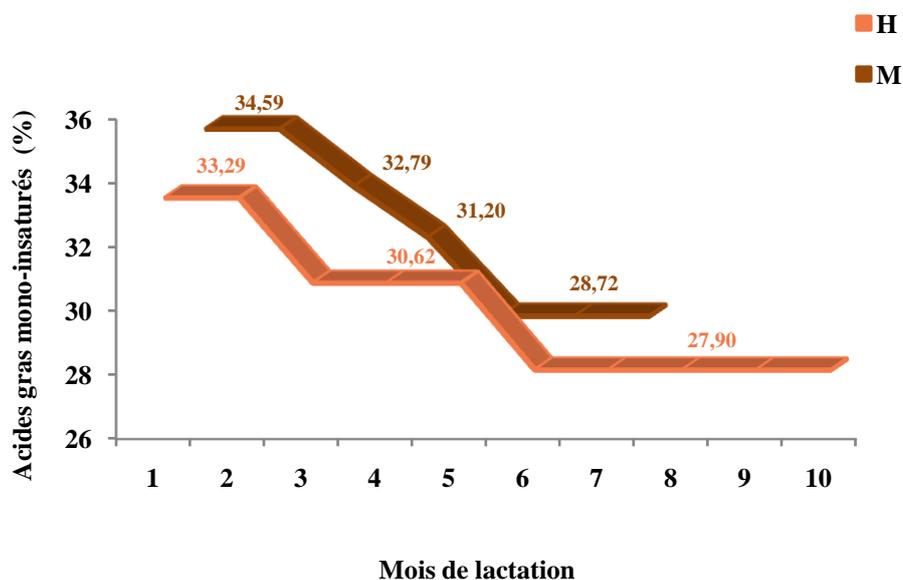


Figure 53 : Evolution de la part des acides gras mono-insaturés (AGMI) palier de signification en fonction du mois de lactation pour les deux races H et M

➤ **Variation de la teneur en acide gras C18:1 :**

La figure 54 présente l'évolution de la part de l'acide oléique C18:1 en fonction du mois de lactation.

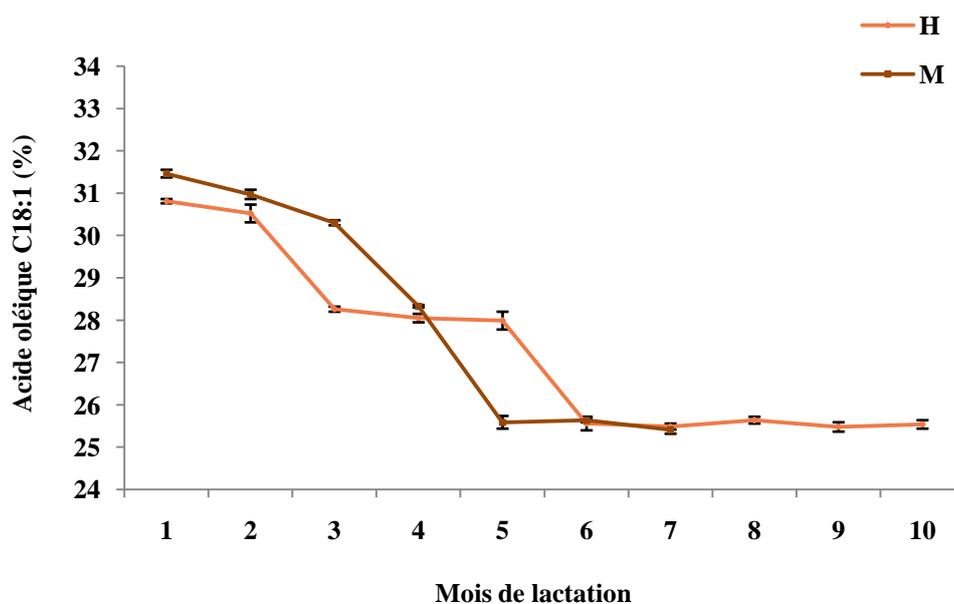


Figure 54 : Evolution de la part de l'acide oléique C18:1 en fonction du mois de lactation pour les deux races Holstein (H) et Montbéliarde (M)

L'acide oléique est à sa valeur maximale en début de lactation (Figure 54), elle est de $30,81 \pm 0,35$ % chez Holstein et de $31,46 \pm 0,06$ % chez Montbéliarde. Sa part diminue significativement (Tableau 38) jusqu'au 6^{ème} mois chez la Holstein avec des écarts atteignant 2,43 %, et jusqu'au 5^{ème} mois chez la Montbéliarde avec des écarts atteignant 2,74 %. Après ces délais, sa part se stabilise jusqu'à la fin de la lactation. Cette évolution est identique à celle des acides gras mono-insaturés. Dans ce sens, plusieurs auteurs (BITMAN *et* WOOD 1990, KAY *et al.*, 2005, SOYEURT *et al.*, 2008 ; LEGARTO *et al.*, 2014), ont rapporté que la part de l'acide oléique C18:1 évolue de la même façon que celle des acides gras mono-insaturés.

3.1.6.3. Acides gras poly-insaturés :

Les résultats de l'étude de l'évolution des acides gras poly-insaturés (AGPI) sont présentés dans le tableau 39 ainsi que dans la figure 55.

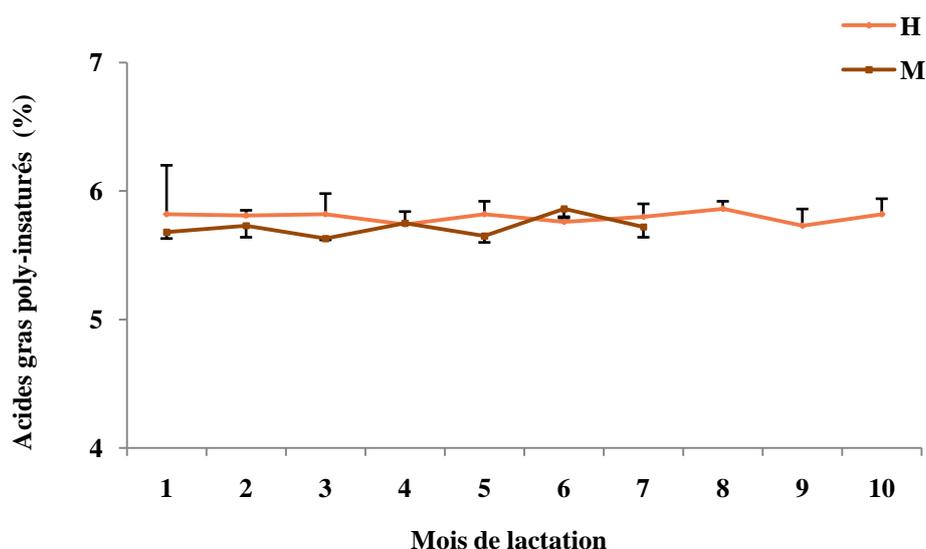


Figure 55 : Evolution de la part des acides gras poly-insaturés (AGPI) en fonction du mois de lactation pour les deux races H et M

Les acides gras poly-insaturés (AGPI), au cours des dix mois de lactation, schématisent une cinétique relativement constante, avec, cependant, un léger pic au bout du 6^{ème} mois de lactation pour la race Montbéliarde ($5,86 \pm 0,07$ %). BITMAN *et* WOOD (1990), KAY *et al.* (2005), SOYEURT *et al.* (2008) et LEGARTO *et al.* (2014), rapportent également, que la part des acides gras poly-insaturés (AGPI) est stable sur l'ensemble de la lactation.

Tableau 39 : Variation de la composition en acides gras poly-insaturés de la matière grasse du lait en fonction du mois de lactation

Mois de lactation	Composition en acides gras poly-insaturé - AGPI			
	18:2	18:3	AGPI	
Holstein	1	5,58±0,35	0,24±0,03	5,82±0,38
	2	5,56±0,06	0,25±0,02	5,81±0,04
	3	5,55±0,14	0,27±0,02	5,82±0,16
	4	5,49±0,08	0,25±0,02	5,74±0,10
	5	5,56±0,05	0,26±0,05	5,82±0,10
	6	5,50±0,02	0,26±0,02	5,76±0,04
	7	5,57±0,07	0,23±0,03	5,80±0,10
	8	5,62±0,02	0,24±0,04	5,86±0,06
	9	5,49±0,09	0,24±0,04	5,73±0,13
	10	5,55±0,05	0,27±0,07	5,82±0,12
Montbéliarde	1	5,44±0,04	0,24±0,01	5,68±0,05
	2	5,48±0,08	0,25±0,01	5,73±0,09
	3	5,41±0,02	0,22±0,02	5,63±0,01
	4	5,51±0,02	0,23±0,01	5,75±0,01
	5	5,40±0,05	0,25±0,01	5,65±0,05
	6	5,61±0,07	0,25±0,01	5,86±0,07
	7	5,49±0,09	0,24±0,01	5,72±0,08

4. Conclusion :

Les résultats acquis dans cette étude relative à l’effet du mois de lactation sur la composition physico-chimique du lait, confirment ceux obtenus par de nombreux auteurs.

En effet, l’allure de l’évolution des taux protéique et butyreux est semblable entre les deux races H et M. Ils diminuent à partir de 2^{ème} mois de lactation, pour atteindre leur minimum au 3^{ème} mois. Ils augmentent ensuite, au 4^{ème} mois pour se stabiliser jusqu’à la fin de la lactation.

De plus, la part des AGS augmente dans les 6 premiers mois de lactation chez la race Holstein, et dans les 4 premiers mois de lactation chez la race Montbéliarde. En revanche, la part des acides myristique C14:0 et palmitique C16:0 augmente dans les 6 premiers mois de lactation chez la Holstein, et dans les 5 premiers mois de lactation chez la Montbéliarde. La part de ces deux acides gras se stabilise par la suite, jusqu'à la fin de la lactation.

Cependant, après une stabilisation pendant les trois premiers mois de lactation, la part de l'acide stéarique C18:0 diminue significativement jusqu'au 7^{ème} mois chez la race Holstein, et jusqu'au 6^{ème} mois chez la Montbéliarde. Elle se stabilise, par la suite, jusqu'à la fin de la lactation.

En revanche, le pourcentage des acides gras mono-insaturés (AGMI) présente les valeurs maximales en début de lactation. Il diminue ensuite progressivement jusqu'au 6^{ème} mois chez la Holstein, et au 5^{ème} mois chez la Montbéliarde. Il se stabilise autour de ces valeurs jusqu'à la fin de la lactation. En outre, l'évolution de l'acide oléique C18:1 est identique à celle des acides gras mono-insaturés.

Enfin, les acides gras poly-insaturés (AGPI), schématisent une cinétique relativement constante, avec, cependant, un léger pic au bout du 6^{ème} mois de lactation pour la race Montbéliarde.

CHAPITRE V

INFLUENCE DES FACTEURS DE PRODUCTION DU LAIT SUR LA QUALITÉ DES FROMAGES ÉLABORÉS

ESSAI I : Influence de la saison et du numéro de lactation sur la qualité du fromage type camembert

I.1. Introduction :

Depuis quelques années, plusieurs études spécifiques ont été mises en œuvre pour préciser les relations entre la qualité des fromages et les facteurs de production. Elles concernent à la fois des travaux réalisés en conditions expérimentales sur les laits de mélange et des approches plus globales, réalisées chez des producteurs fermiers ou des transformateurs industriels.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude a été d'évaluer les effets des facteurs de production du lait (Saison et numéro de lactation) et de la transformation fromagère, en particulier le type d'affinage, sur la composition physico-chimique et la qualité sensorielle du fromage à pâte molle type camembert.

Un autre objectif de cette étude, c'est d'analyser la corrélation entre la composition du lait en matières utiles et le rendement fromager, afin d'avoir une estimation précoce de ce dernier dans les conditions réelles de production de l'Algérie.

I.2. Méthodologie :

I.2.1. Conditions expérimentales :

Deux essais de fabrication fromagère ont été réalisés durant notre expérimentation, le premier ayant eu lieu à la fin de la période hivernale en mois de mars, à partir du lait de 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} lactation de race Holstein. Le second a été réalisé en période estivale en mois de juin, à partir, également, du lait des trois premières lactations séparées. Un total de 45 fromages ont été produits à raison de 4 fromages pour chaque catégorie (saison, numéro de lactation et type d'affinage). Il faut signaler que les laits utilisés au cours de cette étude, proviennent de vaches conduites dans les mêmes conditions d'élevage, à savoir la ferme Lahiani à Tipaza (décrite précédemment).

Selon COULON *et al.* (2005), un écrémage partiel visant à standardiser le rapport TB/TP du lait fait pratiquement disparaître l'effet de la race sur la texture du fromage. De même, le traitement thermique du lait semble masquer les effets de la saison sur la flaveur du fromage. A cet effet, les laits utilisés dans cette étude n'ont subi aucune transformation (standardisation ou pasteurisation). De même, la technologie de fabrication de tous les fromages, était identique et contrôlée, au mieux, dans le but d'évaluer l'effet des facteurs de productions étudiés (saison et numéro de lactation).

En outre, un système de codification à l'aide de lettres alphabétiques et de répartition selon la saison, le numéro de lactation et le type d'affinage, a été mis en place afin de pouvoir identifier les différents fromages (Figure 56).

Pendant la saison hivernale (H), six types de fromages ont été fabriqué :

- **Fromage Hh1** : fromage fait à base de lait de 1^{ère} lactation, fabriqué en hiver (H), et affiné en hâloir (h) ;
- **Fromage Hh2** : fromage fait à base de lait de 2^{ème} lactation, fabriqué en hiver, et affiné en hâloir ;
- **Fromage Hh3** : fromage fait à base de lait de 3^{ème} lactation, fabriqué en hiver, et affiné en hâloir ;
- **Fromage Hc1** : fromage fait à base de lait de 1^{ère} lactation, fabriqué en hiver, et affiné en cave traditionnelle (c) ;
- **Fromage Hc2** : fromage fait à base de lait de 2^{ème} lactation, fabriqué en hiver, et affiné en cave traditionnelle ;
- **Fromage Hc3** : fromage fait à base de lait de 3^{ème} lactation, fabriqué en hiver, et affiné en cave traditionnelle.

Alors que pendant la saison estivale (E), et à la mise à l'herbe, trois types de fromages ont été fabriqués :

- **Fromage Eh1** : fromage fait à base de lait de 1^{ère} lactation, fabriqué en été (E), et affiné en hâloir (h) ;
- **Fromage Eh2** : fromage fait à base de lait de 2^{ème} lactation, fabriqué en été, et affiné en hâloir ;
- **Fromage Eh3** : fromage fait à base de lait de 3^{ème} lactation, fabriqué en été, et affiné en hâloir.

I.2.2. Prélèvement et analyse :

Des mesures physico-chimiques ont été réalisées sur le lait de mélange d'une même lactation, prélevé dans la cuve de fabrication : extrait sec total (EST), taux butyreux (TB) et taux protéique (TP), et sur les fromages correspondants, après affinage : extrait sec total (EST-F), taux butyreux (TB-F), taux protéique (TP-F), teneur en sel (NaCl), rapport gras sur sec (G/S) et rendement fromager (Rdt-F). Les fromages ont également, été décrits par analyse sensorielle.

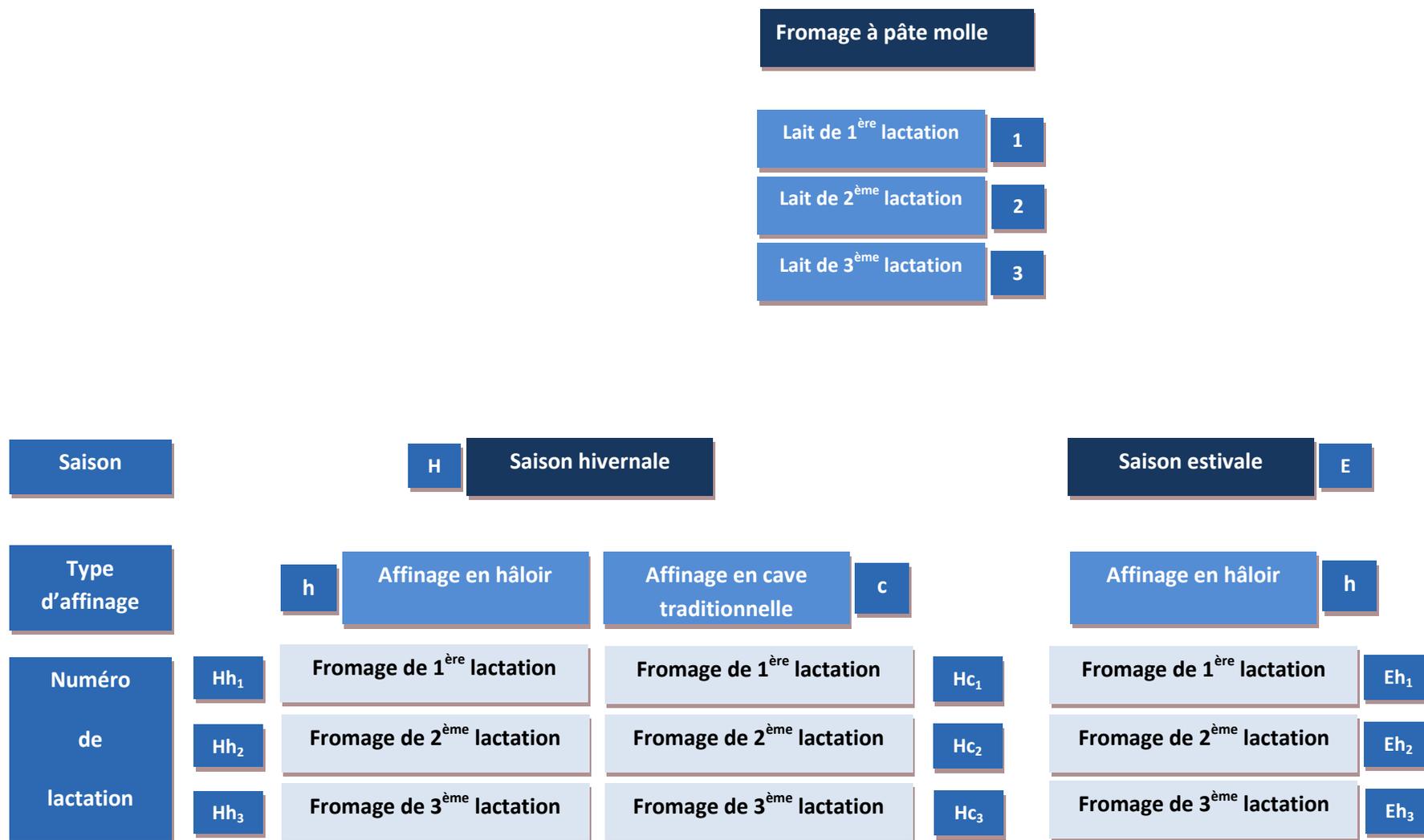


Figure 56 : Diagramme des fabrications fromagères au cours des deux saisons étudiées.

I.3. Résultats et discussion :

I.3.1. Physicochimie des fromages :

I.3.1.1. Effet de l'interaction Type d'affinage*Numéro de lactation :

Afin d'étudier l'effet du type d'affinage sur le rendement fromager, la composition physico-chimique et la qualité sensorielle du fromage à pâte molle type camembert, les laits issus de trois numéro de lactation (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème}) ont été utilisés pour les différentes fabrications fromagères pendant l'hiver.

Le tableau 40 résume les résultats de la composition chimique des laits utilisés pour cette fabrication.

Tableau 40 : Composition chimique des laits utilisés pour la fabrication fromagère

Saison	Numéro de lactation	EST (%)	TB (%)	TP (%)
Hiver	1	12,81±0,41 ^a	4,24±0,13 ^b	2,99±0,07 ^b
	2	12,10±0,32 ^c	3,81±0,17 ^c	2,94±0,06 ^c
	3	12,74±0,32 ^b	4,50±0,15 ^a	3,14±0,07 ^a

Sur chaque colonne, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes ($P < 0,05$), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

Les fromages ont été fabriqués selon le même protocole jusqu'au stade d'affinage, où les fromages issus de chaque lactation ont été distribués sur deux lots correspondant aux deux types d'affinage, à savoir : le hâloir et la cave traditionnelle.

A cet effet, le rendement fromager a été calculé indépendamment de l'affinage. Le tableau 41 présente le résultat du rendement fromager correspondant aux différents numéros de lactation.

Tableau 41 : Résultats de la variation du rendement fromager des fromages issus des trois lactations

Numéro de lactation	Fromage	Rdt-F (%)
1	Hh1	12,31±0,20 ^b
	Hc1	
2	Hh2	11,60±0,25 ^c
	Hc2	
3	Hh3	13,15±0,10 ^a
	Hc3	

Selon le tableau 41, le rendement fromager du camembert issu de la 3^{ème} lactation (13,15±0,10 %) est le plus élevé, vient ensuite celui du camembert de la 1^{ère} lactation (12,31±0,20 %) puis de la 2^{ème} lactation (11,60±0,25 %). Cette différence de rendement s'explique par la teneur en matières utiles (TB et TP), qui est plus élevée dans le lait de la 3^{ème} lactation que dans celui de la 1^{ère} et la 2^{ème} lactation (Tableau 40), et dont ces différences sont significatives sur le plan statistique ($p < 0,05$). Le rendement fromager est influencé par de nombreux facteurs, y compris la composition du lait (BANKS *et al.*, 1981 ; FENELON *et* GUINEE, 1999 ; LAWRENCE, 1993 ; LUCEY *et* KELLY, 1994 ; WALSH *et al.*, 1998 ; VERDIER-MERTZ *et al.*, 2001). Cependant, les taux butyreux et protéique représentent des facteurs déterminants du rendement fromager, et qui influence sur l'efficacité de la fabrication fromagère (BANKS *et al.*, 1984 ; EMMONS *et al.*, 1990 ; GILLES *et* LAWRENCE, 1985 ; MAUBOIS *et al.*, 1970 ; MOCQUOT *et al.*, 1963 ; VERDIER-MERTZ *et al.*, 2001). Plus le taux protéique du lait augmente et plus le rendement fromager augmente également (VERDIER-MERTZ *et al.*, 2001).

En revanche, l'interaction du type d'affinage avec le numéro de lactation présente un effet très hautement significatif ($p < 0,001$) sur les paramètres physico-chimiques du camembert (Tableau 42), selon l'analyse de variance à 2 facteurs, appliquée sur les fromages issus des trois lactations, et ayant subi un affinage différent (hâloir, cave traditionnelle).

Tableau 42 : Résultats de la variation des différents paramètres du fromage à pâte molle en fonction de l'interaction Type d'affinage*Numéro de lactation

Numéro de lactation	Type d'affinage	Fromage	EST-F (%)	TB-F (%)	TP-F (%)	G/S (%)	NaCl (%)
1	Hâloir	Hh1	58,80±2,02 ^a	35,55±2,03 ^a	18,71±1,21 ^a	60,46±3,21 ^a	1,87±0,01
	Cave traditionnelle	Hc1	54,33±2,43 ^b	32,30±1,24 ^b	17,83±0,85 ^b	59,45±4,25 ^b	1,86±0,01
2	Hâloir	Hh2	59,47±1,13 ^a	35,67±2,14 ^a	19,05±2,03 ^b	59,98±4,05 ^a	1,87±0,01
	Cave traditionnelle	Hc2	55,82±2,64 ^b	26,75±0,97 ^b	22,90±1,14 ^a	47,92±3,65 ^b	1,87±0,01
3	Hâloir	Hh3	53,47±1,22 ^b	24,20±1,91 ^b	20,80±1,41 ^a	45,26±3,51 ^b	1,88±0,01
	Cave traditionnelle	Hc3	54,40±2,28 ^a	32,55±2,32 ^a	17,90±1,09 ^b	59,83±2,84 ^a	1,86±0,01

Sur chaque colonne, et pour chaque numéro de lactation, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes a et b, sont significativement différentes (P<0,05). La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

En effet, comparativement à l'affinage en cave traditionnelle (Figure 57), l'affinage en hâloir permet d'obtenir les meilleures qualités physico-chimiques des fromages fabriqués à partir des laits de la 1^{ère} et de la 2^{ème} lactation, à savoir : G/S, EST-F, TB-F, TP-F (Tableau 42). L'EST-F le plus élevé est enregistré dans le fromage de 2^{ème} lactation et affiné en hâloir avec : 59,47±1,13 %, l'écart a atteint 3,65 % suite à l'affinage en cave traditionnelle. Ce fromage est, également, le plus riche en matière grasse : 35,67±2,14 %.

Par contre, pour la 3^{ème} lactation, c'est l'affinage en cave traditionnelle qui est associé aux meilleures qualités physico-chimiques des fromages obtenus, avec : 54,40±2,28 %, 32,55±2,32 %, 17,90±1,09 % et 59,83±2,84 %, respectivement pour l'EST-F, TB-F, TP-F et le rapport G/S.

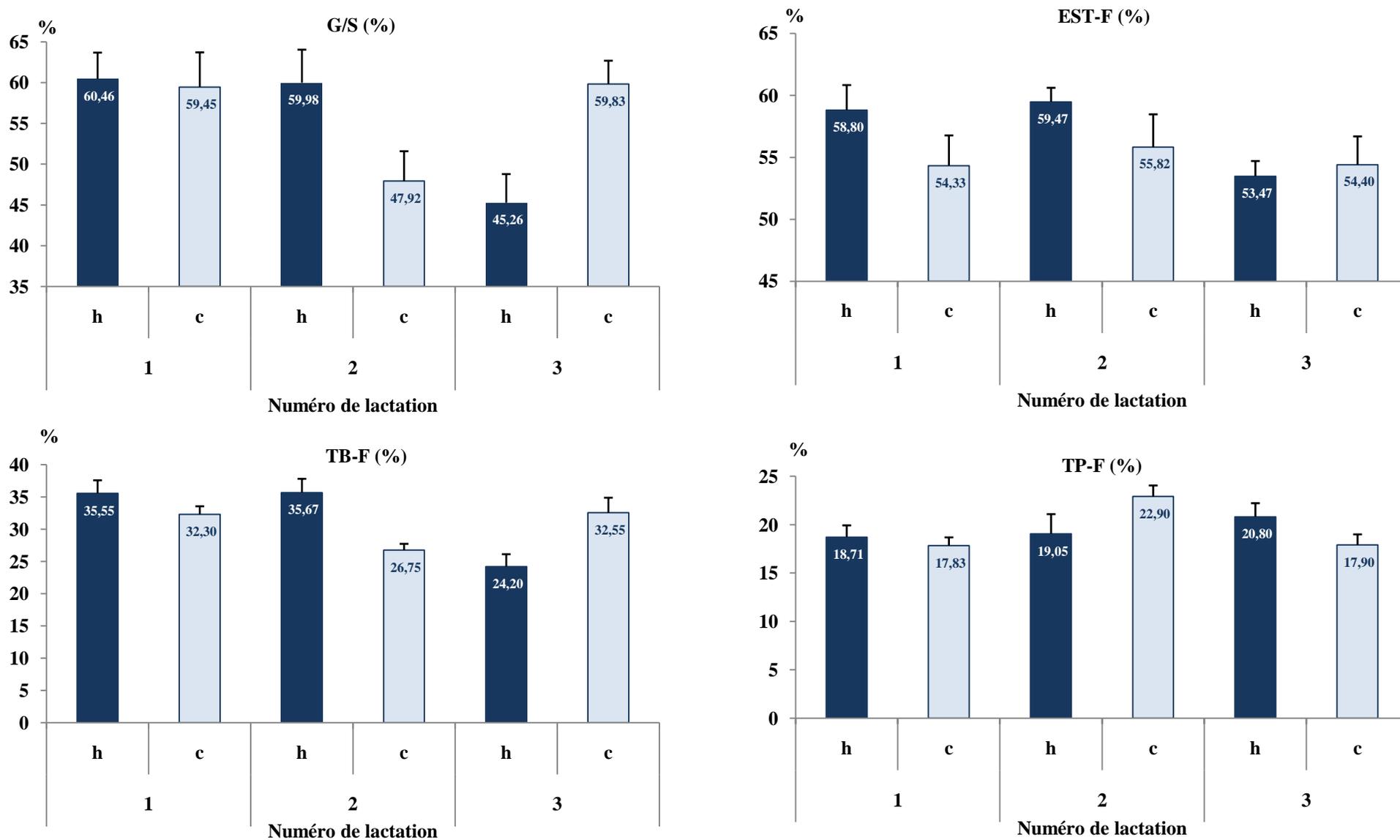


Figure 57 :Variation des paramètres physico-chimiques des fromages en fonction de l'interaction du type d'affinage (hâloir : **h** ; cave traditionnelle : **c**) avec le numéro de lactation

I.3.1.2. Effet du type d'affinage indépendamment de la lactation :

L'effet du type d'affinage (toute lactation confondue) sur la composition physicochimique des fromages fabriqués en hiver, et affinés soit en hâloir ou en cave traditionnelle, a été étudié par l'analyse de variance (Tableau 43).

Tableau 43 : Résultats de la variation des différents paramètres physico-chimiques des fromages en fonction du type d'affinage (toute lactation confondue)

Paramètres physico-chimiques	Type d'affinage		P
	Hâloir	Cave traditionnelle	
EST-F (%)	57,25±2,85	54,85±0,73	*
TB-F (%)	31,81±5,71	30,53±2,84	NS
NaCl (%)	1,88±0,02	1,89±0,05	NS
TP-F (%)	19,52±0,97	19,54±2,52	NS
G/S (%)	55,56±7,03	55,66±5,79	NS

P : probabilité ; * : $P < 0,05$; ^{NS} : non significatif ($P > 0,05$).

L'extrait sec total des fromages a été la seule variable significativement différente ($p < 0,05$; Tableau 43) entre les deux types d'affinage, étudiés indépendamment des lactations.

Il a été plus faible lorsque l'affinage est en cave traditionnel avec 54,85±0,73 % (Figure 58), contre 57,25±2,85 % lorsque l'affinage est en hâloir. L'écart enregistré est égale à 2,40 %, laissant supposer que l'affinage en hâloir était plus poussé, suivant les conditions propres à ce dernier. Notons que peu de travaux ont été entrepris dans l'étude de l'influence de la saison et de l'affinage sur la chimie du fromage à pâte molle. Selon ALAIS (1984) et HURTAUD *et al.*, (2001), l'extrait sec total du fromage dépend d'une part, de la composition initiale du lait, en particulier de sa richesse en matières utiles.

Par contre, il n'est pas apparu des différences significatives ($p > 0,05$; Tableau 43) sur les autres paramètres du camembert (TB, NaCl, TP et G/S).

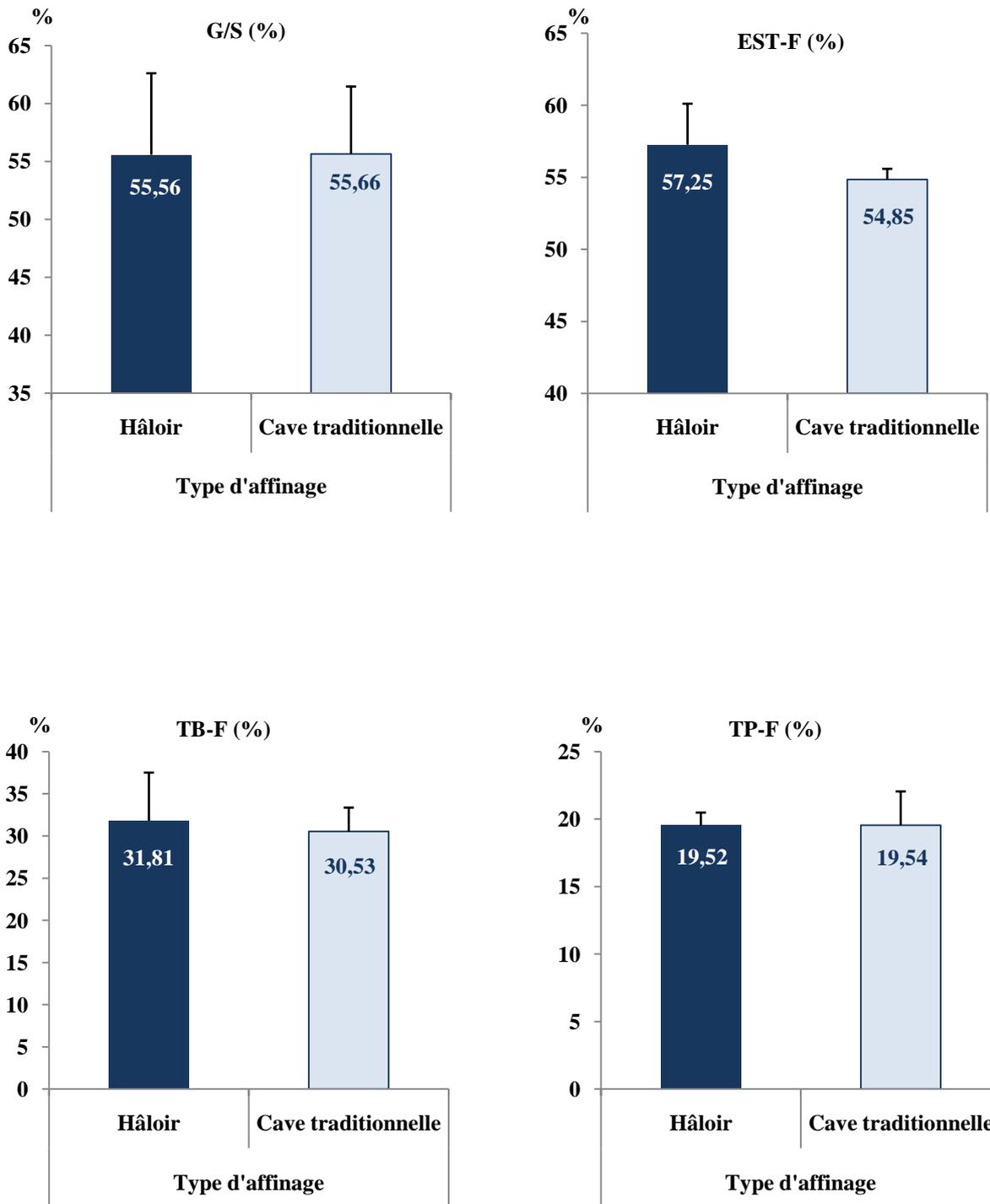


Figure 58 : Variation des paramètres physico-chimiques des fromages en fonction du type d'affinage (toute lactation confondue)

I.3.1.3. Effet de l'interaction Saison*Numéro de lactation :

La 2^{ème} fabrication fromagère a été réalisée en saison estivale, sur des laits de race Holstein, de 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} lactation respectivement.

Les résultats des analyses physico-chimiques des laits utilisés pour les deux fabrications fromagères (hivernale et estivale) sont présentés dans le tableau 44.

Tableau 44 : Composition chimique des laits utilisés pour la fabrication fromagère

Saison	Numéro de lactation	EST (g/l)	TB (g/l)	TP (g/l)
Hiver	1	12,81±0,41 ^a	4,24±0,13 ^b	2,99±0,07 ^b
	2	12,10±0,32 ^c	3,81±0,17 ^c	2,94±0,06 ^c
	3	12,74±0,32 ^b	4,50±0,15 ^a	3,14±0,07 ^a
Été	1	12,34±0,45 ^c	3,99±0,11 ^c	3,00±0,07 ^b
	2	13,04±0,40 ^b	4,13±0,11 ^b	3,13±0,05 ^b
	3	13,43±0,36 ^a	4,53±0,13 ^a	3,30±0,06 ^a

Sur chaque colonne et pour chaque saison, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

Comparativement aux laits de la saison hivernale, de la 2^{ème} et 3^{ème} lactation, les laits de la saison estivale ont eu des taux protéiques plus élevés, des taux butyreux plus élevés également, et ainsi des EST nettement plus élevés.

Au contraire, le lait estival de la 1^{ère} lactation a eu un taux protéique identique à celui de la saison hivernale, et un taux butyreux et un EST plus faibles par rapport à celui de la saison hivernale.

Les laits de l'été sont, plus riches en matières utiles (surtout en TB) que ceux de l'hiver (Tableau 40), cette richesse est en relation avec la mise à l'herbe du troupeau. Néanmoins, d'autres résultats sont contradictoires.

Les effets des variations saisonnières sur la composition du lait ont été rapportés par plusieurs chercheurs et il est clair que les concentrations des constituants et leurs propriétés physico-chimiques varient au cours de l'année (CHEN *et al.*, 2014). COULON *et al.* (1988) rapportent que le TB augmente lors de la mise à l'herbe, le TP quant à lui reste stable.

Par contre, HECK *et al.* (2009) ont rapporté des teneurs en matières grasses et en protéines plus faibles en été qu'en hiver. Ceci pourrait être attribué à la différence de température et à la composition des aliments, puisque les vaches consomment plus d'aliment sec en hiver, tandis qu'en été, elles consomment de l'herbe et restent longtemps à l'extérieur (MC-SWEENEY *et FOX*, 2004).

Selon ROUILLE *et MONTOURCY* (2010), les rations de printemps/été utilisent plus d'herbe notamment pâturée qu'en hiver car c'est à cette période que cette ressource est la plus disponible. Les laits issus d'une alimentation hivernale diffèrent donc des laits produits avec une alimentation de printemps/été. Cependant, les différences de composition entre les laits de printemps/été et d'hiver ne sont pas toujours significatives pour tous les systèmes alimentaires.

Par ailleurs, le tableau 45 présente les résultats de la variation des paramètres physico-chimiques des fromages obtenus, en fonction de l'interaction de la saison avec le numéro de lactation.

Tableau 45 : Résultats de la variation des différents paramètres du fromage à pâte molle en fonction de l'interaction Saison*Numéro de lactation

Numéro de lactation	Saison	Fromage	EST-F	TB-F	TP-F	G/S	Rdt-F	NaCl
1	Hiver	Hh1	58,80±2,02 ^b	35,55±2,03 ^a	18,71±1,21 ^b	60,46±3,21 ^a	12,31±0,20 ^b	1,87±0,01
	Été	Eh1	61,25±3,05 ^a	32,52±1,15 ^b	21,27±1,02 ^a	53,09±4,12 ^b	14,23±0,21 ^a	1,87±0,01
2	Hiver	Hh2	59,47±1,13 ^b	35,67±2,14 ^a	19,05±2,03 ^b	59,98±4,05 ^a	11,60±0,25 ^b	1,87±0,01
	Été	Eh2	61,45±2,54 ^a	32,98±2,27 ^b	21,34±1,14 ^a	53,67±3,10 ^b	14,50±0,12 ^a	1,87±0,01
3	Hiver	Hh3	53,47±1,22 ^b	24,20±1,91 ^b	20,80±1,41 ^a	45,26±3,51 ^b	13,15±0,10 ^b	1,88±0,01
	Été	Eh3	63,70±2,15 ^a	36,00±0,98 ^a	20,00±1,31 ^b	56,51±5,15 ^a	15,95±0,15 ^a	1,86±0,01

Sur chaque colonne et pour chaque numéro de lactation, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

La figure 59, illustre les résultats de l'effet de l'interaction de la saison avec le numéro de lactation sur les paramètres physico-chimiques du fromage.

D'après la figure 59, l'extrait sec total de tous les fromages est supérieur aux normes recommandées pour le camembert (CODEX ALIMENTARIUS, 2011), soit :

- 41 % comme teneur minimale pour un camembert ayant un rapport G/S entre 40 et 45 % ;
- 43 % comme teneur minimale pour un camembert ayant un rapport G/S entre 45 et 55 % ;
- Et 48 % comme teneur minimale pour un camembert ayant un rapport G/S égal ou supérieur à 55 %.

Ceci est principalement dû aux conditions d'égouttage et de ressuyage du fromage, mais aussi à la technologie adoptée : absence de standardisation, et de pasteurisation des laits.

Selon ALAIT *et al.*(1984) et FREDOT (2006), l'extrait sec des fromages dépend de la composition du lait, ceci explique la variation des extraits secs totaux entre les fromages, en particulier en matière grasse.

Par ailleurs, les fromages d'été provenant des vaches en 1^{ère} et 2^{ème} lactation ont tendance à avoir un taux protéique et un rendement fromager plus élevés (Tableau 45) que ceux fabriqués en hiver, avec cependant des taux butyreux et des rapports gras sur sec inférieurs ; alors que les fromages d'été provenant de la 3^{ème} lactation présentent les meilleurs rendements fromagers, les meilleurs taux butyreux et les meilleurs rapports gras sur sec par rapport aux fromages d'hiver de la même lactation.

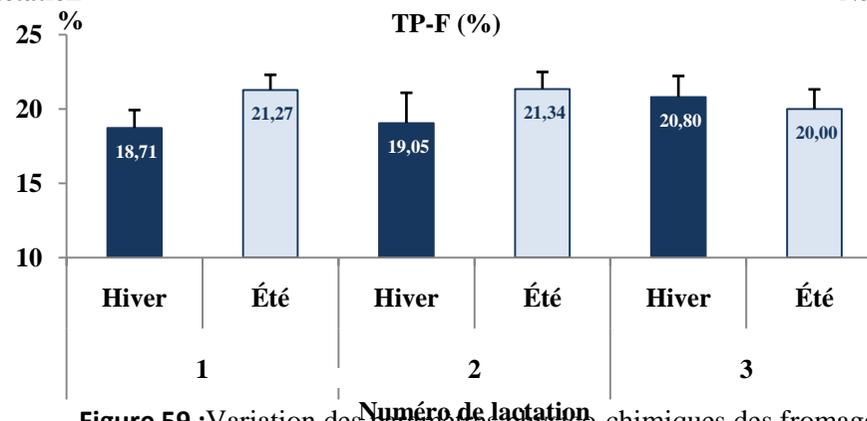
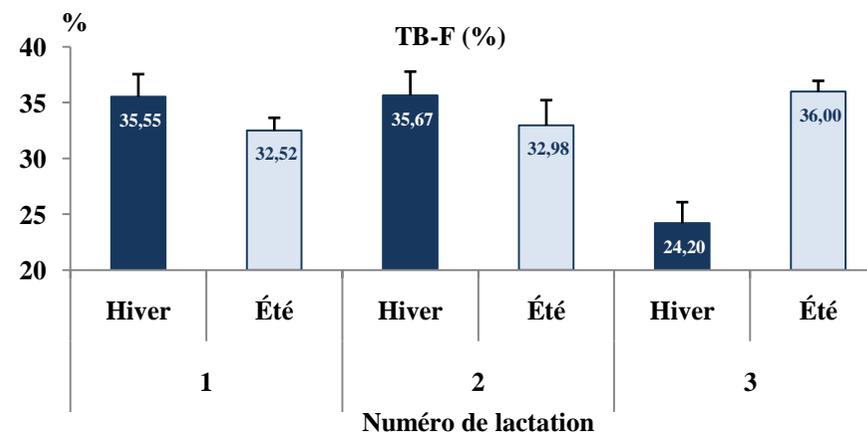
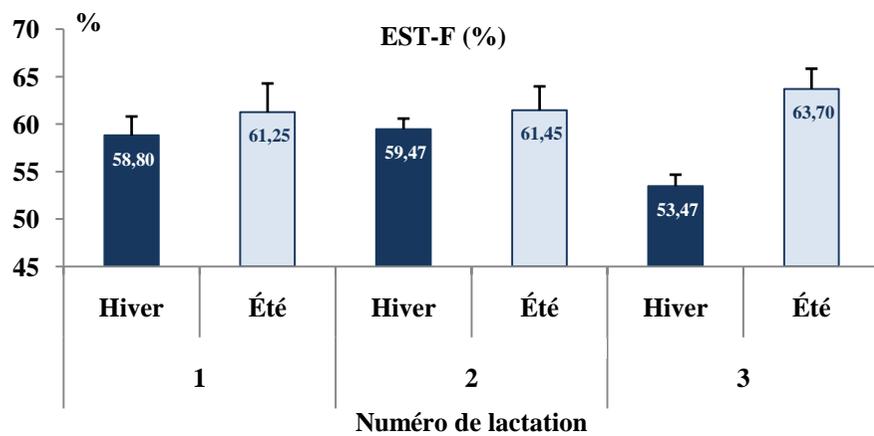
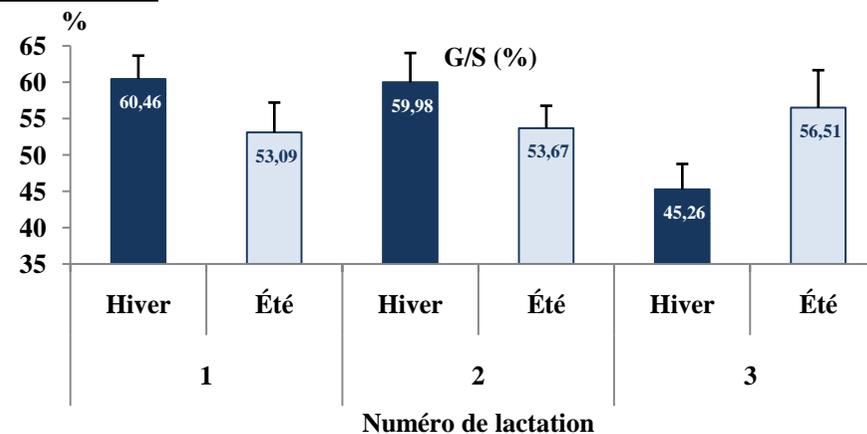
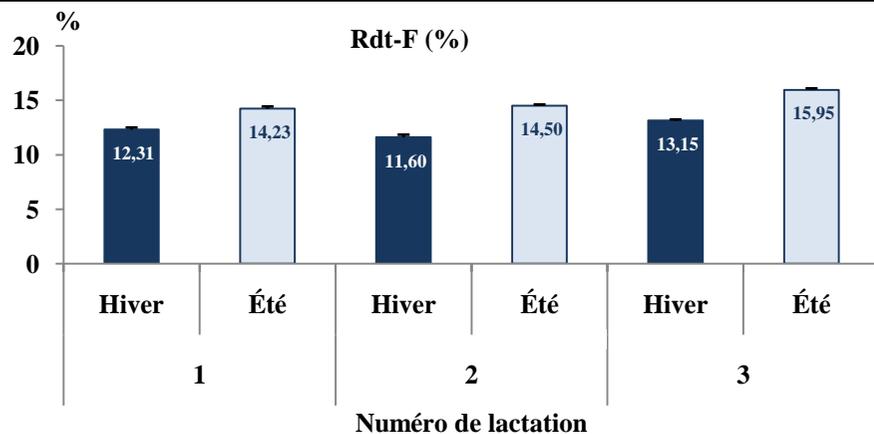


Figure 59 : Variation des paramètres physico-chimiques des fromages en fonction de l'interaction de la saison avec le numéro de lactation

I.3.1.4. Effet de la saison indépendamment de la lactation :

Le tableau 46 indique les résultats de la variation des paramètres physico-chimiques des différents fromages fabriqués au cours des deux saisons étudiées (toute lactation confondue).

Tableau 46 : Résultats de la variation des différents paramètres du fromage à pâte molle en fonction de la saison (toute lactation confondue)

Paramètres physico-chimiques	Saison		P
	Hiver	Été	
EST-F (%)	57,25±2,85	62,13±1,18	***
TB-F (%)	31,81±5,71	33,83±1,64	NS
TP-F (%)	19,52±0,97	20,87±0,65	**
G/S (%)	55,56±7,03	54,45±5,44	NS
Rdt-F	12,35±0,67	14,89±0,80	***
NaCl (%)	1,88±0,02	1,87±0,01	NS

*** : $P < 0,001$; ** : $P < 0,01$; * : $P < 0,05$; NS : $P > 0,05$.

L'analyse a révélé des différences hautement significatives ($p < 0,01$) de l'influence de la saison sur EST-F, TP-F et le rendement fromager (Figure 60). En effet, ceci est étroitement lié à la qualité physicochimique du lait mis en œuvre pour leur préparation, caractérisé par une richesse en matières utiles en fonction de l'avancement des vaches dans le stade de lactation et parallèlement à la mise à l'herbe de ces dernières (ROOK, 1961 ; AURIOL *et* JARRIGE, 1962 ; KRIRCHGENRS *et al.*, 1967 ; JOURNET *et* REMOND, 1980) ; signalons par ailleurs que la durée du jour a un effet positif sur le taux protéique (STANISIEWSKI *et al.*, 1985 ; PHILLIPS *et* SCHOFIELD, 1989 ; TUCKER, 1985 ; BOCQUIER, 1985). Le taux de sel reste quant à lui lié à la manœuvre du saumurage.

Selon l'étude de GAREL *et* COULON (1990), au printemps comme à l'automne, le pâturage s'est accompagné d'une augmentation du rendement en fromage par rapport à l'alimentation hivernale. Cette augmentation de rendement est surtout importante lors du passage du régime ensilage au régime d'herbe (+7 à 12 %) en liaison avec l'augmentation des taux protéiques et butyreux observés lors de ces changements de régime.

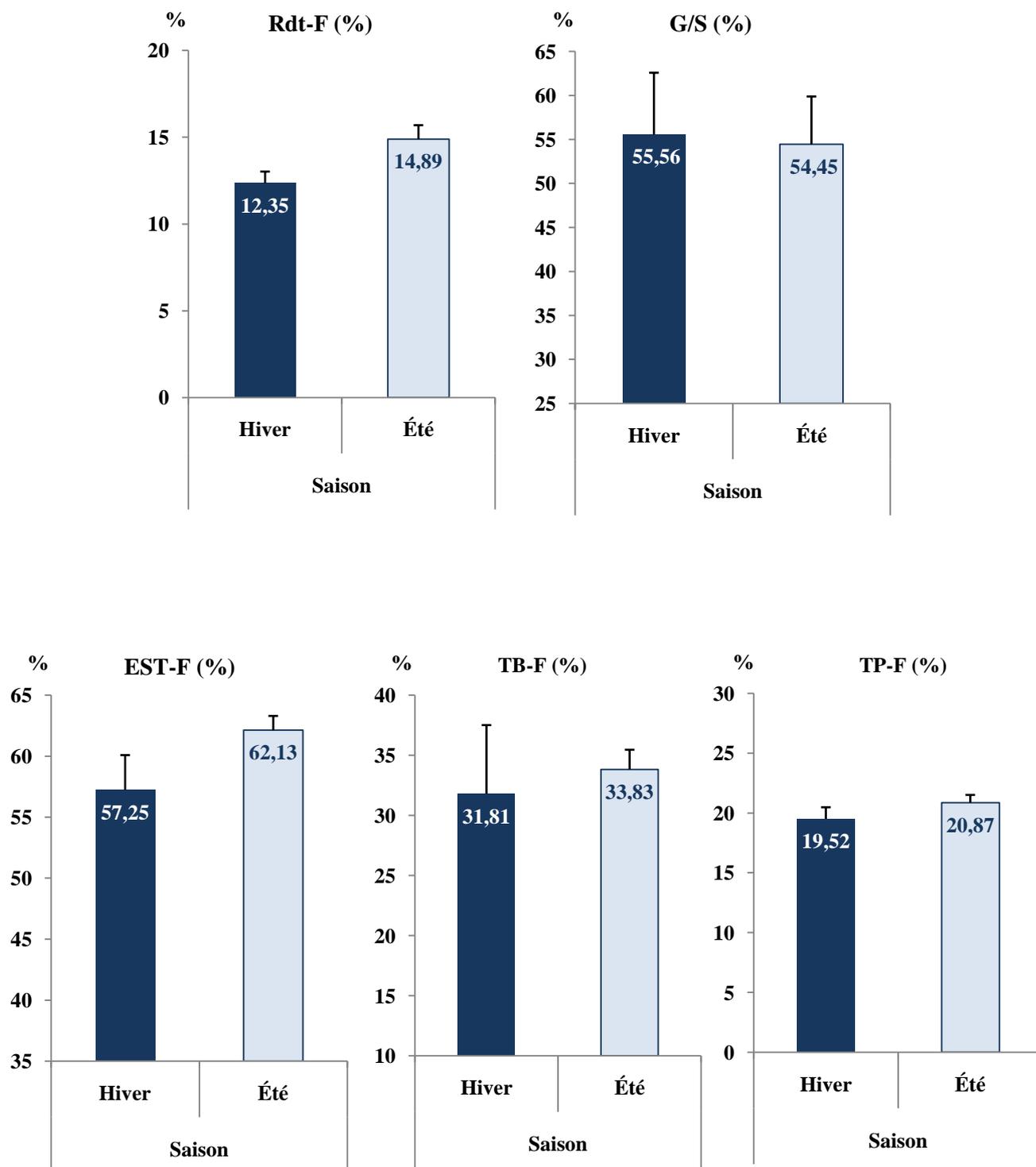


Figure 60 : Variation des paramètres physico-chimiques des fromages en fonction de la saison (toute lactation confondue)

I.3.1.5. Effet du numéro de lactation :

Les résultats de la variation des paramètres physico-chimiques des fromages, en fonction du numéro de lactation, étudiés respectivement en hiver et en été, sont présentés dans le tableau 47.

En hiver, les résultats indiquent un rendement fromager inférieur aux normes fixées : 15 % - 17 % (ST GELAIS *et al.*, 2002) pour les fromages à pâte molle, avec respectivement $12,31 \pm 0,20$ %, $11,60 \pm 0,25$ % et $13,15 \pm 0,10$ % pour la 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} lactation (Figure 61 ; Tableau 47). De même, MIETTON (1991) rapporte que le rendement fromager du camembert traditionnel se situe entre 14 et 15%. On constate alors, que seuls les fromages fabriqués en été, y sont conformes, avec respectivement $14,23 \pm 0,21$ %, $14,50 \pm 0,12$ % et $15,95 \pm 0,15$ % pour la 1^{ère}, la 2^{ème} et la 3^{ème} lactation (Figure 61 ; Tableau 47). La différence du rendement fromager entre les fromages peut être expliquée, selon HURTAUD *et al.* (2001), par la teneur en matières utiles (TB et TP) du lait (Tableau 40). Elle explique à elle seule 77% du rendement frais et 87% du rendement en matière sèche et que seuls les taux butyreux et protéique constituent de bons prédicateurs du rendement fromagers des laits de bonnes qualités hygiéniques. Cela peut expliquer les rendements obtenus chez les vaches en 3^{ème} lactation pour les deux saisons, dont l'EST, le TB et le TP du lait sont supérieurs de manière significative ($p < 0,05$) par rapport à ceux des 2 autres lactations (Tableau 40). L'analyse de variance vient renforcer notre résultat quant à l'influence du numéro de lactation sur le rendement fromager, indiquant une influence hautement significative ($p < 0,01$).

En outre, les taux de matière grasse des différents fromages obtenus sont supérieurs aux normes fixées par RAMET (1983) (22,3 %), et EVETTE (1975) (22,8 %), ceci est en partie, dû à l'étape de standardisation qui n'a pas eu lieu dans ce cas. Le taux de matière grasse dépend principalement de la composition du lait mis en œuvre, ainsi que la manière de coaguler le lait et de travailler le cailler (VEISSEYER, 1979). Par ailleurs, et selon CHOISY *et al.* (1987), cette augmentation par rapport aux normes, peut être expliquée par la concentration des composants du fromage au cours de l'affinage et suite à la perte d'eau par évaporation. En effet, la teneur en matière grasse constitue un paramètre important pour la commercialisation des fromages, elle doit être déclarée soit en pourcentage de la masse, soit en pourcentage de matière grasse dans l'extrait sec (CODEX ALIMENTARIUS, 2011). Selon VEISSEYRE (1979) le rapport gras/sec est utilisé comme un indice commercial porté sur l'étiquette du produit.

Tableau 47 : Résultats de la variation des différents paramètres du fromage à pâte molle en fonction du numéro de lactation

Saison	Numéro de lactation	Fromage	EST-F (%)	TB-F (%)	TP-F (%)	G/S (%)	Rdt-F (%)	NaCl (%)
Hiver	1	Hh1	58,80±2,02 ^b	35,55±2,03 ^b	18,71±1,21 ^c	60,46±3,21 ^a	12,31±0,20 ^b	1,87±0,01
	2	Hh2	59,47±1,13 ^a	35,67±2,14 ^a	19,05±2,03 ^b	59,98±4,05 ^b	11,60±0,25 ^c	1,87±0,01
	3	Hh3	53,47±1,22 ^c	24,20±1,91 ^c	20,80±1,41 ^a	45,26±3,51 ^c	13,15±0,10 ^a	1,88±0,01
Été	1	Eh1	61,25±3,05 ^c	32,52±1,15 ^c	21,27±1,02 ^b	53,09±4,12 ^c	14,23±0,21 ^c	1,87±0,01
	2	Eh2	61,45±2,54 ^b	32,98±2,27 ^b	21,34±1,14 ^a	53,67±3,10 ^b	14,50±0,12 ^b	1,87±0,01
	3	Eh3	63,70±2,15 ^a	36,00±0,98 ^a	20,00±1,31 ^c	56,51±5,15 ^a	15,95±0,15 ^a	1,86±0,01

Sur chaque colonne et pour chaque saison, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes ($P < 0,05$), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

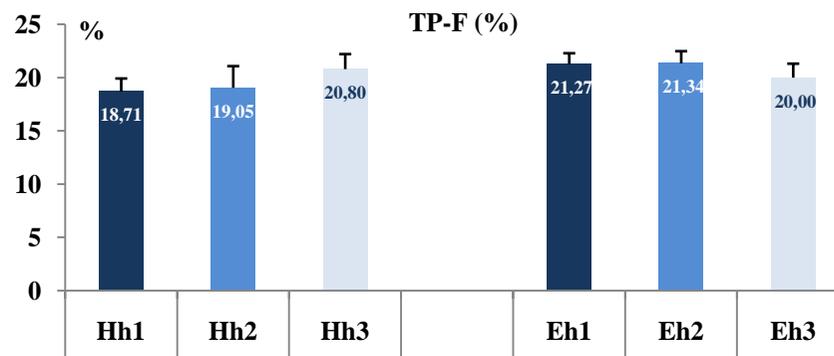
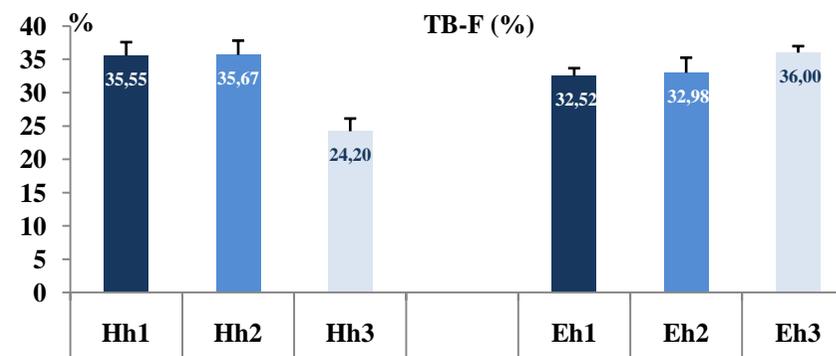
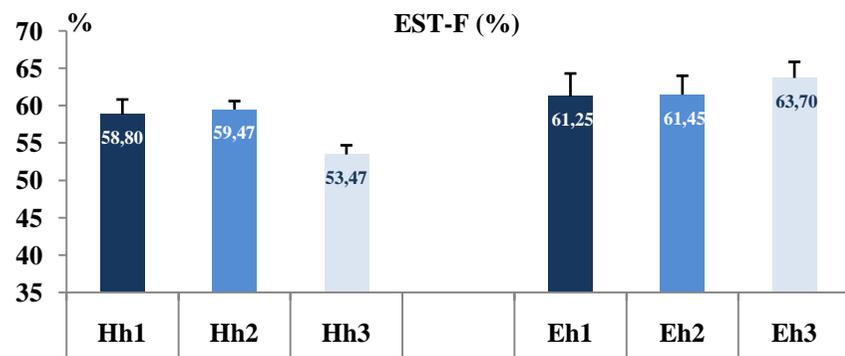
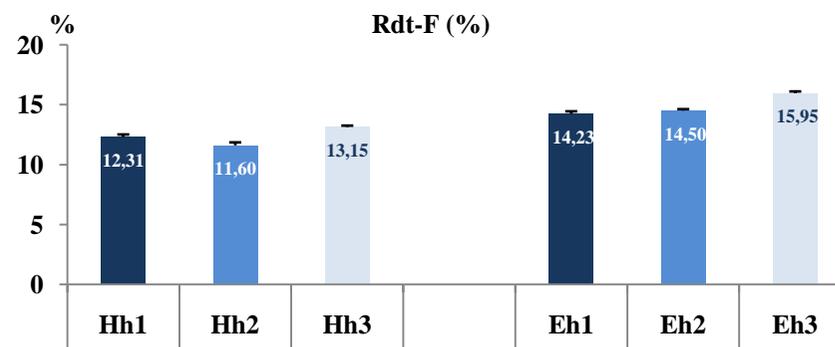
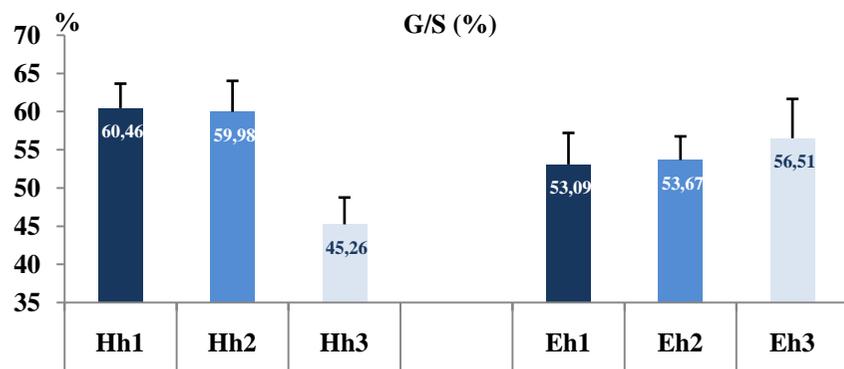


Figure 61 :Variation des paramètres physico-chimiques des fromages en fonction du numéro de lactation

I.3.1.6. Corrélation entre les paramètres physico-chimiques du lait et du fromage :

Pour étudier la corrélation entre les facteurs de production, la composition du lait et la qualité des fromages, toutes les fabrications réalisées ont été retenues.

A cet effet, le test de corrélation est effectué pour mettre en évidence les relations de dépendance pouvant exister entre les différents facteurs de production, les paramètres physico-chimiques du lait et ceux du fromage.

Au seuil de confiance de 95%, on peut rejeter l'hypothèse nulle (absence de corrélation significative entre les variables). Le tableau 48 présente les coefficients de corrélation entre les facteurs de production, la composition du lait et celle des fromages.

La matrice de corrélation confirme des propriétés bien connues : il existe une corrélation très hautement significative entre :

- L'extrait sec total du lait et respectivement le taux butyreux du lait ($r = +0,80$), le taux protéique du lait ($r = +0,79$) ;
- L'extrait sec total du fromage et le taux butyreux du fromage ($r = +0,66$) ;
- Le taux protéique et le taux butyreux ($r = +0,76$).

Ce test de corrélation confirme également ce qui a été déjà démontré par l'analyse de variance :

- Il existe une dépendance très significative du taux protéique du lait ($r = +0,47$), et de l'extrait sec total du lait ($r = +0,44$) et du fromage ($r = +0,82$) de la saison ;
- D'autre part, il existe une dépendance du taux protéique du lait ($r = +0,67$), et du taux butyreux du lait ($r = +0,54$) du numéro de lactation ; et une dépendance de l'extrait sec total du fromage du type d'affinage ($r = -0,65$) ;
- Le rendement fromager dépend de l'extrait sec total du lait ($r = +0,75$), du taux butyreux du lait ($r = +0,53$), du taux protéique du lait ($r = +0,79$), et de l'extrait sec total du fromage ($r = +0,64$).
- Le rapport G/S est corrélé significativement avec les taux protéique ($r = -0,84$) et butyreux du fromage ($r = +0,81$).

Les relations entre le rendement fromager et la composition du lait sont comparables à celles proposées par BANKS *et al.* (1981), MIETTON (1987) et GAREL *et* COULON, (1990) avec d'autres conditions de conduite des troupeaux, et sur d'autres types de fabrications fromagères.

Le tableau 48 : Matrice de corrélation entre les facteurs de production, les paramètres physico-chimiques du lait et ceux du fromage

Corrélation	Saison	Numéro de lactation	Type d'affinage	EST	TB	TP	EST-F	TB-F	NaCl	TP-F	G/S	Rdt-F
Saison	1,00											
Numéro de lactation	-0,00	1,00										
Type d'affinage	-0,50	-0,00	1,00									
EST	0,44	0,31	-0,22	1,00								
TB	0,06	0,54	-0,03	0,80	1,00							
TP	0,47	0,67	-0,23	0,79	0,76	1,00						
EST-F	0,82	-0,11	-0,65	0,31	-0,16	0,28	1,00					
TB-F	0,33	-0,27	-0,28	0,29	-0,03	0,08	0,66	1,00				
NaCl	0,17	0,06	-0,44	-0,06	-0,12	0,05	0,24	-0,12	1,00			
TP-F	0,39	0,07	-0,19	-0,27	-0,42	-0,04	0,23	-0,52	0,40	1,00		
G/S	-0,19	-0,35	0,10	0,09	0,01	-0,18	0,11	0,81	-0,35	-0,84	1,00	
Rdt-F	0,87	0,34	-0,44	0,75	0,53	0,79	0,64	0,26	0,10	0,15	-0,19	1,00

En couleur rouge, valeurs de "r" significatives au seuil $\alpha=0,05$ (test bilatéral) ; r : coefficient de corrélation ; Rdt. : Rendement ; L : Lait ; F : Fromage.

L'approche corrélationnelle adoptée au cours de ce travail a permis, cependant, de conclure à des relations de causalité entre les conditions de production du lait et les caractéristiques physico-chimiques des fromages à savoir le rendement fromager, l'extrait sec total du fromage et le rapport gras sur sec.

On peut, par ailleurs, estimer ces trois derniers paramètres à partir des teneurs en matières utiles (TB et TP) par régression multiple.

Dans un premier temps, le rendement fromager a été introduit dans les équations de prédiction, et dans un second temps l'extrait sec total des fromages, puis le rapport gras sur sec en dernier. Les équations obtenues sont les suivantes :

Fromage d'hiver affiné en hâloir :

- ✓ $Rdt-F = 0,13 * TB + 0,33 * TP - 3,05$
- ✓ $EST-F = 0,27 * TB - 3,91 * TP + 164,26$
- ✓ $G/S = 1,35 * TB - 11,55 * TP + 348,13$

Fromage d'hiver affiné en cave traditionnelle:

- ✓ $Rdt-F = 0,13 * TB + 0,33 * TP - 2,95$
- ✓ $EST-F = - 0,43 * TB + 0,77 * TP + 49,46$
- ✓ $G/S = 3,27 * TB - 5,47 * TP + 83,99$

Fromage d'été affiné en hâloir :

- ✓ $Rdt-F = 0,34 * TB + 0,03 * TP + 1,32$
- ✓ $EST-F = 0,52 * TB - 0,08 * TP + 42,77$
- ✓ $G/S = 0,12 * TB + 0,08 * TP + 45,77$

Ces équations permettent d'avoir une estimation précoce, satisfaisante en moyenne à l'échelle d'une saison, d'une lactation donnée et d'un type d'affinage précis pour ces camemberts fabriqués à partir du lait de Holstein.

I.3.2. Qualité sensorielle :

La qualité sensorielle des fromages a été appréciée, sur l'ensemble des fromages et à la fin de l'affinage (notation de l'aspect général, de la texture et du goût). Les échelles de notation sont présentées en annexe 4.

En l'absence du jury de dégustation, les qualités organoleptiques ont été appréciées par un groupe de 10 personnes de la laiterie fromagerie « Président », dont un professionnel du groupe français Lactalis.

En revanche, une analyse microbiologique des fromages a été réalisée pour assurer le bon déroulement de la dégustation des fromages. Toutefois, les résultats obtenus indiquent la présence de germes totaux et de coliformes fécaux, et absence totale de germes pathogènes (*Clostridium* sulfi-réducteurs, salmonelles, streptocoques fécaux et *Staphylococcus aureus*). Ceci peut se traduire par de mauvaises conditions d'hygiène lors de la traite ou de la fabrication des fromages. Sachant que le lait mis en œuvre pour la fabrication des fromages, n'a pas subi de pasteurisation.

Par ailleurs, l'analyse statistique des résultats de dégustation obtenus (Annexe 6) a été effectuée selon la méthode de KRAMER (1960), qui repose sur le calcul de la moyenne des scores et de la somme des rangs, attribués par les dix panélistes, pour chaque fromage. La différence entre les fromages est dite significative dans l'intervalle de rang total compris entre 32-58 (Annexe 4) au seuil de 5% de probabilité.

Cette analyse a porté sur trois critères, à savoir : l'aspect général, la texture, et le goût sur l'ensemble des fromages : Hh1, Hh2, Hh3, Hc1, Hc2, Hc3, Eh1, Eh2 et Ec3.

I.3.2.1. Aspect général :

La figure 62 représente la somme des rangs et la moyenne des scores de l’aspect général de l’ensemble des fromages.

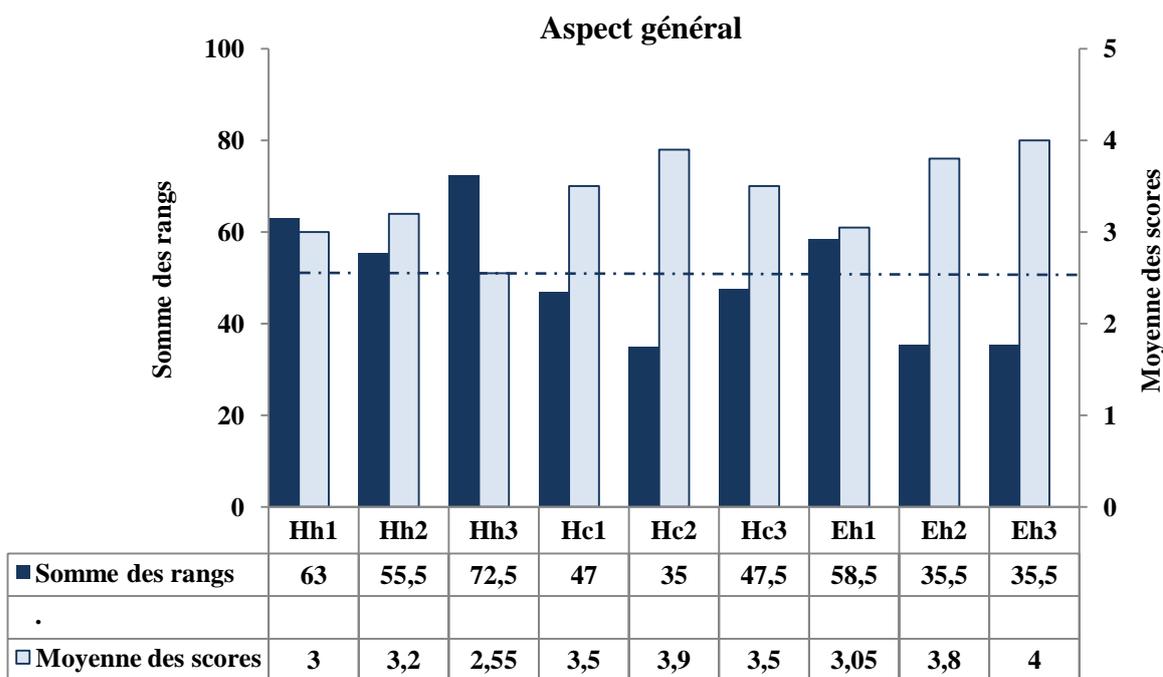


Figure 62 : Somme des rangs et moyenne des scores de l’aspect général des fromages

L’ensemble des fromages présentent des scores moyens de l’aspect général en dessus de la limite acceptable (2,5). Le score le plus bas étant de 2,55.

Selon la somme des rangs (SR>58), les fromages Hh1, Hh3 et Eh1 sont significativement mauvais pour les panélistes. En effet, ceci est dû principalement, au développement du bleu à la surface des fromages, suite à une contamination lors de la préparation et de l’affinage.

Par contre, selon les sommes des rangs, les fromages Hh2, Hc1, Hc2, Hc3, Eh2 et Eh3 se situent dans l’intervalle de signification [32 - 58]. La différence de l’aspect général de ces fromages n’est, alors, pas significative à 5% de probabilité.

Par ailleurs, ces fromages présentent un assez bon aspect général, la moyenne des scores est assez rapprochée et supérieur à la limite acceptable. La valeur la plus élevée est de 4. Ici l'effet du développement du bleu semble être négligé par les panélistes. Notons que les fromages fabriqués en été (Eh2 et Eh3) n'ont pas été contaminés par le Bleu.

Selon la moyenne des scores, le fromage Eh3 (3^{ème} lactation, été, hâloir) est statistiquement le meilleur (MS=4), vient ensuite respectivement et dans un ordre décroissant, les fromages Hc2, Eh2, Hc1 et Hc3, et enfin Hh2, contre les fromages Eh1, Hh1 et Hh3 qui sont jugés mauvais (SR>58).

D'après de nombreuses études, la composition du lait est le facteur principal influençant la qualité sensorielle du fromage (MARTIN *et al.*, 1997), la variation de la composition du lait est directement liée au stade physiologique, à l'âge de la vache laitière, à l'alimentation, et à la conduite d'élevage, mais également indirectement suite aux différents traitements que subit le lait en industrie (pasteurisation, standardisation).

Toutefois, les fromages d'été ont été plus jaunes. Ces différences s'expliquent vraisemblablement par leur rapport G/S plus élevé, lui-même dépendant du rapport TB/TP des laits utilisés pour leur fabrication.

La couleur dépend aussi directement de la composition des fourrages. Le lait contient des quantités plus ou moins importantes de pigments. Le plus connu est le carotène, présent en grandes quantités dans les fourrages verts et qui contribue à la coloration jaune des produits laitiers. Très sensible aux ultra-violets, le carotène est détruit lors du séchage et de la conservation des fourrages de manière d'autant plus forte que l'exposition à la lumière est importante (PARK *et al.*, 2000). La nature de l'alimentation adonc un effet marqué sur sa teneur dans le lait et donc sur la couleur des beurres et des fromages (HOUSSIN *et al.*, 2002). Ainsi les fromages réalisés avec des laits de printemps sont beaucoup plus jaunes que ceux réalisés avec des laits d'hiver. L'hiver, les fromages réalisés avec des laits d'ensilage d'herbe sont plus jaunes que ceux réalisés avec des laits de foin, surtout si ces derniers sont restés longtemps au sol. L'ensilage de maïs très pauvre en carotènes, conduit à des fromages très blancs (VERDIER-METZ *et al.*, 1998).

I.3.2.2. Texture :

La figure 63 représente la somme des rangs et la moyenne des scores de la texture (dureté de la pâte) des fromages.

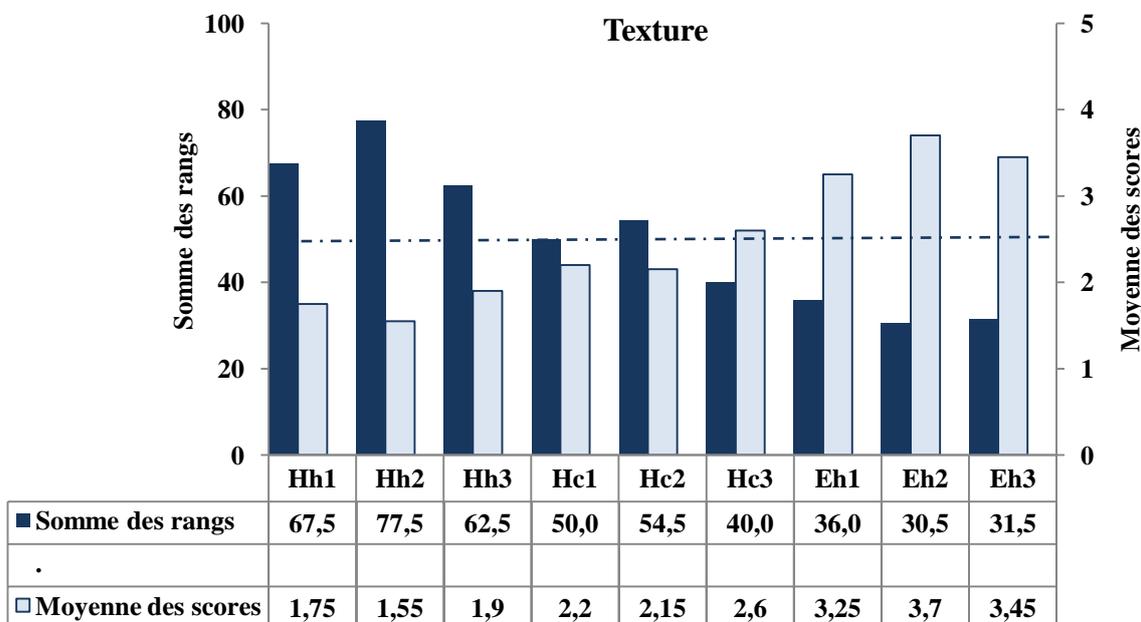


Figure 63 : Somme des rangs et moyenne des scores de la texture des fromages.

À priori, et à l'inverse de l'aspect général, la texture des fromages présente des scores moyens inférieurs de la limite acceptable (2,5). C'est le cas des fromages fabriqués en hiver et affinés en hâloir (Hh1, Hh2 et Hh3). Leur texture est jugée significativement mauvaise avec des sommes des rangs supérieures à 58.

Par contre, l'analyse de KRAMER révèle que la somme des rangs se situe entre [32 – 58] pour les fromages Hc1, Hc2, Hc3 et Eh1, et ne présentent donc pas de différence significative de texture entre eux à 5% de probabilité.

Par ailleurs, et toujours d'un point de vue statistique, les fromages Eh2 et Eh3 semblent être significativement meilleurs avec des SR < 32. Le fromage Eh2 est le plus apprécié par les panélistes avec une moyenne des scores de 3,7.

Les panélistes ont jugé, toutefois, que la texture des fromages Hh1, Hh2 et Hh3 étaient plus fermes contrairement à celle des fromages Eh1, Eh2 et Eh3, qui étaient plus élastique. En effet, selon MARTIN *et* COULON (1995), les fromages en fin de lactation sont plus humides, se protéolyses rapidement et dont la texture est élastique. Toutefois les études entreprises sur l’effet de l’affinage sur la qualité sensorielle du fromage restent pour le moins rares.

Selon plusieurs travaux, le stade de lactation est un facteur de variation moyen des constituants du lait, plus particulièrement sur le taux de matière grasse, le taux de protéines, les minéraux ainsi que certaines enzymes endogènes telle la plasmine, conduisant à une influence sur la qualité sensorielle du fromage en particulier la texture (COULON *et al.*,1991 ; DUPONT *et al.*,1998 ; MARTIN *et* COULON 1995 ; MARTIN *et al.*,1997).

I.3.2.3. Goût :

La figure 64 représente la somme des rangs et la moyenne des scores du goût des fromages.

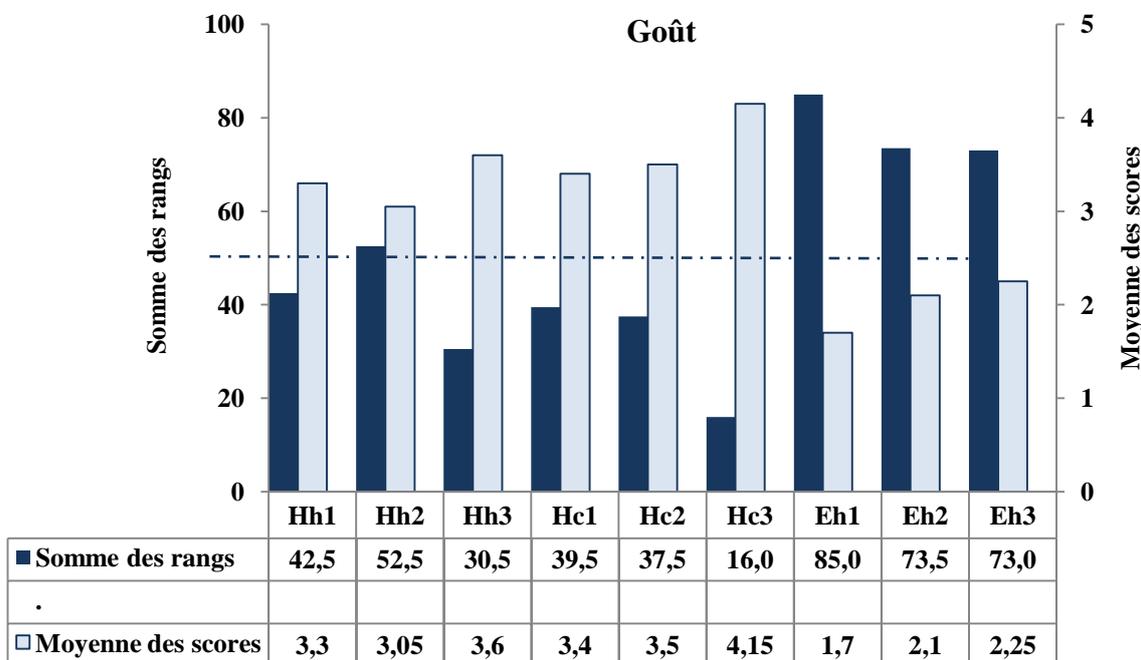


Figure 64 : Somme des rangs et moyenne des scores du goût des fromages

Sur un plan gustatif, l'observation de la somme des rangs des fromages fabriqués en été (Eh1, Eh2 et Eh3 ; $SR > 58$) indique qu'ils présentent une différence significative à 5 % de probabilité, et ils sont jugés de mauvais par les panélistes. Leurs moyennes des scores sont inférieures à la limite acceptable (2,5). Les panélistes révèlent cependant, un goût assez fort, et amer de ces fromages. En effet, selon MARTIN *et* COULON (1995), LUCEY *et al.* (1992) et LUCEY (1996), les fromages de fin de lactation ont des défauts de goût plus prononcés.

Selon COULON *et al.* (2005) l'augmentation de la plasmine en fin de lactation est à l'origine d'une protéolyse rapide est excessive des fromages (BENSLIMANE *et al.*, 1990 ; COULON *et al.*, 2005), l'augmentation de la lipolyse en fin de lactation, selon CHAZAL *et* CHIALLARD (1986), liée à la modification du globule gras (CHILLARD *et al.*, 2000) est responsable de l'altération des caractères sensoriels des fromages.

Par contre, la somme des rangs des fromages Hh1, Hh2, Hc1 et Hc2 est comprise dans l'intervalle [32 – 58], ce qui laisse juger qu'il n'existe pas de différence significative entre l'ensemble de ces fromages d'hiver, de 1^{ère} et 2^{ème} lactation.

Par ailleurs, le goût des fromages de la 3^{ème} lactation et fabriqué en hiver (Hh3 et Hc3) sont significativement meilleurs ($SR < 32$) et ce, quel que soit le type d'affinage.

Un certain nombre de travaux indiquent également que la nature de l'alimentation, principalement celle des fourrage, a un effet marqué sur la composition du lait, par conséquent sur la flaveur du fromage (HOUSSIN *et al.*, 2002).

COULON *et al.* (2005) rapportent que la présence de molécules dans le lait issu directement de l'alimentation tel que les terpènes, et les caroténoïdes ou produite par l'animal (plasmine, AG) peuvent modifier les caractéristique sensorielles du fromage. La nature du fourrage peut également modifier l'écosystème microbien du lait et son activité, ainsi des répercussions sur le fromage vont être constatées (DEMARIGNY *et al.*, 1997 ; DESMASURE *et* GUENGUEN, 1997 ; MICHEL *et al.*, 2001 ; DUTHOIT, 2003).

I.4. Conclusion :

Les résultats des analyses physicochimiques indiquent une grande variabilité d'une fabrication fromagère à une autre pour les critères de qualité étudiés en fonction des pratiques de production et de transformation.

En effet, l'interaction du type d'affinage avec le numéro de lactation semble avoir une influence hautement significative sur le rendement fromager et les paramètres physicochimiques à savoir : le rapport G/S, l'EST-F, le TP-F et le TB-F. Comparativement à l'affinage en cave traditionnelle, l'affinage en hâloir permet d'obtenir une meilleure qualité physico-chimique des fromages fabriqués à partir des laits de 1^{ère} et de 2^{ème} lactation. Par contre, pour la 3^{ème} lactation, c'est l'affinage en cave traditionnelle qui est associé aux meilleures qualités physico-chimiques des fromages obtenus.

Par ailleurs, l'effet propre de la saison concerne essentiellement le rendement fromager, l'EST-F et le TP-F, et il s'explique par la différence de composition chimique des laits entre les deux saisons. En pratique, des différences plus marquées entre saisons ont été enregistrées en fonction du numéro de lactation.

En revanche, des équations d'estimation précoce, entre le Rdt-F, l'EST-F et le rapport G/S du fromage et les TP et TB du lait, ont été établies.

Du point de vue sensoriel, ce sont les fromages d'hiver, affinés en cave traditionnelle (Hc1, Hc2 et Hc3) qui ont été les plus appréciés par les panelistes, avec un aspect général assez bon, une texture assez bonne et un goût assez bon à très bon (Tableau 49). Les fromages d'hiver, affinés en hâloir, présentent par contre, un aspect général variant entre mauvais et assez bon ; une mauvaise texture, et un goût assez bon à très bon. Alors que les fromages d'été, ont un aspect général mauvais à assez bon, une texture assez bonne à très bonne, et un mauvais goût.

Tableau 49 : Tableau récapitulatif des résultats de l'analyse sensorielle des différents fromages

	Hh1	Hh2	Hh3	Hc1	Hc2	Hc3	Eh1	Eh2	Eh3
Aspect général	Mauvais SR >58	Assez bon SR ≡ [32 - 58]	Mauvais SR >58	Assez bon SR ≡ [32 - 58]			Mauvais SR >58	Assez bon SR ≡ [32 - 58]	
Texture	Mauvaise SR >58			Assez bonne SR ≡ [32 - 58]				Très bonne SR <32	
Goût	Assez bon SR ≡ [32 - 58]		Très bon SR <32	Assez bon SR ≡ [32 - 58]		Très bon SR <32	Mauvais SR >58		

ESSAI II : Effet de l'agent coagulant, de la race et du numéro de lactation sur la qualité du fromage type camembert

II.1. Introduction :

La quantité de fromage produite et sa qualité dépendent à la fois des caractéristiques génétiques (race) (GROSCLAUDE, 1988) et physiologiques des animaux (stade de lactation) (COULON *et al.*, 1991) et de celles de l'alimentation quand celle-ci affecte la composition chimique du lait, et en particulier le taux protéique (MACHEBOEUF *et al.*, 1993b).

D'autre part, au cours de la transformation fromagère, certains paramètres technologiques sont susceptibles de modifier de façon plus ou moins importante les caractéristiques du lait et donc influencer celles du fromage (LUCAS *et al.*, 2006).

Dans cette partie, l'objectif visé est de quantifier les effets respectifs des conditions de production du lait (race et numéro de lactation) et de la transformation fromagère par deux agents coagulants (présure commerciale et pepsine ovine) sur la composition physico-chimique et la qualité organoleptique du fromage à pâte molle type camembert.

II.2. Méthodologie :

II.2.1. Conditions expérimentales :

Les laits de mélange des vaches de deux races, Holstein et Montbéliarde, ont été respectivement transformés en fromage à pâte molle type camembert, en conditions expérimentales plus ou moins contrôlées. Les laits utilisés provenaient dans les deux cas, de la 1^{ère} et 2^{ème} lactation.

La coagulation dans chaque cas, a été réalisée soit par la présure commerciale (enzyme d'origine microbienne) ou bien par un extrait enzymatique brut (EEB ; pepsine ovine).

Les essais ont été réalisés en suivant le procédé pratiqué au niveau de l'unité fromagère ANDLESS dans la Wilaya de Bejaïa.

Il est à préciser que l'unité en question est une petite unité à caractère intermédiaire entre le traditionnel et moderne, compte tenu d'un grand nombre d'étapes réalisées manuellement.

A cet effet, un système de codification à l'aide de lettres alphabétiques et de répartition selon la race, le numéro de lactation et l'agent coagulant, a été mis en place afin de pouvoir identifier les différents fromages.

Pour la race Holstein (H), quatre fromages ont été fabriqué :

- **Fromage Hp1** : fromage fait à base de lait de 1^{ère} lactation, de la race Holstein (H), et coagulé par la présure commerciale (p) ;
- **Fromage Hp2** : fromage fait à base de lait de 2^{ème} lactation, de la race Holstein, et coagulé par la présure commerciale ;
- **Fromage He1** : fromage fait à base de lait de 1^{ère} lactation, de la race Holstein, et coagulé par l'extrait enzymatique brut ;
- **Fromage He2** : fromage fait à base de lait de 2^{ème} lactation, de la race Holstein, et coagulé par l'extrait enzymatique brut.

De même, pour la race Montbéliarde (M), quatre fromages ont été fabriqué :

- **Fromage Mp1** : fromage fait à base de lait de 1^{ère} lactation, de la race Montbéliarde (M), et coagulé par la présure commerciale (p) ;
- **Fromage Mp2** : fromage fait à base de lait de 2^{ème} lactation, de la race Montbéliarde, et coagulé par la présure commerciale ;
- **Fromage Me1** : fromage fait à base de lait de 1^{ère} lactation, de la race Montbéliarde, et coagulé par l'extrait enzymatique brut ;
- **Fromage Me2** : fromage fait à base de lait de 2^{ème} lactation, de la race Montbéliarde, et coagulé par l'extrait enzymatique brut.

II.2.2. Prélèvement et analyses :

Des mesures physico-chimiques ont été effectuées sur les fromages réalisés, à savoir : l'extrait sec total (EST-F), les taux butyreux (TB-F) et protéique (TP-F), le rapport gras sur sec (G/S), et le rendement fromager (Rdt-F). En outre, une analyse sensorielle a été réalisée sur l'ensemble des fromages.

II.3. Résultats et discussion :

II.3.1. Physicochimie des fromages :

II.3.1.1. Influence de l'agent coagulant :

L'influence de l'agent coagulant (présure, extrait enzymatique brut) sur le rendement et la qualité physicochimique du camembert, a été étudié, en premier lieu, indépendamment des facteurs d'élevage (race et numéro de lactation).

Le tableau 50 présente la variation des paramètres physico-chimiques des différents fromages en fonction de l'agent coagulant (tout autre facteur confondu).

Tableau 50 : Variation des paramètres physico-chimiques des différents fromages en fonction de l'agent coagulant

Agent coagulant	Paramètres physico-chimiques			
	TB-F (%)	EST-F (%)	G/S (%)	Rdt-F (%)
Présure	28,96±1,86	68,23±0,68	42,42±2,33	17,10±0,34
EEB	25,52±2,57	65,56±0,94	38,93±3,93	15,61±0,43
P	**	***	*	***

P : probabilité ; * : P < 0,05 ; ** : P < 0,01 ; *** : P < 0,001.

Les camemberts obtenus avec l'extrait enzymatique brut présentait des taux butyreux (25,52±2,57 %) significativement inférieurs (p<0,01) à ceux obtenus avec la présure commerciale : 28,96±1,86 % (Figure 65). Ceci peut être expliqué en partie par l'utilisation de la pepsine ovine sous forme brute susceptible de contenir des enzymes lipolytiques.

Par ailleurs, les valeurs du rapport G/S obtenues sont plus faibles par rapport aux normes recommandées. Il doit être entre 45 et 55% selon le CODEX ALIMENTARIUS (2011), avec

une valeur minimale acceptable de 30 %. Cependant, les valeurs les plus élevées de ce dernier, étaient enregistrées chez les camemberts fabriqués avec la présure commerciale : $42,42 \pm 2,33$ % en moyenne.

Les résultats des extraits secs obtenus à partir des différents laits et agents coagulants, sont supérieurs aux normes recommandées par plusieurs auteurs : FEINBERG *et al.* (1992) : 40,3-53,9 %, et CODEX ALIMENTARIUS (2011) : 38 à 41 % comme teneurs minimales pour les fromages à pâtes molles ayant des rapports G/S compris entre 30 et 45 %. Ceci semble être dû aux mauvaises conditions de ressuyage (24 h à 23 °C).

Selon LE JAOUEN (1977), les salles de ressuyages doivent être munies de plusieurs ventilateurs assez puissant qui souffleront sur le fromage avec un air ayant une température maintenu dans une fourchette de 15 °C à 20 °C afin d'éviter certain accidents telle qu'une déshumidification excessive du fromage et formation d'un croustage indésirable.

En outre, selon VIGNOLA (2002), le rendement varie généralement entre 15 et 17 % pour les fromages à pâte molle. Les résultats obtenus au cours de notre essai varient dans cet intervalle.

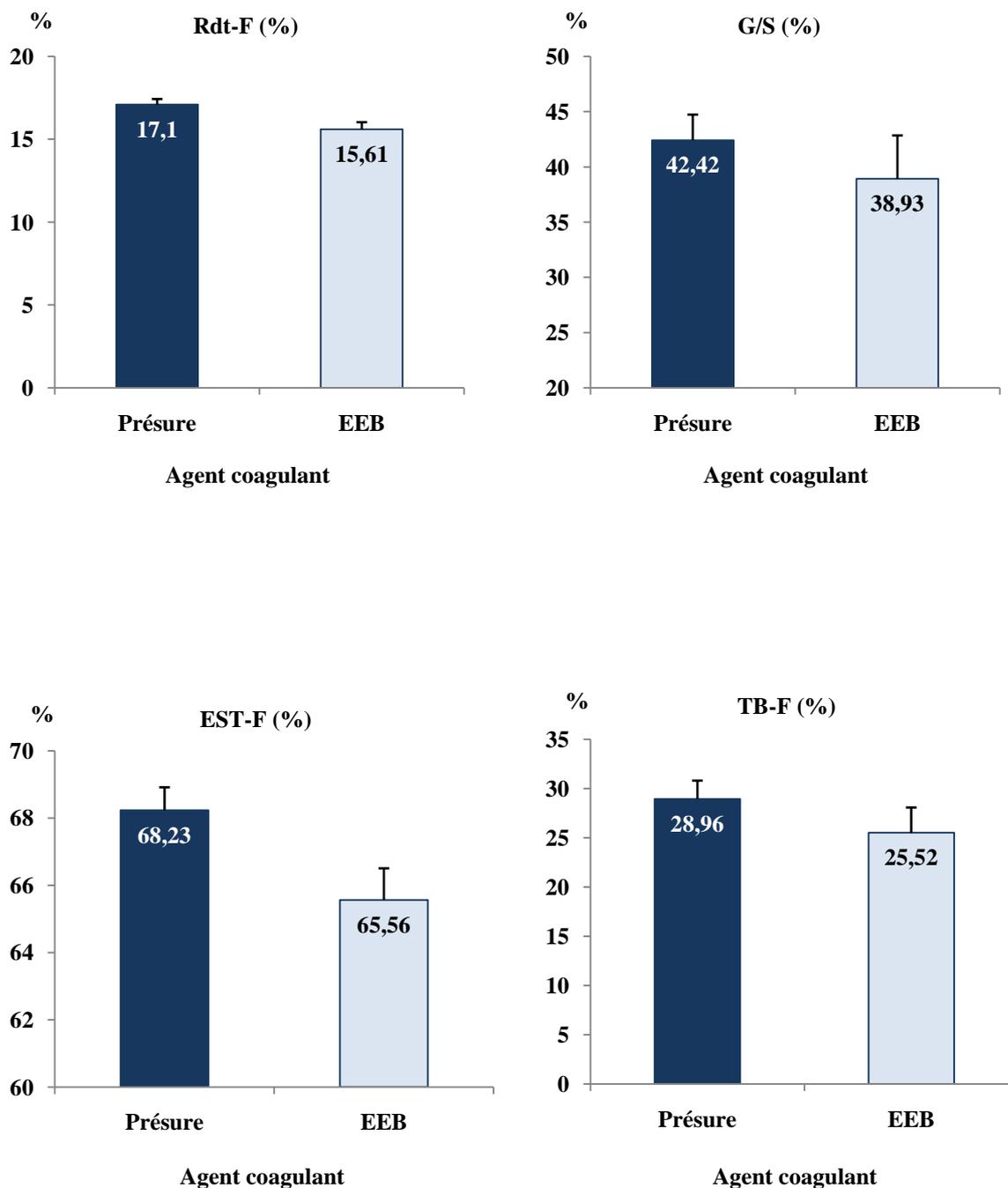


Figure 65 : Variation des paramètres physico-chimiques du camembert en fonction de l'agent coagulant

II.3.1.2. Influence de l'interaction entre l'agent coagulant, la race et le numéro de lactation :

L'influence de l'interaction entre l'agent coagulant, la race et le numéro de lactation a été étudiée par l'analyse de variance (ANOVA à 3 facteurs). Cette dernière a été appliquée sur les paramètres physico-chimiques du camembert, en fonction de la race (Holstein et Montbéliarde), du numéro de lactation (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème}), et de l'agent coagulant (présure et extrait enzymatique brut). Le tableau 51 et la figure 66 présentent les résultats de cette analyse.

Selon le tableau 51, l'interaction des trois facteurs, a un effet très hautement significatif ($p < 0,001$) sur l'ensemble des paramètres physico-chimiques du camembert.

A première vue (Figure 66), les valeurs de tous les paramètres sont plus élevées chez les camemberts fabriqués à partir du lait de la race Holstein par rapport à ceux fabriqués à partir du lait de la race Montbéliarde. De nombreuses études ont été réalisées pour évaluer l'effet des caractéristiques génétiques des animaux (race, polymorphisme des lactoprotéines) sur l'aptitude à la transformation fromagère du lait (aptitude à la coagulation, rendements fromagers). On sait ainsi que les vaches de race Montbéliarde produisent un lait plus riche en protéines et de meilleure aptitude fromagère que celui de vaches Holstein conduites dans les mêmes conditions (MALOSSINI *et al.*, 1996 ; WALSH *et al.*, 1998 ; VERDIER-METZ *et al.*, 2001 ; AULDIST *et al.*, 2002 ; MISTRY *et al.*, 2002). Nos résultats contredisent ceux obtenus par les auteurs cités. Dans notre cas, malgré que le lait de Montbéliarde contient plus de protéine que le lait de Holstein, le rendement fromager permis par ce dernier est plus élevé que celui permis par le lait de la Montbéliarde. Les causes de cet écart sont difficiles à cerner. Il est probablement dû au fait que les études déjà réalisées (MALOSSINI *et al.*, 1996 ; WALSH *et al.*, 1998 ; VERDIER-METZ *et al.*, 2001 ; AULDIST *et al.*, 2002 ; MISTRY *et al.*, 2002), ont utilisé lors de la fabrication fromagère, des laits dont le rapport TB/TP a été standardisé à environ 1,15. Les conditions de fabrication fromagère ont été alors contrôlées contrairement à notre étude où, aucune modification préalable du lait n'a été réalisée.

En outre, le refroidissement du lait et son maintien 48 h à 2°C est à l'origine de modifications dans les équilibres salins et dans la structure de la micelle qui entraîne un allongement de temps de prise et la formation d'un gel moue avec diminution du rendement (MAHAUT *et al.*, 2003). En effet, le lait des vaches Montbéliardes était conservé à 2 °C pendant 48 h, alors que celui des Holstein pendant 24 h.

Tableau 51 : Variation des paramètres physico-chimiques du camembert en fonction de l'interaction entre l'agent coagulant, la race et le numéro de lactation

Race	Holstein				Montbéliarde			
	Présure		EEB		Présure		EEB	
Agent coagulant	Présure		EEB		Présure		EEB	
Numéro de lactation	1	2	1	2	1	2	1	2
Fromage	Hp1	Hp2	He1	He2	Mp1	Mp2	Me1	Me2
TB-F (%)	30,10±0,10 ^b	31,15±0,10 ^a	26,50±0,02 ^e	29,00±0,06 ^c	26,57±0,07 ^e	28,00±0,04 ^d	22,52±0,03 ^g	24,06±0,06 ^f
EST-F (%)	68,45±0,05 ^b	69,18±0,03 ^a	64,62±0,06 ^h	65,89±0,10 ^f	67,51±0,08 ^d	67,78±0,07 ^c	64,84±0,12 ^g	66,87±0,05 ^e
G/S (%)	43,97±0,11 ^b	45,02±0,13 ^a	41,01±0,01 ^d	44,01±0,02 ^b	39,36±0,06 ^e	41,31±0,02 ^c	34,73±0,02 ^g	35,98±0,12 ^f
Rdt-F (%)	17,18±0,03 ^b	17,58±0,06 ^a	15,21±0,03 ^h	15,62±0,02 ^f	16,72±0,02 ^d	16,91±0,01 ^c	15,34±0,04 ^g	16,28±0,02 ^e

Sur chaque ligne, les valeurs (moyenne ± Ecart-type) affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P<0,05), test de Duncan. La lettre a correspondant à la moyenne ajustée la plus élevée.

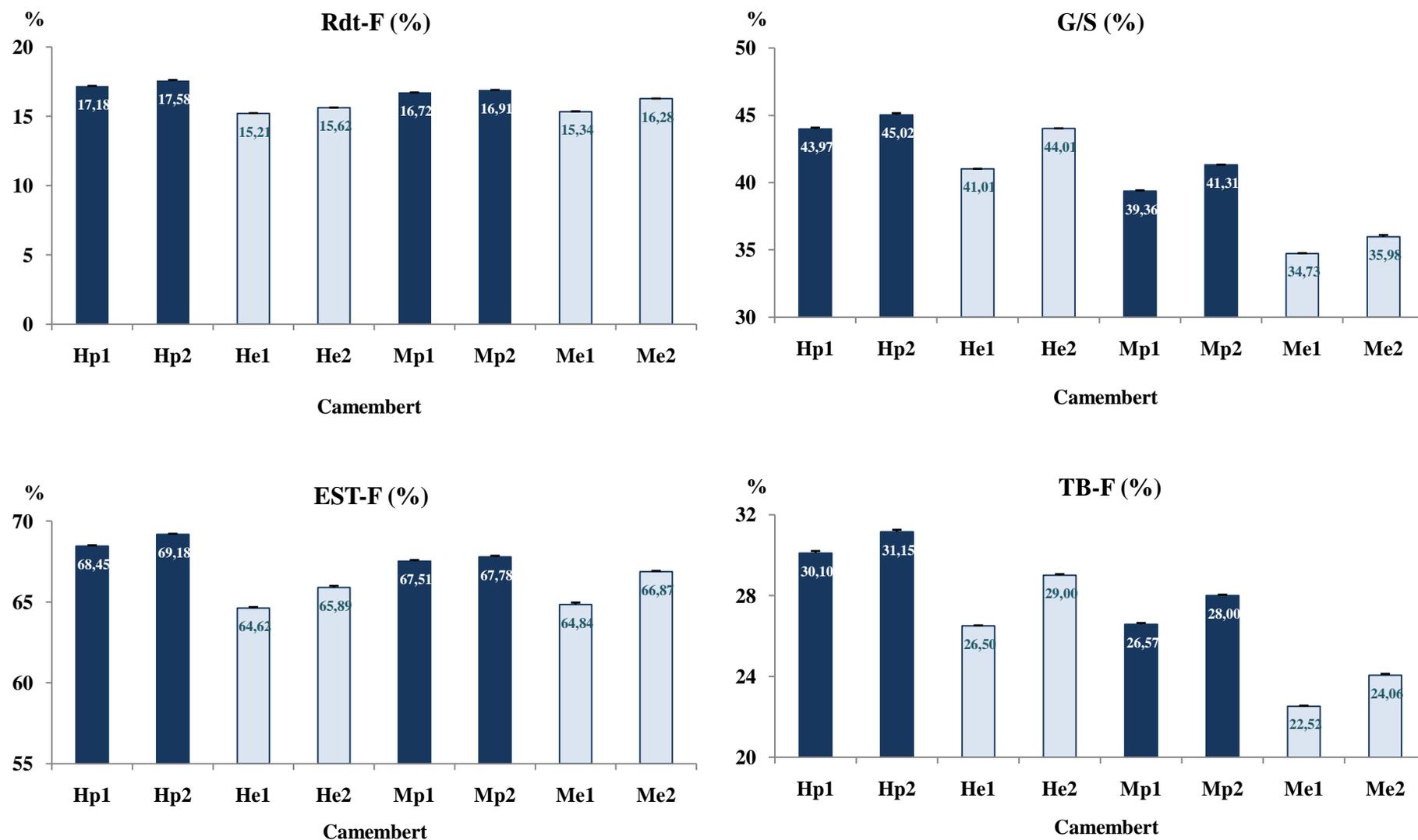


Figure 66 : Variation des paramètres physico-chimiques du camembert en fonction de l'interaction entre l'agent coagulant, la race et le numéro de lactation

H : Holstein ; **M :** Montbéliarde ; **p :** présure commerciale ; **e :** extrait enzymatique brut ; **1, 2, 3 :** 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} lactation.

Par ailleurs, et pour l'ensemble des camemberts, ceux issus de la 2^{ème} lactation présentent les valeurs du rendement fromager, du rapport G/S, de l'EST et du TB les plus élevées, en comparaison avec les camemberts issus de la 1^{ère} lactation (Figure 66).

La différence du rendement fromager entre les deux lactations peut être expliquée par la teneur en matières utiles (TB et TP) du lait (HURTAUD *et al.*, 2001), qui est plus élevée dans le lait de la 2^{ème} lactation. Cependant, plusieurs auteurs rapportent que l'aptitude à la coagulation s'améliore entre la première et la deuxième lactation (SHAAR, 1984 ; MACHEBOEUF *et al.*, 1993a ; COULON *et al.*, 1988). Cette amélioration est vraisemblablement due au taux caséique, qui n'a pas été étudié dans notre cas. Ce paramètre explique en grande partie cette variation (VINGNOLA, 2002 ; POUGHEON, 2001 ; MACHEBOEUF *et al.*, 1993a). Il constitue également, selon MARTIN *et* COULON (1995) et REMEUF (1994), un élément déterminant pour la fermeté du gel.

En revanche, la présure commerciale permet de fabriquer des camemberts présentant les meilleurs rendements, les meilleurs rapports G/S, et les meilleurs EST et TB par rapport à l'EEB. Ceci s'explique par la lenteur de la coagulation réalisée par l'EEB, ce qui favorisera le développement d'une coagulation acide. Selon MIETTON *et al.* (1994), plus la coagulation est acide plus l'égouttage du caillot est faible. Il peut être expliqué, également, par une activité protéolytique importante de l'extrait enzymatique brut. En effet, selon RAMET (1984) une activité exagérée entraîne la rupture de très nombreuses liaisons peptidiques et une solubilisation importante des protéines, ce qui induit une tension très faible des coagulums d'où des pertes élevées en matières sèches dans le lactosérum.

De manière globale, le camembert issu de la 2^{ème} lactation de la race Holstein, et coagulé avec la présure commerciale présente la meilleure qualité physico-chimique.

II.3.2. Qualité sensorielle :

L'analyse sensorielle des camemberts a été réalisée selon la méthode de KRAMER (1960), qui repose sur le calcul de la moyenne des scores (notes attribuées par les 10 panélistes pour chaque fromage) et de la somme des rangs (classement selon le score obtenu pour chaque fromage).

La différence entre les fromages est jugée non significative dans l'intervalle de rang total compris entre [29 – 52] pour les critères : aspect général et texture, et entre [17 – 28] pour le

goût au seuil de probabilité de 5 %. Le goût a été exclu de l'analyse sensorielle dans le cas du fromage coagulé avec l'extrait enzymatique brut.

Cette analyse a porté sur trois critères, à savoir : l'aspect général, la texture, et le goût sur l'ensemble des fromages : Hh1, Hh2, Hh3, Hc1, Hc2, Hc3, Eh1, Eh2 et Ec3.

Par ailleurs, une analyse microbiologique des fromages a été réalisée pour assurer le bon déroulement de la dégustation des fromages.

Selon les résultats de ces analyses, les fromages renferment un nombre de coliformes totaux inférieurs par rapport à la norme fixée par J.O.R.A. (1998) : 10^2 germes/g de fromage à pâte molle. Ce nombre réduit de coliformes peut être expliqué par l'acidification au cours de la coagulation ce qui a empêché le développement des coliformes. En effet, selon RIAHI (2006), l'acidification permet non seulement de défavoriser l'action de la présure et la synérèse du caillé, mais encore d'inhiber la croissance de nombreuses bactéries indésirables, dont certains pathogènes.

En ce qui concerne les coliformes fécaux, les Salmonelles, les *Staphylococcus aureus*, et les *Clostridium*s sulfito-réducteurs, une absence totale a été enregistrée dans tous les fromages.

II.3.2.1. Aspect général :

Selon la somme des rangs (Figure 67), les fromages Hp1, He1, He2 et Mp1 se situent dans l'intervalle de signification [29 – 52] ; alors que les fromages Hp2 et Me2 sont statistiquement meilleurs ($SR < 29$). Ces deux derniers fromages, présentent les moyennes des scores les plus élevées, ils sont les mieux appréciés par les panélistes.

Par contre, les fromages Mp2 et Me1 sont significativement mauvais à 5 % de probabilité, avec une $SR > 52$.

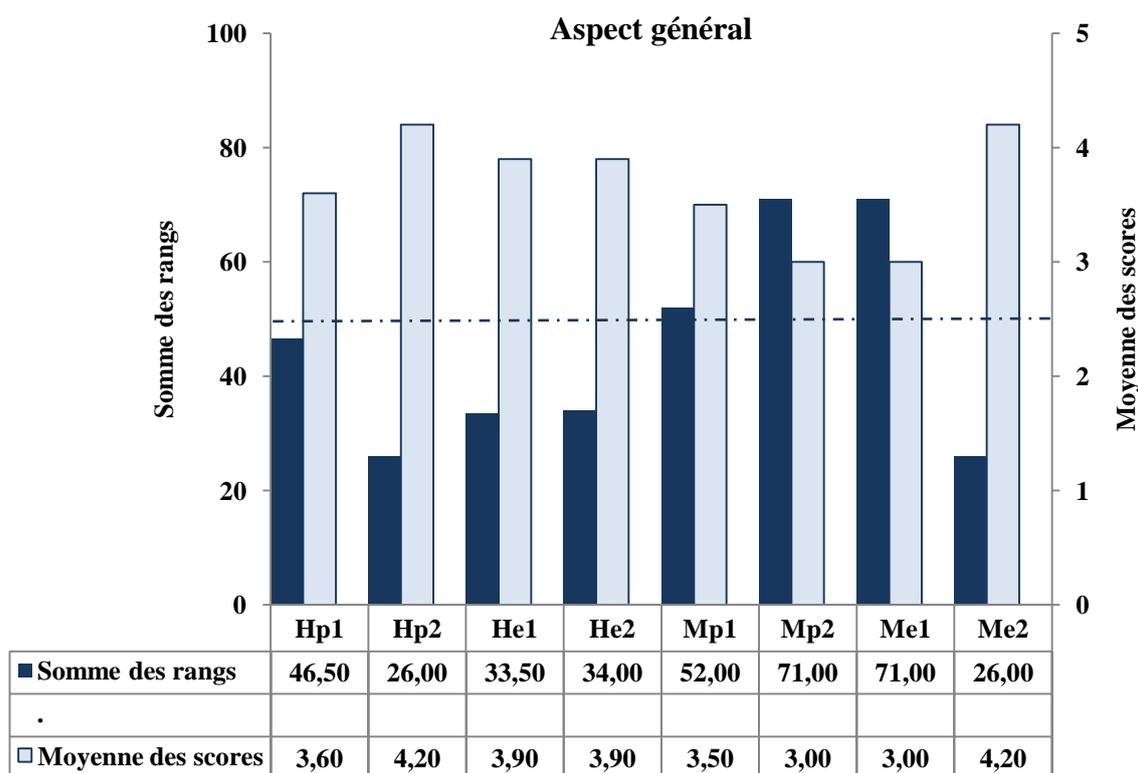


Figure 67 : Somme des rangs et moyenne des scores de l’aspect général des fromages

II.3.2.2. Texture :

L’observation des scores moyens attribués par le jury de dégustation révèle une texture médiocre pour la quasi-totalité des fromages. En effet la moyenne des scores n’a dépassé la moyenne que dans le cas des fromages Hp1 et Hp2, avec des MS respectives de 2,70 et 3,90 (Figure 68).

La différence de texture entre les fromages est significative. Les fromages issus du lait de la Holstein et coagulé avec la présure commerciale (Hp1 et Hp2) sont significativement meilleurs avec des SR < 29 ; alors que les fromages issus de la Montbéliarde et coagulé toujours avec la présure (Mp1 et Mp2) ont des SR comprises dans l’intervalle [29 – 52].

Les membres de jury ont aussi remarqué que les fromages des Holstein présentaient une coloration jaunâtre par rapports à ceux des Montbéliardes. Ces différences observées s’expliquent vraisemblablement, par le rapport G/S plus élevé.

Des différences très importantes de texture des fromages, fabriqués à partir du lait entier, ont été observées par MARTIN *et al.* (2000) dans une étude similaire. Les fromages issus de vaches Holstein ont été moins fermes et plus fondants que ceux issus de vaches Montbéliardes en raison d'un rapport G/S plus élevé, lié à un rapport TB/TP supérieur chez les Holstein. Ces différences ne se retrouvent pas dans les deux autres essais (VERDIER-METZ *et al.*, 1998) où le rapport TB/TP était standardisé avant fabrication. Au contraire, dans ce cas, et quelle que soit la nature de la ration, les fromages fabriqués avec le lait de vache Holstein étaient plus fermes, moins fondants, plus granuleux que les fromages fabriqués avec le lait des vaches de race Montbéliarde. Dans ces 3 essais, les fromages issus du lait de vaches Holstein sont caractérisés par une couleur jaune plus prononcée.

Par contre, tous les fromages réalisés avec l'extrait enzymatique brut, présentent une texture significativement mauvaise avec des SR > 52, et les membres du jury trouvaient que leur texture était médiocre.

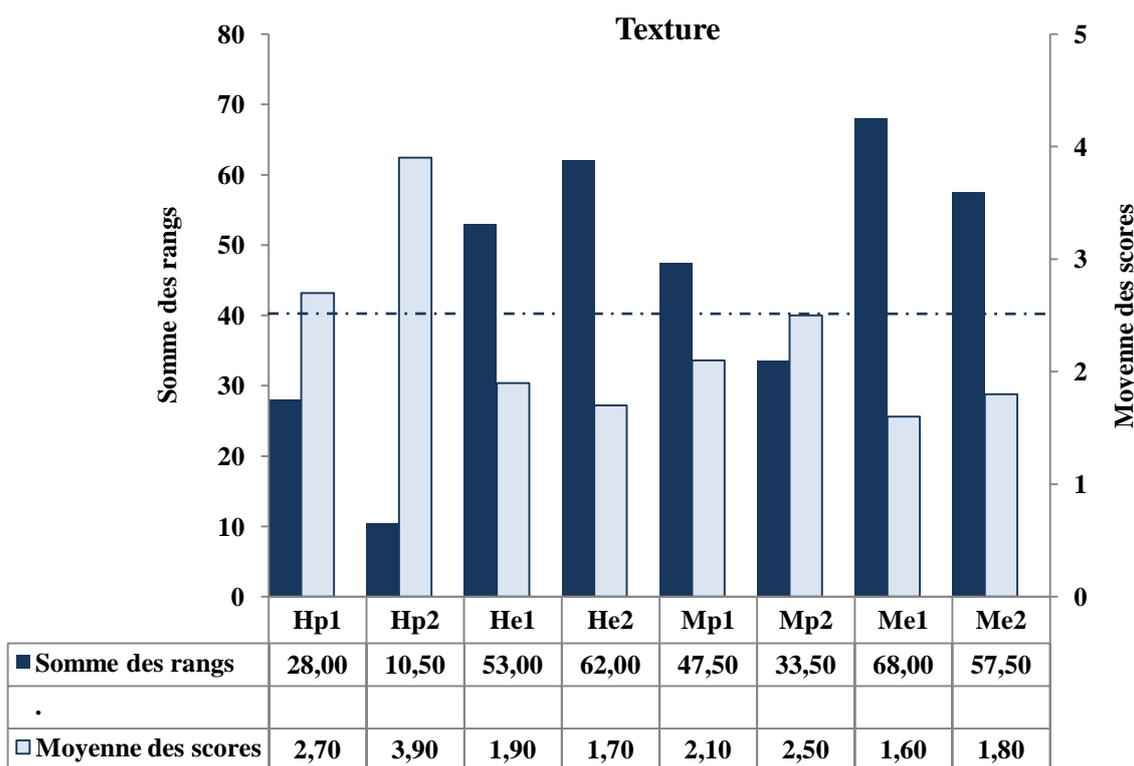


Figure 68 : Somme des rangs et moyenne des scores de la texture des fromages

II.3.2.3. Goût :

Sur le plan gustatif, l'observation de la somme des rangs des fromages (Figure 69) indique qu'il y a une différence significative entre les fromages à 5 % de probabilité.

Le fromage Hp2, avec une SR < 17, présente un goût significativement meilleur. Les fromages Hp1 et Mp2 ont des SR comprises dans l'intervalle [17 – 28] ; alors que le fromage Mp1, a un goût significativement mauvais par rapport aux autres fromages, avec une SR > 28.

Cependant, selon la moyenne des scores attribués par les panélistes, on peut classer les fromages par ordre d'appréciation : le fromage des Holstein en deuxième lactation vient en 1^{ère} position, suivi de celui des Holstein primipares. Les fromages des Montbéliardes étaient les moins appréciés ; le fromage issu de la 2^{ème} lactation est également, meilleur que celui des primipares. Les appréciations du jury révèlent également, un goût salé qui est, probablement, dû à un saumurage excessif.

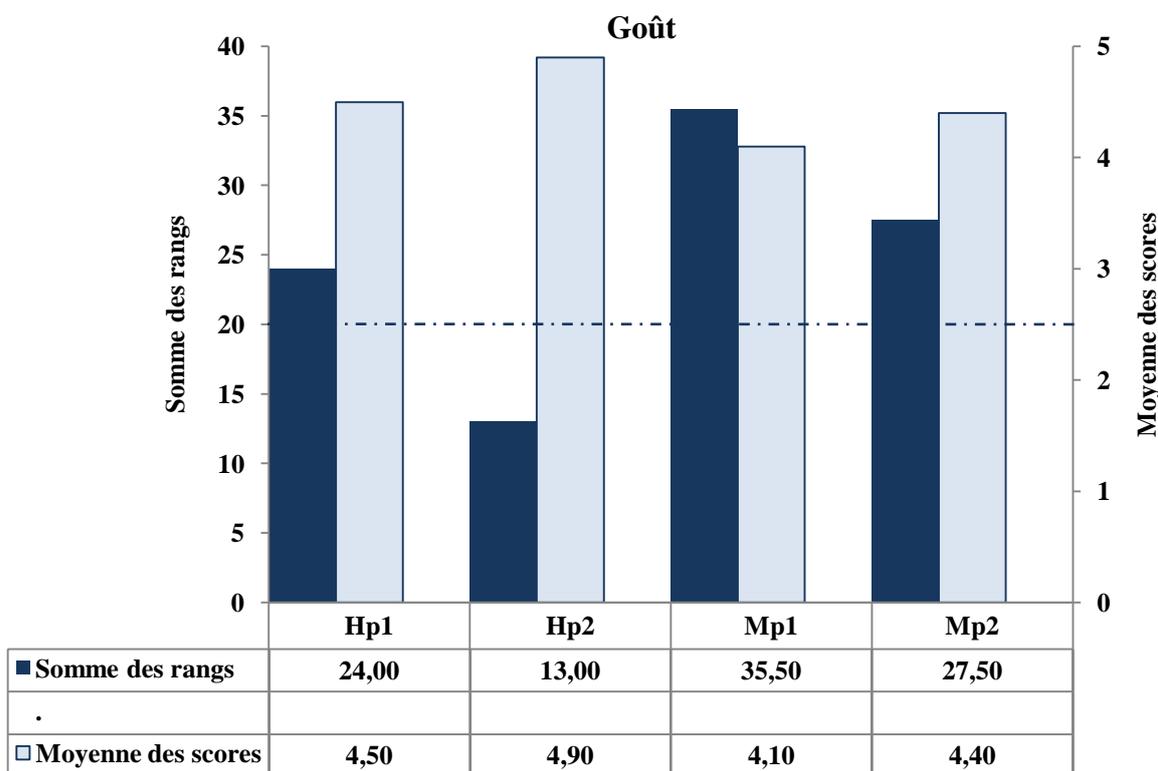


Figure 69 : Somme des rangs et moyenne des scores du goût des fromages

II.4. Conclusion :

D’après les résultats des analyses physico-chimiques, il apparaît que les pratiques de coagulation peuvent affecter les caractéristiques des fromages, et que l’intensité de ces effets varient plus ou moins avec la race des vaches et le numéro de lactation. Aussi, pour l’ensemble des camemberts, ceux issus de la 2^{ème} lactation de la race Holstein, et coagulé avec la présure commerciale présente les meilleures qualités physico-chimiques. La différence du rendement fromager en faveur de la 2^{ème} lactation peut être expliquée par la teneur en matières utiles (TB et TP) du lait plus élevée. La lenteur de la coagulation par l’EEB, en favorisant le développement d’une coagulation acide et donc d’un égouttage faible, explique en partie, les EST-F plus faibles. Par ailleurs, sans aucune modification préalable, le lait de la race Holstein permet la fabrication de camemberts de meilleure qualité par rapport à ceux obtenus avec le lait de la race Montbéliarde. Cette observation n’est pas générale.

Du point de vue sensoriel, ce sont les fromages issus du lait de la Holstein et coagulé avec la présure commerciale (Hp1 et Hp2) qui sont les plus appréciés par les panelistes. Le fromage Hp2 présente la meilleure qualité sensorielle avec un très bon aspect général, une très bonne texture et un très bon goût (Tableau 52), alors que le fromage Hp1 a un bon aspect général, une très bonne texture, et un bon goût. Les autres fromages, présentent par contre, des paramètres organoleptiques variant entre assez bon et mauvais.

Tableau 52 : Tableau récapitulatif des résultats de l’analyse sensorielle des différents fromages

	Hp1	Hp2	He1	He2	Mp1	Mp2	Me1	Me2
Aspect général	Assez bon SR≡ [29 - 52]	Très bon SR < 29	Assez bon SR ≡ [29 - 52]		Mauvais SR > 52		Très bon SR < 29	
Texture	Très bonne SR < 29		Mauvais SR > 52		Assez bon SR ≡ [29 - 52]		Mauvais SR > 52	
Goût	Assez bon SR≡ [17 - 28]	Très bon SR < 17			Mauvais SR > 28	Assez bon SR≡ [17 - 28]		

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le présent travail porte sur l'impact de quelques facteurs de production sur la composition physico-chimiques du lait, son aptitude à la transformation fromagère et la qualité des produits élaborés (fromage).

Il s'articule autour de trois principaux paramètres de production à savoir :

- L'alimentation ;
- La race ;
- La lactation (numéro et période de lactation).

Pour réaliser les essais, six sites ont été sélectionnés selon des critères établis et en fonction des paramètres de production considérés.

Au terme de cette étude, les résultats obtenus montrent des effets certains des paramètres étudiés sur la composition physico-chimique du lait et des impacts significatifs sur les fromages élaborés.

La grande variation observée, selon les paramètres considérés, concerne notamment les protéines (TP) et la matière grasse (TB) qui constituent des indicateurs de qualité commerciale du lait destiné à la transformation.

L'ensemble des résultats obtenus permet de faire les observations suivantes :

- **Sur le plan alimentaire :**

L'étude de l'influence de l'alimentation sur la composition physico-chimique du lait indique que les taux protéiques (TP) et butyreux (TB) les plus élevés ont été relevés sous régime R3 (à base d'ensilage de maïs) avec un écart de +0,9 et de + 2,0 g/l pour le TP et de +2,87 et +1,22 g/l pour le TB, respectivement par rapport aux régimes R2 et R1 (à base de foin d'avoine et de paille).

La différence des TP et TB observée entre les régimes, s'explique par un apport énergétique élevé, dans le régime R3, lié d'une part, à l'apport de l'ensilage de maïs qui constitue une excellente source d'énergie, et d'autre part, à l'apport faible en aliment concentré (de l'ordre de 17 %), mais aussi à la bonne conduite de pâturage.

En effet, les régimes R1 et R2 sont composés respectivement de 38 % et 71 % d'aliment concentré donc l'apport énergétique est inférieur à celui de la ration R3 couvert par l'ensilage de maïs (65 %).

Les résultats indiquent, en effet, que les TP et TB du lait diminuent, lorsque l'apport en aliment concentré augmente dans la ration du régime.

Par ailleurs, l'analyse relative aux profils en acides gras (AG) de la matière grasse du lait issu des différents régimes, indique une grande variabilité de composition en AG selon le régime.

En effet, les régimes R2 et R3 permettent d'obtenir des laits dont les taux en acides gras saturés (AGS) sont significativement inférieurs à ceux du lait issu de régime R1 (soit respectivement -1,79 % et -2,97 %).

En revanche, le taux en acides gras mono-insaturés (AGMI) le plus élevé a été obtenu avec les régimes R2 et R3 (respectivement de +1,7 % et +2,8 %) par rapport au régime R1. Cependant, le taux en acides gras poly-insaturés (AGPI) varie de façon non significative d'un régime à l'autre.

La fluctuation relative à la composition de la matière grasse est essentiellement liée à la nature et à la quantité de fourrages distribuée au niveau des différentes fermes d'élevage étudiées.

A cet effet, l'alimentation proposée au niveau de l'exploitation Labiba (régime R3) est apparemment la mieux maîtrisée que celle des deux autres exploitations, compte tenu des répercussions induites sur la composition du lait, en particulier les taux protéique (TP), butyreux (TB) ainsi que les teneurs en acides gras saturés (AGS) et mono-insaturés (AGMI) dont l'effet est hautement significatif.

Par ailleurs, comparativement à l'emploi de l'aliment concentré constitué de maïs et de tourteaux de soja (C1), l'introduction de drêches de brasserie (C2) et de distillerie (C3) dans l'aliment concentré des vaches laitières a influencé la quantité produite. En effet, l'introduction de drêches a stimulé la production laitière. Cet effet est plus prononcé avec les drêches de distillerie chez les vaches laitières de race Holstein par rapport à la race Montbéliarde.

En outre, comparativement au lot C1, celui des lots C2 et C3 présentent des teneurs réduites en acides gras saturés (AGS), reconnus comme facteurs d'athérosclérose chez l'homme. En revanche, le lait est plus riche en acides gras insaturés (AGI) notamment en acides linoléique indispensable, ce qui améliore la qualité nutritionnelle du lait. Les résultats laissent suggérer que l'introduction des drêches de distillerie dans la ration des vaches laitières, en substitution du maïs et tourteaux de soja, dont les prix sont élevés, améliore la qualité du lait par l'augmentation d'acides gras indispensables (linoléique).

Sur le plan racial :

L'effet de la race a été mis en évidence par des différences significatives de la composition des laits issus des races Holstein et Montbéliarde.

En effet, les résultats de l'analyse physico-chimique du lait issu de la race Montbéliarde est relativement plus riches en protéines (TP) que le lait issu de la race Holstein. Par contre, la même analyse indique que le lait de la race Holstein est plus riche en matière grasse (TB). Par ailleurs, l'analyse des profils en acides gras (AG) des deux types de lait met en évidence des différences qualitatives notables entre la matière grasse des laits des races Holstein et Montbéliarde.

Les résultats de cette analyse montrent que le lait de la race Holstein a une teneur en acides gras plus élevée (+1,8 %) que celui de la race Montbéliarde ; par contre, il a été observé le résultat inverse pour le taux d'acides gras mono-insaturés (+1,5 %).

De même, la teneur en acides gras poly-insaturés (AGPI) des deux types de lait varie selon la race. Ainsi, la teneur en AGPI du lait issu de la race Holstein est relativement supérieure que celle du lait issu de la race Montbéliarde. Ces différences caractéristiques entre les races Holstein et Montbéliarde traduisent une grande variabilité de la composition du lait en fonction de la race et indépendamment des autres facteurs de production.

Sur le plan physiologique :

L'étude de l'effet du numéro de lactation sur la composition du lait a permis de mettre en évidence une variabilité dans la richesse du lait en matières utiles. Ainsi, les taux protéique (TP) et butyreux (TB) se sont améliorés à la 2^{ème} lactation pour les deux races, avec des écarts respectifs de 0,92 et 2,99 g/l de TP et TB pour la Holstein, et de 1,68 et 3,31 g/l de TP et TB pour la Montbéliarde. Cette augmentation a été suivie d'une stabilisation jusqu'au dernier numéro de lactation étudié. On constate alors que les taux protéique et butyreux des laits des primipares sont inférieurs à ceux des multipares. Par ailleurs, la part des acides gras saturés (AGS) augmente significativement chez les vaches en 2^{ème} lactation, pour se stabiliser relativement, par la suite, entre la 3^{ème} et la 4^{ème} lactation. Le lait produit par les vaches en 2^{ème} lactation contient entre + 0,57 % et + 0,79 % d'AGS par rapport au lait produit par les primipares. Inversement, le pourcentage des acides gras mono-insaturés (AGMI) présente des valeurs maximales en 1^{ère} lactation, et diminue ensuite progressivement en 2^{ème} lactation avec un écart qui atteint 0,62 % chez la Holstein, et 0,87 % chez la Montbéliarde. Il se stabilise autour de ces valeurs pour la 3^{ème} et 4^{ème} lactation. En outre, aucun écart significatif n'a été observé pour les acides gras poly-insaturés (AGPI) entre les lactations de différents numéros.

L'étude de l'effet du stade de lactation indique des variations significatives de la composition du lait. Ainsi les taux protéique (TP) et butyreux (TB) diminuent à partir de 2^{ème} mois de lactation, pour atteindre leur minimum au 3^{ème} mois, avec des écarts respectifs de -2,9 et -5,3 g/l pour le TP et le TB chez la races H, et de -3,1 et -6,3 g/l pour le TP et le TB chez la race M. Ils augmentent ensuite, au 4^{ème} mois de +2,7 et +5,6 g/l respectivement pour le TP et le TB chez la race H, et de +4,1 et +3,8 g/l respectivement pour le TP et le TB chez la race M. Ces augmentations persistent jusqu'à la fin de la lactation, mais avec des écarts non significatifs. De plus, la part des AGS augmente de +0,4 à +2,5 % dans les 6 premiers mois de lactation chez la race Holstein, et de +0,1 à +2,3 % dans les 4 premiers mois de lactation chez la race Montbéliarde. Cependant, le pourcentage des acides gras mono-insaturés (AGMI) présente les valeurs maximales en début de lactation. Il diminue ensuite progressivement jusqu'au 6^{ème} mois chez la Holstein, avec des écarts atteignant -2,4 %, et au 5^{ème} mois chez la Montbéliarde avec des écarts atteignant -2,6 %. Il se stabilise autour de ces valeurs jusqu'à la fin de la lactation. Enfin, les teneurs en acides gras poly-insaturés (AGPI), restent relativement constantes, avec, cependant, un léger pic au bout du 6^{ème} mois de lactation pour la race Montbéliarde.

Sur le plan technologique :

Les résultats des analyses physicochimiques des fromages obtenus, montrent une grande variabilité d'une fabrication fromagère à une autre pour les critères de qualité étudiés en fonction des pratiques de production et de transformation. En effet, l'interaction du type d'affinage avec le numéro de lactation semble avoir une influence hautement significative sur le rendement fromager et les paramètres physicochimiques. L'affinage en hâloir permet d'obtenir de meilleures qualités physico-chimiques des fromages fabriqués à partir des laits de 1^{ère} et de 2^{ème} lactation. Par contre, pour la 3^{ème} lactation, c'est l'affinage en cave traditionnelle qui confère les meilleures qualités physico-chimiques des fromages obtenus. A cet effet, il est possible de suggérer que la conduite de l'affinage puisse être adaptée au fromage selon l'origine des laits. Par ailleurs, l'effet propre de la saison affecte essentiellement le rendement fromager, l'EST-F et le TP-F, ce qui explique s'explique par la différence de composition chimique des laits entre les deux saisons. En pratique, des différences plus marquées entre saisons ont été enregistrées en fonction du numéro de lactation. Les essais entrepris et relatifs au fromage à pâte molle, indiquent l'effet primordial du taux protéique du lait sur le rendement fromager. En revanche, des équations d'estimation

précoce, entre le Rdt-F, l'EST-F et le rapport G/S du fromage et les TP et TB du lait, ont été établies.

Du point de vue sensoriel, ce sont les fromages d'hiver, affinés en cave traditionnelle qui ont été les plus appréciés par les panelistes.

Par ailleurs, il apparaît que le type de pratiques de coagulation peut affecter les caractéristiques des fromages, et que l'intensité de ces effets varie plus ou moins avec la race des vaches et le numéro de lactation dont sont issus les laits mis en œuvre. A cet effet, les types de camemberts obtenus avec des laits issus de la 2^{ème} lactation de race Holstein, et coagulé avec la présure commerciale, sont de meilleure qualité par rapport aux autres types de fromage. Ceci peut s'expliquer par les différences des teneurs plus élevées en matières utiles (TP et TB) des laits issus de la 2^{ème} lactation. Les fromages sont, par ailleurs, les plus appréciés par les panelistes.

Signalons, par ailleurs, que la pepsine ovine utilisée, pour l'emprésurage des laits permet d'élaborer un fromage relativement homogène en ce qui concerne les teneurs en matière sèche et en matière grasse.

L'étude des fromages obtenus, avec des laits sans modifications préalables et dans nos conditions expérimentales indique que les meilleurs fromages sont ceux fabriqués avec du lait de la race Holstein. Les résultats ne corroborent pas ceux indiqués par la littérature, ce qui peut être imputé aux conditions de préparation des fromages dont le lait est souvent modifié avant la fabrication (traitement thermique, standardisation du rapport TB/TP, etc...).

A travers les résultats rapportés dans le présent travail, les perspectives développées dans le futur doivent tenir compte d'un certain nombre d'actions dont certaines ont déjà fait l'objet de recommandations pour le développement de la filière vis-à-vis de quantité et qualité de lait bovin produit. En rappel, la quantité de lait étant un caractère mesuré par plusieurs travaux, et la détermination de sa qualité nutritionnelle représente un grand intérêt pour sa consommation et repose essentiellement sur sa teneur en matière utile, composée de matière grasse et de matière protéique, critères directement liés à la densité et à la matière sèche. Par conséquent, la production des laitages se trouve affecté par des variations de la composition des laits collectés.

En perspective, il est utile de s'intéresser aux critères de développement du système d'élevage bovin dont les actions doivent toucher à un certain nombre de principaux maillons à travers différents aspects :

- Mener des études sur l'influence des différents facteurs de production en fonction des zones d'élevage à savoir en milieu rural, citadin et en milieu saharien. En effet, la production et la qualité des laits se trouvent affectées par les conditions pédo-climatiques et les biotopes où se cantonnent les troupeaux. Il est utile de rappeler que les critères laitiers doivent être gérés par la conduite de la reproduction et par l'alimentation. Cette dernière est tributaire de la saison et de la pluviométrie. La période hivernale constitue le meilleur moment de vêlage pour améliorer les taux mais aussi la durée de lactation ;
- Mener une conduite d'élevage qui permettrait une rationalisation rigoureuse de l'alimentation. Des essais de valorisation réalisés avec différents sous produits de l'industrie à l'instar des drêches de distillerie ou des sous produits phoenicicoles dans les zones sahariennes. Ces sous produits seront incorporés dans la ration quotidienne des vaches laitières. Cependant, les conditions expérimentales reposent sur une grande maîtrise des essais vis-à-vis de l'état sanitaire du troupeau, du niveau énergétique distribué aux animaux, des facteurs génétiques liés à la race et de l'état physiologique de la vache laitière ;
- Réaliser des essais pilotes ou au laboratoire afin d'évaluer les aptitudes technologiques des laits individuels et des laits de grand mélange destinés à la transformation. Dans ce volet, l'application doit nécessairement intégrer l'ensemble des présures de remplacement par la valorisation des résultats obtenus sur les succédanés à l'ENSA. Par ailleurs, considérant les affections liées à la consommation de lait de vache et ses dérivés, il est intéressant de réaliser des essais de fabrication de fromages allégés en matière grasse.

Enfin, à la lumière de l'ensemble des résultats obtenus relatifs à l'étude de l'effet des facteurs de production, la maîtrise de la qualité physico-chimique du lait dès la production représente un élément important pour l'ensemble de la filière laitière car elle conditionne en grande partie les rendements fromagers, la qualité sensorielle du fromage et, par conséquent, le coût de transformation.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Abdelguerfi A., Laouar M., 2000.** Conséquences des changements sur les ressources génétiques du Maghreb Options Méditerranéennes, Série A., N° 39, 8 p.
2. **AFNOR,1986.** Contrôle de la qualité des produits laitiers : analyses physico – chimiques. Ed. : 3. AFNOR, ITSV, 1030 p.
3. **AFNOR, 2000.** Corps gras et produits dérivés (Tome 1). AFNOR, ITSV, 643 p.
4. **Agabriel C., Coulon J. B., Journey C., De ramoul B., 2001.** Composition chimique de lait est système de production dans les exploitations dans le massif central,*INRA Prod. Anim.*, 14 (2), p.p. 119 – 128.
5. **Agabriel C., Coulon J. B., Marty G., Cheneau N., 1990.** Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache : Etude dans des exploitations de Puy-de-Dôme. *INRA Prod. Anim.*, 3 (2), p.p. 137 – 150.
6. **Akraim F. 2005.** Effet du traitement thermique des graines de lin sur la biohydrogénation ruminale des acides gras polyinsaturés et la qualité des la matière grasse du lait de vache. Thèse doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, Option Agronomie.
7. **Akraim, F., Nicot M. C., Juaneda P., Enjalbert F., 2007.** Conjugated linolenic acid (CLnA), conjugated linoleic acid (CLA), and other biohydrogenation intermediates in plasma and milk of cows fed raw or extruded linseed. *Animal*, 1, 6, p.p. 835–843.
8. **Alais C., 1984.** Science du lait : principes et techniques laitiers. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 814 p.
9. **Alais C., 2003.** Abrégé en biochimie alimentaires. Paris, Donud, 250 p.
10. **Alais C., Lagrange A., 1972.** Etude biochimique d'une protéase coagulante produite par *Mucor Miehei*. *Le lait*, 517, 407.
11. **Alais C., Linden G., 1987.** Biochimie alimentaire : Abrégé. Masson, Paris, p.p. 143 – 169.
12. **Alais C., LINDEN, G. et MICLO, L.,2003.** Biochimie alimentaire, 5^{ème} Ed., Dunod. Paris, p.p. 163 – 189.
13. **Alais C., Novak G., 1968.** Etude d'une enzyme coagulante microbienne dérivée de *Endithia parasitica*. *Le lait*, 48, p.p. 393 – 427.
14. **Alam S. I., Dube S., Reddy G. S. N., Bhattacharya B. K., Shivaji S., Singh L., 2005.** Purification and characterization of extracellular protease produced by *Clostridium* sp. from Schirmacher oasis, Antarctica. *Enzyme Microb. Technol.*, 36. p.p. 824 – 831.
15. **Ali A. E., Andrews A. T., Cheeseman G. C., 1980a.** Factors affecting the quality of milk for cheess manufacturing, In : Barry A.L., Tamine A.Y., 2010. Technology of cheese making; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
16. **Ali A. E., Andrews A. T., et Cheeseman G. C., 1980b.** Factors affecting the quality of milk for cheess manufacturing, In : Barry A.L., Tamine A.Y., 2010. Technology of cheese making; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
17. **Allane M., Ghozlane F., Yakhlef H., 2008.** Bien-être animal et production laitière bovine (Cas des exploitations laitières de la Wilaya de Tizi-Ouzou). Colloque international « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives », Alger, p.p. 20 – 21.

18. **Al-Talib A. A., Abdul-Nassir T., AL-Khashab M., Almahdawi K., 2014.** Effect of introducing dried brewers grains in diets of dairy cows on milk production and its composition. *Euphrates Journal of Agriculture Science*, 6 (3), p.p. 50 – 64.
19. **Amellal R.,1995.** La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. *Options Méditerranéennes, Série B*, N° 14, 10 p.
20. **Ametaj B. N., Dunn S. M., Emmanuel D. G. V., 2008.** Une ration à forte teneur en orge grain stimule la réaction inflammatoire chez les vaches laitières. *Journal of Dairy Science*, Vol. 91, N° 2, p.p. 606 – 614.
21. **Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R., 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, In : Vignola C.L., 2002. *Science et technologie du lait : transformation du lait*. Presse internationale polytechnique, Montréal (Canada), 600 p.
22. **Amizet A., 1964.** L'évolution des races bovines françaises depuis la fin du XVIIIème siècle. Thèse de doctorat vétérinaire, Alfort, 123 p.
23. **Anderson J. L., Schingoethe D. J., Kalscheur K. F., Hippen A. R., 2006.** Evaluation of dried and wet distillers grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89, p.p. 3133 – 3142.
24. **AOAC, 1975.** *Official methods of analysis association of agricultural chemistry*, Washington D.C.
25. **Armentano L. E., 2007.** Répercussions de l'industrie de l'éthanol sur l'alimentation des vaches au moindre coût. CRAAQ. 31^e Symposium sur les bovins laitiers « Repenser nos modèles », 15 nov. 2007. 21 p.
26. **Armstrong D. G., Gong J. G., Webb R., 2003.** Interactions between nutrition and ovarian activity in cattle: Physiological, cellular and molecular mechanisms. *Reproduction*, 61: 403-414.
27. **Auldist M. J., Prosser C. G., 1998.** Differential effects of shortterm-once daily milking on milk yield, milk composition and concentrations of selected blood metabolites in cows with low or high pasture intake. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 38, p.p. 41 – 43.
28. **Auldist M. J., Mullins C., O'Brien B., O'Kennedy B.T., Guinee T., 2002.** Effect of cow breed on milk coagulation properties. *Michwissenschaft*, 57, p.p. 140 – 143.
29. **Auriol et Jarrige, 1962.** Influence de l'alimentation et de la saison sur les fractions azotées du lait de vache. In : Journet M. et Rémond B. 1980. *Le lait*, 140 p.
30. **Bachand C., 2007.** La drêche de distillerie : un sous produit à haute valeur nutritive. MAPA Saint-Hyacinthe, GTA320421.
31. **Banks J. M., Banks W., Muir D. D., Wilson A. G.,1981.** Cheese yield : composition does matter, *Dairy Ind. Int.* 46, p.p. 15 – 22.
32. **Banks J. M., Muir D. D., Tamine A. Y., 1984.** Equations for estimation of the efficiency of Cheddar cheese production, *Dairy Ind. Int.* 49, p.p. 14 – 17.
33. **Barbat A., Bonaïti B., Boichard D., 1995.** Comparaison de 2 méthodes de précorrection des lactations courtes pour l'évaluation des reproducteurs laitiers. *Ann. Zootech.*, 44, 161-172.

34. **Barbosa M., Valles E., Vassal L., Mocquot G., 1976.** L'utilisation d'extrait de *Cynara cardunculus* L. comme agent coagulant en fabrication de fromages à pâte molle et à pâte cuite. *Le Lait -Mémoires Originaux*, 551, p.p. 1 – 17.
35. **Bar-Peled U., Maltz E., Brukental I., Folman Y., Kali Y., Gacitura H., and Lehrer A. R., 1995.** Relationship between frequent milking or suckling in early lactation and milk production of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78, p.p. 2726 – 2736.
36. **Barry A. L., Tamine A. Y., 2010.** Technology of cheese making, 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
37. **Bastian E. D. & Brown R. J., 1996.** Factors affecting the quality of milk for cheese manufacturing, In : Barry A.L., Tamine A.Y., 2010. Technology of cheese making; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
38. **Bauman D. E., Vernon R. G., 1993.** Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation. *Annu. Rev. Nutr.*, 13, p.p. 437 – 461.
39. **Baumgard L. H., Sangster J. K., Bauman D. E., 2001.** Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic and (CLA). *J. Nutr.*, 131, p.p. 1764 – 1769.
40. **Bedrani S., Bouaita A., 1998.** Consommation et production du lait en Algérie : éléments de bilan et perspectives. *Cah. Cread*, 44, pp. 45 - 70.
41. **Bencharif H., 2001.** Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie : états des lieux et problématiques. Options Méditerranéennes. Série B N° 32, pp. 25 – 45.
42. **Benslimane S., Dogmin-Bergeret M. J., Berdagné J. L., Goudemère Y., 1990.** Variation with season and lactation of plasmin and plasminogène concentration in months and cow milks, *J. dairy Res.*, 57, pp. 423 - 435.
43. **Benyoucef M. T., 2005.** diagnostic systématique de la filière lait en Algérie : Organisation et traitement de l'information pour l'analyse des profils de livraison en laiteries et des paramètres de production des élevages. Thèse Doc. INA.
44. **Birkelo C. P., Brouk M. J., Schingoethe D. J., 2004.** The energy content of wet corn distillers grains for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87 (6), pp. 1815 – 1819.
45. **Bitman J., Wood D. L., 1990.** Changes in milk fat phospholipids during lactation. *J. Dairy. Sci.*, 73, p.p. 1208 - 1216.
46. **Blanc, B. 1981.** Biochemical aspects of human milk - Comparison with bovine milk. *World Rev. Nutr. Diet.*, 36, pp. 1-89.
47. **Bocquier F., 1985.** Influence de la photopériode et de la température ambiante sur certains équilibres hormonaux et sur les performances zootechniques de la brebis en gestation et en lactation. Thèse docteur – ingénieur, INA Paris – Grignon, 105 p.
48. **Boichard D., Bonaiti B., 1987.** Genetic parameters for first lactation dairy traits in Friesian, Montbéliarde and Normande breeds. *Genet Sel Evoi.*, 19, p.p. 337 – 350.
49. **Bonaiti B., 1985.** *Composition du lait et sécrétion laitière chez les bovins.* Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA, 59, p.p. 51 - 56.
50. **Bony J., Contamin V., Gousseff M., Metais J., Tillard E., Juanes X., Decruyenaere V., Coulon J. B., 2005.** Facteurs de variation de la composition du lait à la Réunion. *INRA Prod. Anim.*, 18, p.p. 255 - 263.

51. **Boudjenah-Haroun S., Laleye C. L., Codjo L., Senoussi C., Moulti-Mati F., Si Ahmed S., Mati A., 2012.** Coagulation of Camel Milk using Dromedary Gastric Enzymes as a Substitute of the Commercial Rennet. *American Journal of Food Technology*, 7, p.p. 409 - 419.
52. **Boudjenah-Haroun S., Laleye C. L., Moulti-Mati F., Si Ahmed S., Mahboub N., Siboukeur O., Mati A., 2011.** Comparative study of milk clotting activity of crude gastric enzymes extrated from camels' abomasum at different ages and commercial enzymes (rennet and pepsin) on bovine and camel milk. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 23(4), p.p. 301 - 310.
53. **Boujenane I., 2003.** Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA) Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P:6446-Instituts, Rabat, Maroc.
54. **Boulahchiche N., 1997.** Etude de l'élevage bovin laitier moderne : Cas du bassin versant de la Metidja. Mém. Mag. Agr., Institut National Agronomique, El Harrach (Alger), 175 p.
55. **Bourbouze A., 2003.** Le développement des filières lait au Maghreb.
56. **Bourbouze A., Chouchen A., Eddebarh A., Pluvinage J., Yakhlef H., 1989.** Analyse comparée de l'effet des politiques laitières sur les structures de production et de collecte dans les pays du Maghreb. Montpellier, France, Ciheam, p.p. 247-258. (Options méditerr., Sér. Sémin. n° 6).
57. **Boutinaud M., Rousseau C., Keisler D. H., Jammes H., 2003.** Growth hormone and milking frequency act differently on goat mammary gland in late lactation. *J. Dairy Sci.* 86, p.p. 509 – 520.
58. **Brabez F., 2012.** Les contrats dans l'agriculture : cas de la filière lait. Colloque International - Algérie : cinquante ans d'expériences de développement Etat -Economie-Société.
59. **Brew K.,2003.** The quality of milk for cheese manufacturing, In : Barry A.L., Tamine A.Y., 2010. *Technology of chesse making*; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
60. **Brule G., Lenoir J., 1987.** Les mécanismes généraux de la transformation du lait en fromage : la coagulation du lait, p.p. 1 – 21. In : Eck A., 1987. *Le fromage*. Ed. : 2. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 539 p.
61. **Bugaud C., Buchin S., Coulon J. B. Hauwuy A., Dupont D., 2001.** Influence of the nature of alpine pastures on plasmin activity, fatty acid and volatile compound composition of milk. *Lait*, 81, p.p. 401 – 414.
62. **Carroll F. E., Müller E., Sutton B. C., 1977.** Preliminary studies on the incidence of needle endophytes in some European conifers. *Sydowia*, 29, pp. 87 – 103.
63. **Cattaneo T. M. P., Nigro F., Messina G., Giangiacomo R., 1994.** Effect of an enzymatic complex from pineapple pulp on the primary clotting phase. *Milchwissenschaft*, 49, p.p. 269 – 272.
64. **Cavalcanti M. T. H., Teixeira M. F. S., Lima Filho J. L., Porto A. L. F., 2004.** Partial purification of new milk-clotting enzyme produced by *Nocardiosis* sp. *Bioresource Techn.*, 93. p.p. 29 – 35.

65. **Cayot P. H., Lorient D., 1998.** Structures et technofonctions des protéines du lait, Edit Lavoisier, Tech Doc, Paris, 363 p.
66. **CEPIL, 1987.** « Le lait matière première de l'industrie laitière », Cepil-Inra, Paris, pp. 385 - 394.
67. **Channe P. S., Shewale J. G., 1998.** Influence of culture conditions on the formation of milk-clotting protease by *Aspergillus niger* MC4. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 14, pp. 11 - 15.
68. **Charron G., 1986.** Les productions laitières: les bases de la production. Vol. 1. Tech et Doc. Lavoisier, Paris, France.
69. **Chazal M. P., Chilliard Y., 1986.** Effect of stage of lactation, stage of pregnancy, milk yield and herd management on seasonal variation in spontaneous lipolysis in bovine milk, *Journal of Dairy Research*, 53, p.p. 529 – 538.
70. **Chazarra S., Sidrach L., Lopez-Molina D., Rodriguez-Lopez J. N., 2007.** Characterization of the milk-clotting properties of extracts from artichoke (*Cynara scolymus*, L.) flowers. *International Dairy Journal*, (17), p.p. 1393 – 1400.
71. **Cheftel H., Cheftel J.C., Besancon P., 1977.** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Paris, Techniques et Documentation–Lavoisier, 420 p.
72. **Chehat F., Bir A., 2008.** Le développement durable de systèmes d'élevage durables en Algérie : Contraintes et perspectives. Colloque international « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives », Alger, 20-21 Avril 2008.
73. **Chen B., Lewis M. J., Grandison A. S., 2014.** Effect of seasonal variation on the composition and properties of raw milk destined for processing in the UK. *Food Chemistry* 158, p.p. 216 – 223.
74. **Chilliard Y., Bauchart D., Lessire M., Schmidely P., Mourot J., 2008.** Qualité des produits : modulation par l'alimentation des animaux de la composition en acides gras du lait et de viande. *INRA Prod. Anim.*, 21 (1), p.p. 95 – 106.
75. **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 Prod. Anim.*, 14, p.p. 323 – 335.
76. **Chilliard Y., Ferlay A., Mansbridge R.M., Doreau M., 2000.** Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, Trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.*, 49, p.p. 181 – 205.
77. **Chilliard Y., Sauvant D., 1987.** La sécrétion des constituants du lait. In : Le lait matière première de l'industrie laitière. *INRA (eds). INRA-CEPIL, Versailles, France*, p.p. 13 – 26.
78. **Choisy C., Desmazeaud M., Gripon J. C., Lambert G., Lenoir J., Tourneur C. 1987.** Les phénomènes microbiologiques et enzymatiques de la biochimie au cours de l'affinage, p.p. 62 – 100. In : Eck A., 1987. Le fromage. Ed. : 2. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 539 p.
79. **Chouinard Y. 2005.** Nutrition animale, notes de cours. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval.
80. **Chwen-Jen S., Lan-Anh Ph-T., Ing-Lung S., 2009.** Milk-clotting enzymes produced by culture of *Bacillus subtilis* natto. *Biochemical Engineering Journal*, 43. p.p. 85 – 91.

81. **Clement B., 2004.** Initiation à Statistica version 6 française. Copyright Génistat Conseils Inc., Montréal, 68 p.
82. **Codex alimentarius, 2011.** Lait et produits laitiers, 2^{ème} Ed., Rome, FAO/OMS, 261 p.
83. **Collins Y. F., McSweeney P. L. H. & Wilkinson M. G., 2004.** Cheese repping/ maturation, In : Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. Technology of cheese making, 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
84. **Collomb M., Bütikofer U., Spahni M., Jeangros B., Bosset J. O., 1999.** Composition en acides gras et en glycérides de la matière grasse du lait de vache en zone de montagne et de plaine. *Sci. Aliments*, 19, p.p. 97 – 110.
85. **Collomb, M., Eyer, H., Sieber, R., 2002.** Chemische Struktur und Fettsäureverteilung des Milchfettes. FAM-Information. 443, pp. 1-12.
86. **Corbett R. R., 1995.** Effect of feeding peas to high-producing dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 75, p.p. 625 – 629.
87. **Coulon J. B., 2005.** Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. *INRA Productions animales*, 2005, 18 (1), p.p. 49 – 62.
88. **Coulon J. B., Delacroix-Buchet A., Martin B., Pirisi A., 2005.** Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. *INRA Productions animales*, 18 (1), p.p. 49 - 62.
89. **Coulon J. B., 1991.** Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation : réflexions à partir de résultats d'enquêtes. *INRA Prod. Anim.*, 4 (4), p.p. 303 – 309.
90. **Coulon J. B., Chilliard Y., Rémond B., 1991.** Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse). *INRA Prod. Anim.*, Vol. 4, N°. 3, p.p. 219-228.
91. **Coulon J. B., Faverdin P., Laurent F., Cotto G., 1989.** Influence de la nature de l'aliment concentré sur les performances des vaches laitières. *INRA Prod. Anim.*, 2, p.p. 47 – 53.
92. **Coulon J. B., Garel J. P., Hoden A., 1986.** Evolution de la production et de la composition du lait à la mise à l'herbe. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 66, p.p. 23– 29.
93. **Coulon J. B., Remond B., 1991.** Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply in the dairy cow : a review, *Livest. Prod. Sci.*, 29, p.p. 31 – 47.
94. **Coulon J. B., Roybin D., Congy E., Garret A., 1988.** Composition chimique et temps de coagulation du lait de vache : facteurs de variations dans les exploitations du pays de Thônes. *INRA Prod. Anim.*, 1 (4), p.p.253–263.
95. **Couvreur S., Hurtaud C., Lopez C., Delaby L., Peyraud J. L., 2006.** The Linear Relationship Between the Proportion of Fresh Grass in the Cow Diet, Milk Fatty Acid Composition, and Butter Properties, *J. Dairy Sci.*, 89, p.p.p 1956 – 1969.

96. **Cozannet P, Lessire M., Métayer J. P., Gady C., Primot Y., Geraert P. A., Le Tutour L., Skiba F., Noblet J., 2010.** Valeur nutritive des drêches de blé et de maïs pour les volailles. *INRA Prod. Anim.*, 23, p.p. 405 – 414.
97. **Cozannet P., Primot Y., Métayer J. P., Gady C., Lessire M., Geraert P. A., Le Tutour L., Skiba F., Noblet J., 2009.** L'utilisation des drêches en alimentation porcine. *INRA Prod. Anim.*, 22, p.p. 11 – 16.
98. **Craninx M., Steen A., Van Laar H., Van Nespen T., Martín Tereso J., De Baets B., Fievez V., 2008.** Effect of lactation stage on the odd- and branched-chain milk fatty acids of dairy cattle under grazing and indoor conditions. *J. Dairy Sci.*, 91, p.p. 2662 - 2677.
99. **Craplet C., Thibier M., 1973.** La vache laitière. 2^{ème} Ed., Vigot frères, 720 p.
100. **Croguennec T., Jeantet R., Brulé G., 2008.** Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Lavoisier, Techn. et Doc., Paris, 160 p.
101. **Dabadie H., Motta C., Peuchant E., LeRuyet P., Mend F., 2006.** Variations in daily intakes of myristic and a-linolenic acids in sn-2 position modify lipid profile and red blood cell membrane fluidity, *Brit. J. Nutr.*, 96, p.p. 283 – 289.
102. **Davis S. R., Farr V. C., Stelwagen K., 1999.** Regulation of yield loss and milk composition during once-daily milking : A review. *Livest. Prod. Sci.* 59, pp. 77 – 94.
103. **Debry G., 2001.** Lait, nutrition et santé. Techniques et Documentation, Paris, 544 p.
104. **Dehove R. A., 1984.** Réglementation des produits et services : Qualité, consommation et répression des fraudes, commerce édition, Paris, 1307 p.
105. **Delaby L., Hurtaud C., Peyraud J. L., 2001.** Effet des quantités d'herbe offertes et de l'apport de concentré sur la composition fine du lait des vaches laitières au pâturage. *Renc. Rech. Ruminants*, 8, 96 p.
106. **Delaby L., Rulquin H., Peyraud J. L., 2002.** Influence de quelques facteurs zootechniques sur la composition en acides gras du lait de vaches au pâturage. *Renc. Rech. Rum.*, 9, 364 p.
107. **Demarigny Y., Beuvier E., Buchin S., Pochet S, Grappin R., 1997.** Influence of raw milk microflora on the characteristics of swiss-type cheeses : II. Biochemical and sensory characteristics. *Lait*, 77, pp. 151 – 167.
108. **Desmasure N., Gueguen M., 1997.** Monitoring the microbiology of high quality milk monthly sampling over 2 years. *J. Dairy Res.*, 64, pp. 271 - 280.
109. **Dhiman T. R., Satter L. D., Pariza M. W., Galli M. P., Albright K., Tolosa M. X., 2000.** Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *J. Dairy Sci.*, 83, p.p. 1016 - 1027.
110. **Dodge Y., 2007.** Statistique : Dictionnaire encyclopédique, Ed. Springer-Verlag France, Paris, 634 p.
111. **Doreau M., Chilliard Y., 1992.** Influence d'une supplémentation de la ration en lipides sur la qualité du lait chez la vache. *INRA Prod. Anim.*, 5, p.p. 103 – 111.
112. **Dosogne H., arendt J., Gabriel A., Burvenich C., 2000.** Aspects physiologiques de la sécrétion laitière par la mamelle bovine. *Ann.Méd.Vét.*, 144, pp. 357 – 382.
113. **Drogoul C., Gadoud R., Joseph M., Collectif M., Jussiau R., 2004.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage, Vol 2, Ed. Educagri. 312 p.

114. **Dupont D., Remond B., Collin J. C., 1998.** Elisa determination of plasmin and plasminogène in milk of individual cows managed without the dry period. *Milchwissenschaft*, 53, pp. 66 – 69.
115. **Duthoit D., 2003.** Structure des communautés microbiennes du fromage d'AOAC Salers par approche moléculaire : lien avec les caractéristiques sensorielles des fromages. Thèse, Université Clermont Ferrand I, France, 112 p.
116. **Eck A., Gillis J. C., 1997.** Le fromage de la science à l'assurance qualité 3^{ème} édition tec & Doc lavoisier. Paris.
117. **Eddebarh A., 1989.** Systèmes extensifs d'élevage bovin laitier en Méditerranée. *CIHEAM - Options Méditerranéennes* – N° 6, pp. 123 – 133.
118. **Egito A. S., Girardet J. M., Laguna L. E., Poirson C., Molle D., Miclo L., Humbert G., Gaillard J. L., 2007.** Milk-clotting activity of enzyme extracts from sunflower and albizia seeds and specific hydrolysis of bovine k-casein. *International Dairy Journal*, 17, p.p.816 – 825.
119. **Eigel W.N., Butler J.E., Ernstrom C.A., Farrel N.M.Jr., Harwalker V.R., Jenness R. Whitney R.Mcl., 1984.** *J. Dairy Sci.*, 67, p.p. 1599 -1631.
120. **Emmanuel V. Pontual, Belany E.A. Carvalho, Ranilson S. Bezerra, Luana C.B.B. Coelho, Thiago H. Napoleão, Patricia M.G. Paiva., 2012.** Caseinolytic and milk-clotting activities from Moringaoleifera flowers. *Food Chemistry*, 135, pp. 1848 – 1854.
121. **Emmons D.B., Ernstrom C.A., Lacroix C., Verret P., 1990.** Predictive formulas for yield of cheese from composition of milk a review. *J. Dairy Sci.*, 73, pp 1365 – 1394.
122. **Enjalbert, F., M. C. Nicot, C. Bayourthe, and R. Moncoulon. 2000.** Effects of duodenal infusions of palmitic, stearic, or oleic acids on milk composition and physical properties of butter. *J. Dairy Sci.*, 83, pp. 1428 – 1433.
123. **Erdman R. A., Varner M., 1995.** Fixed yield responses to increased milking frequency. *J. Dairy Sci.*, 78, pp. 1199 – 1203.
124. **Esawy Mona A., Combet-Blanc Y., 2006.** Immobilization of Bacillus licheniformis 5A1 milk-clotting enzyme and characterization of its enzyme properties. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 22, p.p. 197 – 200.
125. **Evette J.L., 1975.** La fromagerie. 2^{éd.} Paris, PUF, 140 p.
126. **F.A.O / O.M.S., 2000.** Codex alimentarius : lait et produits laitiers. Ed. : 2. FAO - OMS., Rome, 136 p.
127. **F.A.O., 1998.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Collection Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) : Alimentation et nutrition, N° 28.
128. **F.A.O., 1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. N° 28. Rome, 271 p.
129. **Farcas A. C., Socaci S. A., Dulf F. V., Tofana M., Mudura E., Diaconeasa Z., 2015.** Volatile profile, fatty acids composition and total phenolics content of brewers' spent grain by-product with potential use in the development of new functional foods. *Journal of Cereal Science*, 64, pp. 34 – 42.
130. **Feinberg M., Ireland-Ripert J., Favier J.C., 1992.** Validated databanks on food composition: Concepts for modeling information. *World Rev. Nutr. Diet.*, 68, pp. 49 – 93.

131. **Fenelon M.A., Guinee T.P., 1999.** The effect of milk fat on Cheddar cheese yield and its prediction using modifications of the Van Slyke cheese yield formula. *J. Dairy Sci.*, 82, pp. 2287 – 2299.
132. **Ferlay A., Agabriel C., Sibra C., Journal C., Martin B., Chilliard Y. 2008.** Tanker milk variability in fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in French semi-mountain area. *Dairy Science Technology*, 88, pp. 193 – 215.
133. **Fernández-García E., Imhof M., Schlichtherle-Cerny H., Bosset J.O., Nuñez M., 2008.** Terpenoids and benzenoids in La Serena cheese made at different seasons of the year with a *Cynara cardunculus* extract as coagulant. *International Dairy Journal*, Vol. 18 (2), pp. 147 – 157.
134. **Ferrah A., 2000.** L'élevage bovin laitier en Algérie : problématique, questions et hypothèses pour la recherche. In : Actes 3^{ème} journée de recherche sur les productions animales, Tizi Ouzou, Algérie, 13-15 nov. 2000, 368 p.
135. **Ferrah A., 2005.** Aides publiques et développement de l'élevage en Algérie. Contribution à une analyse d'impact (2000-2005) Algérie.
136. **Ferrandini E., Lopez M.B., Castillo M., Laencina J., 2011.** Influence of an artisanal lamb rennet paste on proteolysis and textural properties of Murcia al Vino cheese. *Food Chem.*, 124, pp. 583 – 588.
137. **Flamant J.C., 1991.** Problems associated with the transfer of genetic material from temperate to warm Mediterranean regions: consequences on the equilibration of the animal production systems. In: Proc. Int. Symp. Animal Husbandry in Warm Climates, Viterbo, Italy, 25-27 Oct. 1990, pp. 48 – 54.
138. **Fontaine M., Mollereau H., Porcher Ch., Nicolas E., Brion A., 1993.** Vade-mecum du vétérinaire. Volume 2. Quinzième édition. pp. 560 - 1026.
139. **Fox, P.F. & Brobkrob, A., 2008.** The quality of milk for cheese manufacturing, I in Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. *Technology of cheese making* ; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
140. **Fox, P.F. & McSweeney, P.L.H., 1998.** The quality of milk for cheese manufacturing, I in Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. *Technology of cheese making* ; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
141. **Fox, P.F., 2003.** The quality of milk for cheese manufacturing, I in Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. *Technology of chesse making* ; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
142. **Frédot, E., 2006.** Connaissance des aliments, bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Lavoisier, pp. 31 – 70.
143. **French E.A., He M., Armentano L.E., 2007.** Using high-lysine proteins to supplement diets based on Distillers Dried Grains with solubles did not improve lactation performance. *J. Dairy Sci.*, 90 (Suppl 1), 348 p.
144. **Froc J., Gilibert J., Daliphar T., Durand P., 1988.** Composition et qualité technologique des laits de vaches Normandes et Pie-Noires. 1. Effet de la race. *INRA Prod. Anim.*, 1, 171 – 177.

145. **Gagaoua M., Hoggas N., Hafid K., 2015.** Three phase partitioning of zingibain, a milk-clotting enzyme from *Zingiber officinale* Roscoe rhizomes. *International Journal of Biological Macromolecules*. 73, pp. 245 – 252.
146. **Garel J.P., Coulon J.B. 1990.** Effet de l'alimentation et de la race des vaches sur la fabrication de fromage d'Auvergne de Saint-Nectarie. *INRA Prod. Anim.*, 3 (2), pp. 127 – 136.
147. **Gilles J., Lawrence R.C., 1985.** The yield of cheese, N.Z. *J. Dairy Sci. Technol.*, 20, pp. 205 – 214.
148. **Glasser F., A. Ferlay, and Y. Chilliard, 2008.** Oilseed Lipid Supplements and Fatty Acid Composition of Cow Milk : A Meta-Analysis. *J. Dairy Sci.*, 91, pp. 4687 - 4703.
149. **Ghozlane F., Yekhlef H., Yaici S., 2003.** Performances de reproduction et de production laitière des bovins laitiers en Algérie. *Anale de l'institut national agronomique El Harrach*, Vol. 24. N°1 et 2, 2003.
150. **Gonthier, C., A. F. Mustafa, D. R. Ouellet, P. Y. Chouinard, R. Berthiaume et H. V. Petit, 2005.** Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cows: effects on blood parameters and milk fatty acid composition. *J. Dairy Sci.*, 88, pp. 748 – 756.
151. **Gordon C.D., Kraemer H.C., 1995.** Monounsaturated versus polyunsaturated dietary fat and serum lipids. A meta-analysis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.*, 15, pp. 1917 – 1927.
152. **Gosta F., 1995.** Le tous sur le lait. Manuel de transformation du lait. Ed. Tétrapack. 424 p.
153. **Goursaud J., 1987.** « Le contrôle de la qualité du lait, matière première de l'industrie » in Cepil., « Le lait matière première de l'industrie laitière », CEPIL-INRA, Paris, pp. 385 – 394.
154. **Goursaud J., 1999.** Réacteurs traditionnels à enzymes libres : cas de l'industrie laitière. In : *Biotechnologies*. Coord. Scriban R., 5^{ème} Ed., pp. 365 – 401.
155. **Grappin R., Coulon J.B., 1996.** Terroir, lait et fromage : éléments de réflexion. *Renc. Rech. Rum.*, 3, pp. 21 – 28.
156. **Greter, A.M., Penner, G.B., Davis, E.C., 2008.** Incidence du remplacement des drêches de distillerie de maïs sèches par des drêches de distillerie de triticales sèches sur la production laitière et la concentration des métabolites plasmatiques des vaches laitières. *Revue canadienne de science animale*, Vol. 88, N° 1, pp. 129 – 132.
157. **Grosclaude F., 1988.** Le polymorphisme génétique des principales lactoprotéines bovines. Relation avec la qualité, la composition et les aptitudes fromagères du lait. *INRA Prod. Anim.*, 1, pp. 5 – 17.
158. **Guéguen et Journet., 1961.** In *Lait, nutrition et santé*. Debry G., 2006. Ed : Tec et Doc Lavoisier Paris. 566 p.
159. **Gulati S.K. Ashes J.R., Ascott T.W., 1999.** Hydrogenation of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids and their incorporation into milk fat. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 79, pp. 57 – 64.
160. **Haard N. F., Shamsuzzaman K., Brewer P., Arunchalam K., 1982.** Enzymes from marine organisms as rennet substitutes. In : Dupuy P. *Utilisation des enzymes en technologie alimentaire*. Lavoisier, Techn. et Doc., Paris, pp. 237 – 241.

161. **Hale, S. A., A. V. Capuco, and R. A. Erdman. 2003.** Milk yield and mammary growth effects due to increased milking frequency during early lactation. *J. Dairy Sci.* 86, pp. 2061 – 2071.
162. **Hanzen C.H., 2000.** Preupédentique et pathologie de la reproduction mâle et femelle biotechnologie de la reproduction pathologie de la glande mammaire, 3^{ème} et 4^{ème} Ed. université de liège.
163. **Harding L. G., Harding F. R., 1990.** Once-daily milking throughout lactation. In *Dairy Farming Annual*. Massey University, Palmerston North, New Zealand. pp. 85–87
164. **Hargrove G.L., Mbah D.A., Rosenberg J.L., 1981.** Genetic and environmental influences on milk and milk component production, *J.Dairy Sci.* 64 (7), pp. 1593 – 1597.
165. **Harvatine, K. J., Y. R. Boisclair, and D. E. Bauman. 2009.** Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal.* 3, pp. 40 – 54.
166. **Hashemi, M., Azar, M. & Mazlumi, M.T., 2009.** The quality of milk for cheese manufacturing, in : Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. Technology of cheese making; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
167. **He, X.L., Ren, F.Z., Guo, H.Y., Zhang, W.B., Song, X. and Gan, B.Z., 2011.** Purification and Properties of a Milk-Clotting Enzyme Produced by *Bacillus amyloliquefaciens* D4. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 28, pp. 203 – 208.
168. **Heck, J. M. L., Van Valenberg, H. J. F., Dijkstra, J., & Van Hooijdonk, A. C. M., 2009.** Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *Journal of Dairy Science*, 92, pp. 4745 – 4755.
169. **Hillerton, J. E., C. H. Knight, A. Turvey, S. D. Wheatly, and C. J. Wilde. 1990.** Milk yield and mammary function in dairy cows milked four times daily. *J. Dairy Res.*, 57, 285 – 294.
170. **Hippen A.R., Linke K.N., Kalscheur K.F., Schingoethe D.J., Garcia A.D., 2003.** Ubcreased concentrations of wet corn distillers grains in dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 86 (Suppl 1), 340 p.
171. **Hoden A., Coulon J.-B., 1991.** Maîtrise de la composition du lait. – Influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. *INRA Prod. Anim.*, 4 (5), pp. 361 – 367.
172. **Hoden A., Coulon J.-B., Delaby L., 1985.** Influence de l'alimentation sur la composition du lait. - Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéiques. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 62, pp. 69 – 79.
173. **Hoden A., Marquis B., De La Foye F.X., 1987.** Ensilage de maïs et de trèfle violet pour vaches laitières. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 67, pp. 33 – 37.
174. **Hoden A., Marquis B., Delaby L., 1988.** Association de betteraves fourragères à une ration mixte d'ensilage de maïs et de trèfle violet pour vaches laitières. *INRA Prod. Anim.*, 1 (3), pp. 165 – 169.
175. **Houssin B., Foret A. Chenais F., 2002.** Effect of winter diet (Corn vs. Grass ensilage) of dairy cows on the organoleptic quality of butter and camembert cheese, *Grassland Science in Europe*, 7, 572-573.

176. **Huhtane P.J., Miettinen H., Ylinen M., 1993.** Effect of increased ruminant butyration milk and blood constituents in dairy cows fed a grass silage-based diet. *J. Dairy sci.*, 76, pp. 714 – 1124.
177. **Huppertz, T., Kelly, A.L. & Fox, P.F., 2009.** The quality of milk for cheese manufacturing, I in Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. *Technology of cheese making* ; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
178. **Hurley, W.L., 2003.** The quality of milk for cheese manufacturing, In Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. *Technology of cheese making*; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
179. **Hurtaud C., Delaby L., Peyraud J.L., 2001.** "Evolution of milk composition and butter properties during the transition between winter-feeding and pasture", In : Durand J.L, Emile J.C., Huyghe C., Lemaire G. (eds) *Multi-function grasslands: quality forages, animal products and landscapes*. The 19th General Meeting of the European Grassland Federation, La Rochelle, F, pp. 574 – 575.
180. **Hurtaud C., Rulquin H., Verite R., 1992.** Effects on milk yield and composition of infusions of different levels and natures of energy into the digestive tract of dairy cows. *Ann. Zootech.*, 41, 105 p.
181. **I.N.A.P.G, 2001.** Race bovine MONTBELIARDE. Département des Sciences Animales.
182. **Jones G. M., Stallings C.C., 1999.** Reducing Heat Stress for Dairy Cattle, Department of Dairy Science, Virginia Technology, pp. 404 – 200.
183. **J.O.R.A, 1998.** Journal Officiel de la République Algérien, n°35, du 27 mai 1998.
184. **Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brulé G., 2006.** Les produits laitiers. Ed. : 1. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 185 p.
185. **Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brulé G., 2008.** Les produits laitiers. Ed. : 2. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 185 p.
186. **Jenkins, T. C., and M. A. McGuire. 2006.** Major advances in nutrition : Impact on milk composition. *J. Dairy Sci.*, 89, pp. 1302 – 1310.
187. **Jensen R.G., 2002.** The quality of milk for cheese manufacturing, I in Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. *Technology of cheese making*, 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
188. **Jensen S.K., Johannsen A.K., Hermansen J.E., 1999.** Quantitative secretion and maximal secretion capacity of retinol, beta-carotene and alpha-tocopherol into cows' milk. *J. Dairy Res.*, 66, pp. 511 – 522.
189. **Joffin C.H., Joffin J.-N., 1985.** Microbiologie alimentaire. Bordeaux, Centre régional de documentation pédagogique, 174 p.
190. **Journet M. et Rémond B. 1980.** Influence de l'alimentation et de la saison sur les fractions azotées du lait de vache. *Le lait*, 140 p.
191. **Journet M., Chilliard Y., 1985.** Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 1- Taux butyreux : facteurs généraux. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 60, pp.13 – 24.
192. **Jouzier F., When M., 1995.** Manuel de référence pour la qualité du lait. 206 p.
193. **Kali S., Benidir M., Ait Kaci K., Belkheir B., Benyoucef M.T., 2011.** Situation de la filière lait en Algérie, approche analytique d'amont en aval, *Livestock Research For Rural Development*, 23 (8).

194. **Kalscheur K.F., Justin A.L., Hippen A.R., Schingoethe D.J., 2004.** Increasing wet distillers grains in the diets of dairy cows on milk production and nutrient utilization. *J. Dairy Sci.* 87 (Suppl 1), 465 p.
195. **Kay J.K., Weber W.J., Moore C.E., Bauman D.E., Hansen L.B., Chester-Jones H., Crooker B.A., Baumgard L.H., 2005.** Effects of week of lactation and genetic selection for milk yield on milk fatty acid composition in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 88, 3886 – 3893.
196. **Kilcawley, K.N., 2009.** Cheese repping/maturation Barry A.L., Tamine A.Y., 2010. Technology of cheese making; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
197. **Kirchgessner, Friesecke et Koch (1967).** In : **Journet M. et Rémond B. 1980.** Influence de l'alimentation et de la saison sur les fractions azotées du lait de vache. *Le lait*, 140 p.
198. **Kleinschmit D.H., Schingoethe D.J., Kalscheur K.F., Hippen A.R., 2006.** Evaluation of various sources of corn dried distillers grains plus solubles for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 89 (12), pp. 4784 – 4794.
199. **Kramer A., 1960.** A rapid method for determining significance of difference from rank sums. *Food technology*, Vol. 14, pp. 576 – 581.
200. **Kromhout D., Menotti A., Bloemberg B., Aravanis C. et al., 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.
201. **Labussière J., Richard J., Combaud J.F., 1976.** Suppression du massage et du lavage de la mamelle chez les vaches laitières effets sur les caractéristiques de traite et sur la qualité bactériologique du lait. *Ann. Zootech.*, 25 (4), 551 – 565.
202. **Larpent J.P., 1996.** « Lait et produits laitiers non fermentés » in : Bourgeois, C.M., Mescle, J.F. et Zucca, J., « Microbiologie alimentaire: Aspect microbiologie de la sécurité et de la qualité des aliments », Tome I, Ed. Lavoisier - Tec. Doc. Paris, 671 p.
203. **Lawrence R.C., 1993.** Processing conditions, In : International Dairy Federation Special Issue 9301, Factors affecting the yield of cheese. *International Dairy Fed.*, Brussels, Belgium, pp. 64 – 78.
204. **Le Jaouen J.C., 1977.** La fabrication du fromage de chèvre fermier. Ed. : 2. Paris, ITOVIC et Société de presse et d'édition ovine et caprine, 217 p.
205. **Le-Bars D., Gripon, J.C., 1989.** Factors affecting the quality of milk for cheese manufacturing Barry A.L., Tamine A.Y., 2010. Technology of cheese making ; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
206. **Lecerf J.M., 2008.** Acides gras et maladies cardiovasculaires : De l'épidémiologie à la pratique clinique, Cholé-Doc, Centre de recherche et d'informations nutritionnelles, 110, pp. 1 – 4.

- 207. Legarto J., Gelé M., Ferlay A., Hurtaud C., Lagriffoul G., Palhière I., Peyraud J.-L., Rouillé B., Brunschwig P., 2014.** Effets des conduites d'élevage sur la production de lait, les taux butyreux et protéiques et la composition en acides gras du lait de vache, chèvre et brebis évaluée par spectrométrie dans le moyen infrarouge. In: PhénoFinlait : Phénotypage et génotypage pour la compréhension et la maîtrise de la composition fine du lait. Brochard M., Boichard D., Brunschwig P., Peyraud J.L. (Eds). Dossier, INRA Prod. Anim., 27, pp. 269 – 282.
- 208. Legrand P., 2008.** Intérêt nutritionnel des principaux acides gras des lipides du lait, Choléc-Doc, *Centre de Recherche et d'Informations Nutritionnelles*, 105 p.
- 209. Lemoine R., 2010.** Quelle alimentation pour quels laits?. RLF n° 700. pp. 14 – 15.
- 210. Lenoir, J, Remeuf, F, Schneid, N., 1994.** L'aptitude du lait à la coagulation par la présure. In : ECK, Le fromage. Lavoisier, Paris.
- 211. Lentner, C. 1981.** Geigy scientific tables, Vol. 1, Units of measurement, body fluids, composition of the body, nutrition, Basel, Ciba Geigy. 8th Ed., pp. 213 – 216.
- 212. Leonardi C., Bertics S., Armentano L.E., 2005.** Effect of increasing oil from distillers grains or corn oil on lactation performance. *J. Dairy Sci.*, 88, p.p. 2820 – 2827.
- 213. Liu C., Schingoethe D.J., Stegeman G.A., 2000.** Corn distillers grains versus a blend of protein supplements with or without ruminally protected amino acids for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 83 (9), pp. 2075 – 2084.
- 214. Lo Piero A.R., Petrone G., Puglisi I., 2002.** Characterization of « lettucine », a serine-like protease from *Lactuca sativa* leaves, as a novel enzyme for milk-clotting. *Jour. Agri. Food. Chem.* N° 50, Vol. 8, pp. 2439 – 2443.
- 215. Lock, A. L., Bauman D. E., 2004.** Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*, 39, 1197 – 1206.
- 216. Lock A. L., Preseaul C. L., Rico J. E, Deland K. E., Allen M. S., 2013.** Feeding a C16 :0-enriched fat supplement increased the yield of milk fat and improved conversion of feed to milk. *J. Dairy Sci.*, 96, pp. 6650 – 6659.
- 217. Loor, J. J., K. Ueda, A. Ferlay, Y. Chilliard et M. Doreau, 2004.** Biohydrogenation, duodenal flow, and intestinal digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage : concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 87, pp. 2472 – 2485.
- 218. Lopes A., Teixeira G., Liberato M.C., Pais M.S., Clemente A., 1998.** New vegetal sources of milk clotting enzymes. *Journal of molecular catalysis B : Enzymatic*, Vol. 83, 181 p.
- 219. Low Y.H., Agboola S., Zhao J., Lim M.Y., 2006.** Clotting and proteolytic properties of plant coagulants in regular and ultrafiltered bovine skim milk. *International Dairy Journal*, Vol. 16 (4), pp. 335 – 343.
- 220. Lucas A., Hulin S., Michel V., Agabriel C., Chamba J.-F., Rock E., Coulon J.-B., 2006.** Relations entre les conditions de production du lait et les teneurs en composés d'intérêt nutritionnel dans le fromage : étude en conditions réelles de production. *INRA Prod. Anim.*, 19, pp. 15 – 28.

221. **Lucey J., 1996.** Cheese making from gras based seasonal milk and products association with late lactation milk. *J. Soc. Dairy technol.* 49, pp. 59 – 64.
222. **Lucey J., Kelly J., 1994.** Cheese yield. *J. Soc. Dairy Technol.* 47, pp. 1 – 14.
223. **Lundy, F. P., E. Block, W. C. Bridges, J. A. Bertrand et T. C. Jenkins, 2004.** Ruminant biohydrogenation in Holstein cows fed soybean fatty acids as amides or calcium salts. *J. Dairy Sci.*, 87, pp. 1038 – 1046.
224. **Luquet, 1985,** lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre, Ed. Tec et Doc - Lavoisier, Paris, 630 p.
225. **Macheboeuf D., Coulon J.B., D'Hour P., 1993a.** Aptitude à la coagulation du lait de vache. Influence de la race, des variants génétiques des lactoprotéines du lait, de l'alimentation et du numéro de lactation, *INRA Prod. Anim.*, 6 (5), pp. 333 – 344.
226. **Macheboeuf D., Coulon J.B., D'Hour P., 1993b.** Effect of breed, protein genetic variants and feeding on cows' milk coagulation properties. *J. Dairy Res.*, 60, pp. 43 – 54.
227. **Madani T. et Mouffok C., 2008.** Production laitière et performances de reproduction des vaches Montbéliardes en région semi-aride algérienne. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 61 (2), pp. 97 – 107.
228. **Madani T., Yakhlef H., Abbache N., 2003.** Les races bovines, ovines, caprines et camelines. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture en Algérie. Recueil des communications, Atelier N° 3 « Biodiversité Importante pour l'Agriculture ». MATE – GEF / PNUD Projet ALG / 97/G31 Alger 22-23/01/2003, pp. 44 – 51.
229. **M.A.D.R.P, 2015.** Evolution du cheptel bovin, de la production laitière et de la collecte en Algérie.
230. **Mahaut M., Jeantet R., Brule G., 2002.** Initiation à la technologie fromagère. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 194 p.
231. **Mahaut M., Jeantet R., Brule G., 2003.** Initiation à la technologie fromagère. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 194 p.
232. **Mahmood A. S. N., Brammer J. G., Hornung A., Steele A., Poulston S., 2013.** The intermediate pyrolysis and catalytic steam reforming of Brewers spent grain. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 103, pp. 328 – 342.
233. **Malossini F., Bovolenta S., Piras C., Dalla Rosa M., Ventura W., 1996.** Effect of diet and breed on milk composition and rennet coagulation properties. *Ann. Zootech.*, 45, pp. 29 – 40.
234. **Maltz, E., L. F. Barbosa, P. Bueno, L. Scagion, K. Kaniyamattam, L. F. Greco, A. De Vries, and J. E. P. Santos. 2013.** Effect of feeding according to energy balance on performance, nutrient excretion, and feeding behavior of early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 96, pp. 5249 – 5266.
235. **Mariani P., Pecorari M., Fossa E., 1982.** Le caratteristiche di coagulazione del latte in rapporto allo stadio della lattazione ed ai livelli di produzione. *Sci. Tech. Latt. Casearia*, 33, pp. 409 – 425.

236. **Martin B., Coulon J.B., Chamba, J.F., Perreard E., 1997.** Effect of milk chemical composition and clotting characteristics on chemical and sensory proprieties of Reblochon de Savoie cheese. *J. Dairy Res.* 64, pp. 157 – 162.
237. **Martin B., Coulon J.-B., 1995.** Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. I. influence des facteurs de production sur l’aptitude à la coagulation des laits de troupeaux. *Lait*, 75, pp. 61 – 80.
238. **Martin B., Ferlay A., Pradel P., Rock E., Grolier P., Dupont D., Gruffat D., Besle J. M., Ballot N., Chilliard Y., Coulon J. B. 2002.** Variabilité de la teneur des laits en constituants d’intérêt nutritionnel selon la nature des fourrages consommés par les vaches laitières. *Renc. Rech. Ruminants*, 9, pp. 347 – 350.
239. **Martin B., Pradel P., Verdier-Metz I., 2000.** Effet de la race (Holstein/Montbeliarde) sur les caractéristiques chimiques et sensorielles des fromages. *Renc. Rech. Rum.*, 7, 317 p.
240. **Mathieu J., 1998.** Initiation à la physico-chimie du lait. Techniques et Documentation Lavoisier, Paris, 220 p.
241. **Maubois J.L., Ricordeau G., Mocquot G.,1970.** Étude des rendements en fromagerie de Camembert et de Saint-Paulin, *Lait*, 50, pp. 351 – 373.
242. **M.C, 2014.** Rapport du ministère du Commerce sur le marché.
243. **Mc Mahon D.J., Oommen B.S., 2008.** The quality of milk for cheese manufacturing, I in Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. Technology of chesse making ; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
244. **Mc Sweeney, P.L.H. & Fox, P.F., 2004.** Cheese repping/ maturation Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. Technology of cheese making, 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
245. **Mensik R.P. Katan M.B., 1992.** *Arterioscler and thromb*, 12, pp. 911 – 919.
246. **Merheb-Dini C., Gomes E., Boscolo M., Da Silva R., 2010.** Production and characterization of a milk-clotting protease in the crude enzymatic extract from the newly isolated *Thermomucor indicae-seudaticae* N31 (Milk-clotting protease from the newly isolated *Thermomucor indicae-seudaticae* N31). *Food Chemistry*, 120, 87 – 93.
247. **Meribai A., Nouani A., Boumediene F., Kouidri A., Sehailia M., Chemat S., Bellal M. M., 2015.** Effect of diet on milk production and fatty acids composition of cow milk in Algeria. *Wulfenia*, Vol. 22, N° 3, pp. 293 – 304.
248. **Mezani H., 2000.** Le lait : Une politique dévastatrice. *Agroligne*, N°3, pp. 10 – 11.
249. **Michel V., Hauwuy A., Chamba J.F, 2001.** La flore microbienne de laits crus de vache : diversité et influence des conditions de production. *Lait*, 81, pp. 571 – 592.
250. **Mietton B., 1987.** La préparation des laits de fromages en technologie pâtes molles. *Revue des ENIL*, 113, pp. 22-33.
251. **Mietton B., 1991.** Transformation du lait en fromage. In : Initiation à la technologie N° 1, pp. 5 – 11.
252. **Mietton B., Desmazeaud M., De roissart H. & Weber P., 1994.** Transformation du lait en fromage. In : Luquet F.M., 1994. Bactéries lactiques. Vol. 2. Ed. Lorica, DE. ROISSART.
253. **Mistry V.V., Brouk M.J., Kasperson K.M., Martin E., 2002.** Cheddar cheese from milk of Holstein and Brown Swiss cows. *Michwissenschaft*, 57, pp. 19 – 23.

254. **Mocquot G., Ricordeau G., Auriol P., 1963.** Estimation du rendement en fromage Gruyère de Comté en fonction de la richesse du lait de chaudière. *Ann. Zootech.* 12, pp. 53 – 66.
255. **Mosley, S. A., Mosely E. E., Hatch B., Szasz J. I., Corato A., Zacharias N., Howes D., Mc Guire M. A., 2007.** Effect of varying levels of fatty acids from palm oil on feed intake and milk production in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90, pp. 987 – 993.
256. **Murphy J.J., Cannilly J.F., 1991.** Supplementing cows with full fat rapeseed at pasture. Effects on production and chemical and physical properties of milk fat. EAAP 24nd Annual meeting. September 8 – 12, Berlin, 5 p.
257. **Mutsvangwa, T. Gozho, G.N. 2008.** Influence de la source de glucides sur les caractéristiques de la fermentation ruminale, la performance laitière et la synthèse des protéines microbiennes chez les vaches laitières. *Journal of Dairy Science*, Vol. 91, N° 7, pp. 2726 – 2735.
258. **Narwal R.K., Bhushan B., Pal A., Panwar A., Malhotra S., 2016.** Purification, physico-chemico-kinetic characterization and thermal inactivation thermodynamics of milk clotting enzyme from *Bacillus subtilis* MTCC 10422. *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 65, pp. 652 – 660.
259. **Nedjraoui D., 2001.** Country pasture, forage resource. Profile. Algeria. FAO info.
260. **Nouani A., Morsli A., Dako E., Belhamiche N., Belbraouet S., Bellal M.M., 2009.** Characterization of the purified coagulant extracts derived from artichoke flowers (*Cynara scolymus*) and from the fig tree latex (*Ficus carica*) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria. *Journal of Food Technology*, 7 (1), pp. 20 – 29.
261. **Noziere, P., Graulet, B., Lucas, A., Martin, B., Grolier, P. & Doreau, M., 2006.** The quality of milk for cheese manufacturing, in Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. *Technology of chesse making* ; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
262. **Oba, M. Dehghan-banadaky, M., McGregor, G., Corbett, R. 2007.** L'étendue de la transformation des grains d'orge n'a pas modifié la productivité des vaches laitières en lactation. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 138, N° 3-4, pp. 272 – 284.
263. **Oba, M., Baron, V.S., Chow, L.O., Corbett, R. 2008.** Effets de la date d'ensemencement sur la digestibilité des fibres d'orge entière et sur la productivité de vaches laitières en lactation. *Journal of Dairy Science*, Vol. 91, N° 4, pp. 1534 – 1543.
264. **Okigbo L.M., Richardson G.H., Brown R.J., Ernstrom C.A., 1985.** Variation in coagulation properties of milk from individual cows. *J. Dairy Sci.*, 68, pp. 822 – 830.
265. **Olson N.F., 1995.** Cheese. In *Enzymes, Biomass, Food & Feed, Biotechnology*.
266. **O.N.F.A.A, 2014.** Le commerce international du lait, note de conjoncture. N°1, 6 p.
267. **Oner M.D., Akar B., 1993.** Separation of the pteolytic enzymes from fig tree latex and its utilisation in Gaziantep cheese production. *Lebensm. -Wiss. U. -Technol.*, 26, pp. 318 – 321.
268. **O.N.I.L, 2012.** Aliments pour animaux.

- 269. Paccalin J., Galantier M., 1986.** Valeur nutritionnelle du lait et des produits laitiers, p.p. 93-121, In : Luquet F.M., 1986. Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre, 3 : Qualité – énergie et tables de composition. Techniques et Documentation–Lavoisier, Apria, Paris, 445 p.
- 270. Palmquist D.L., Beaulieu A.D., Barbano D.M., 1993.** Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.*, 76, pp. 1753 – 1771.
- 271. Park H., Yamanaka N., Mikkonen A., Kusakabe I., Kobayashi H., 2000.** Purification and characterization of aspartic proteinase from sunflower seeds. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 64, pp. 931 – 939.
- 272. Parrasin P. R., Hoden A., Vérité R., 1982.** Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 47, pp. 27 – 32.
- 273. Paul A.A., Southgate D.A.T., 1978.** Mc Cance and Widdowson's The Composition of Foods, 4th ed. London: H.M. Stationery Office.
- 274. Pavlinov J.A.I., 2000.** The contribution to craniometric variation and taxonomy of jirds from the group "Shawi–grandis" of the genus *Meriones* (Gerbillidae). *Bull. Moscou Soc. natur.*, 79, pp. 201 – 209.
- 275. Pedersen C., Boersma M.G., Stein H.H., 2007.** Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 85, pp. 1168 – 1176.
- 276. Pejin J., Radosavljević M., Mojović L., Kocić-Tanackov S., Djukić-Vuković A., 2015.** The influence of calcium-carbonate and yeast extract addition on lactic acid fermentation of brewer's spent grain hydrolysate. *Food Research International*, 73, pp. 31 – 37.
- 277. Pelletier C., 1999.** Alimentation d'un troupeau laitier avec des pois. MAPA de Québec – Bas – Saint – Laurent.
- 278. Pereira C.L.I., Gomes E.O., Gomes A.M.P., Malcata F. X., 2008.** Proteolysis in model Portuguese cheeses : Effects of rennet and starter culture. *Food Chemistry*, Vol. 108 (3), pp. 862 – 868.
- 279. Peters R.R., Chapin L.T., Emery R.S., Tucker H.A., 1981.** Milk yield, feed intake, prolactin, growth hormone, and glucocorticoid response of cows to supplemented light. *J. Dairy Sci.*, 64, pp. 1671 – 1678.
- 280. Petit H., 1997.** Milk production and intake of lactating cows fed raw or extruded peas. *J. Dairy Sci.* 80, pp. 3377 – 3385.
- 281. Petit, H. V., 2002.** Digestion, milk production, milk composition et blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. *J. Dairy Sci.* 85, pp. 1482 – 1490.
- 282. Petit, H. V., Germiquet C., Lebel D., 2004.** Effect of feeding whole, unprocessed sunflower seeds and flaxseed on milk production, milk composition, and prostaglandin secretion in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 87, pp. 3889 – 3898.
- 283. Petransxiene D., Lapied L., 1981.** Qualité bactériologique du lait et des produits laitiers : analyses et tests. Ed. 2. Paris, Lavoisier, 219 p.
- 284. Peyraud J.L., Apper-Brossard E., 2006.** L'acidose chez la vache laitière. *Prod.Anim.* 19 (2), pp. 79 – 92.

285. **Peyraud J.L., Delaby L., 1994.** Utilisation de luzerne déshydrétée de haute qualité dans les rations des vaches laitières. *INRA Prod. Anim.*, 7(2), pp. 125 – 134.
286. **Philipona J.-C. Stuby B., Jacot Ph., Haïni J.-P., 2002.** Affouragement des vaches et influence sur la composition du lait. Unité de recherche, lait, fromage, 10 p.
287. **Phillips C.J.C., Schofield S.A., 1989.** The effect of supplementary light on the production and behaviour of dairy cows. *Anim. Prod.*, 48, pp. 293 – 309.
288. **Piantoni, P., A. L. Lock, and M. S. Allen. 2013.** Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility across production level of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 96, pp. 7143 – 7154.
289. **Pissavy A., Dezendre N., 2006.** Quelques pistes de réflexion pour améliorer le taux protéique. *Lettre des GVA*, N° 107, pp. 2 – 4.
290. **Plaizier, J.C., Bhandari, S.K., Li, S., Ominski, K.H., Wittenberg, K.M. 2008.** Évaluation des effets de la longueur de coupe de la luzerne et de l'avoine d'ensilage sur l'ingestion alimentaire, la production de lait, le comportement alimentaire et la fermentation ruminale chez les vaches laitières. *Journal of Dairy Science*, Vol. 91, N° 5, pp. 1942 – 1958.
291. **Pougheon S. 2001,** Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et leurs conséquences en technologies laitières, Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul-Sabatier, Toulouse, 109 p.
292. **Pougheon S., Goursaud J., 2001.** Le lait : caractéristiques physicochimiques, In : Protein, milk and fat lactation yield. *J. Dairy Sci.* 65, pp. 1673 – 1678.
293. **Quittet E., Denis B., 1963.** Races bovines françaises. Ed. La maison rustique. 78 p.
294. **Rabiee, A. R., Breinhild K., Scott W., Golder H. M., Block E., Lean I. J., 2012.** Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components : A meta-analysis and metaregression. *J. Dairy Sci.* 95, pp. 3225 – 3247.
295. **Ramet J. P., 1983.** General guidelines for improvement of small scale sheep and goat cheesemaking. FAO Animal Production and Health Paper : in preparation ROMA-I.
296. **Ramet J. P., 1984.** Les enzymes coagulantes in : Le Fromage, Ed. Sepaic, PARIS-F.
297. **Ramet J. P., 1997.** Les agents de la transformation du lait. pp. 165 – 174. In : ECK A., Gillis J.C. Le fromage : de la science à l'assurance qualité. Ed. : 3. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 891 p.
298. **Ramírez-Suarez C., Torres-Llanez M. J., González-Córdova A. F., Vallejo-Córdova b., 2013.** Sour orange *Citrus aurantium* L. flowers: A new vegetable source of milk-clotting proteases. *LWT - Food Science and Technology*, 54, pp. 325 – 330.
299. **Remeuf F., 1994.** Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits. *Rec. Méd. Vét.*, 170 (6/7), pp. 359 – 365.
300. **Remond B., 1985.** Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. 2- Taux protéique : facteurs généraux. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 62, pp. 53 – 68.
301. **Renner, E. 1989.** Micronutrients in milk and milk-based food products. London, Elsevier Applied Science. 311 p.

- 302. Riahi M. H., 2006.** Modélisation de phénomènes microbiologiques, biochimiques et physico-chimiques intervenant lors de l'affinage d'un fromage de type pâte molle croûte lavée. Thèse doctorat, l'Institut national agronomique Paris-Grignon. 200 p.
- 303. Ribadeau-Dumas B., Grappin R., 1989.** Milk protein analysis. *Lait*, 69, pp. 357 – 416.
- 304. Rico J. E., Allen M. S., Lock A. L., 2014.** Compared with stearic acid, palmitic acid increased the yield of milk fat and improved feed efficiency across production level of cows, *J. Dairy Sci.*, 97, pp. 1057 – 1066.
- 305. Rook, 1961.** In : Journet M. et Rémond B. 1980. Influence de l'alimentation et de la saison sur les fractions azotées du lait de vache. *Le lait*, 140 p.
- 306. Rook J.A.F., Balch C.C., 1961.** The effets of intraruminal infusion of acetic, propionic and butyric acid on the yields of milk and composition of cow's milk. *Br. J. Nutr.*, 15, pp. 361 – 369.
- 307. Rouille B., Montourcy M., 2010.** Influence de quelques systèmes d'alimentation sur la composition en acides gras du lait de vache en France. Compte rendu n°00103100, Institut d'élevage – CNIEL, pp. 1 – 33.
- 308. Rulquin H., Hurtaud C., Lemosquet S., Peyraud J-L., 2007.** Effet des nutriments nergétiques sur la production et la teneur en matière grasse du lait de vache. *INRA Prod. Anim.*, Vol. 20, N° 2, pp. 163 – 176.
- 309. Rulquin H., Hurtaud C., 1994.** Effet des nutriments énergétiques et azotés sur la composition du lait chez la vache laitière. *Renc. Rech. Ruminant*, 1, pp. 95 – 90.
- 310. Rulquin H., Pisulewski P.M., Vérité R., Guinard-Flament J., 1993.** Milk production and composition as a function of postruminal lysine and methionine supply : a nutrient – response approach. *Livest. Prod. Sci.*, 37, pp. 69 – 90.
- 311. Rulquin H., Vérité R., Guinard-Flament J., 2001.** Acides aminés digestibles dans l'intestin. Le système AADI et les recommandations d'apport pour la vache laitière. *INRA Prod. Anim.*, 14 (4), pp. 265 – 274.
- 312. Sanni A.I., Onilude A.A., MOMOH M.O., 1999.** Selection of starters and a starter-mediated novel procedure for production of wara, a West African soft cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 34, pp. 325 – 333.
- 313. Santillo, A., Quinto, M., Dentico, M., Muscio, A., Sevi, A. & Albenzio, M., 2007.** The quality of milk for cheese manufacturing, in: Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. Technology of chesse making ; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
- 314. Sauvant D., Giger-Reverdin S., Meschy F., 2006.** Le contrôle de l'acidose ruminale latente. *INRA Prod. Anim.*, 19, pp. 69 – 78.
- 315. Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2004.** Tables of composition and nutritive value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish. INRA Ed., Paris and Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 304 p.
- 316. Sawyer L., 2003.** The quality of milk for cheese manufacturing, I in Barry A.L., Tamime A.Y., 2010. Technology of chesse making; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
- 317. Schmidely P., Sauvant D., 2001.** Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants : effets de l'apport de matières grasses ou d'aliment concentré. *INRA Prod. Anim.*, 14, pp. 337 – 354.
- 318. Schmidt D.G., 1980.** *Neth. Milk Dairy J.*, 34, pp. 42 – 64.

319. **Schultz M.M., Hansen L.B., Steuernagel G.R., Kuck A.L., 1990.** Variation of milk, fat, protein and somatic cells for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 73, pp. 484 – 493.
320. **Schwab C.G., Bozak C.K., Whitehouse N.L., Olson V.M., 1992.** *J. Dairy Sci.*, 75, pp. 3503 – 3518.
321. **Sebedio J.-L., 2008.** La matière grasse laitière : Introduction. Sciences des aliments, Vol. 28, N° 1, pp. 5 – 11.
322. **Seegers H., Blain J.J., Lebras C., 1989.** Variations du taux protéiques du lait de vache. Facteurs associés aux écarts entre exploitations en région Pays de Loire. *Rec. Méd. Vét.*, 165, pp. 879 – 890.
323. **Senoussi A., 2008.** Caractérisation de l'élevage bovin laitier dans le Sahara : Situation et perspectives de développement. Cas de la région de Guerrara. Colloque international « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives », Alger, 20 - 21 Avril 2008.
324. **Sérieys F., 1989.** Les mammites des vaches laitières. Collection & DQUO, Le point sur & DQUO, ITEB, Paris.
325. **Sérieys F., Auclair J., Poutrel B., 1987.** Le lait matière première de l'industrie laitière, Ed. INRA – CEPIL, pp. 161 – 170.
326. **Shaar J., 1984.** Effet of kappa casein genetic variants and lactation number on the renneting properties of individual milk. *J. Dairy Res.*, 51, pp. 397 – 406.
327. **Shamtsyan M., Dmitriyeva T., Kolesnikov B., Denisova N., 2014.** Novel milk-clotting enzyme produced by *Coprinus lagopides* basidial Mushroom. *LWT - Food Science and Technology*, 58, pp. 343 – 347.
328. **Sidrach L., Garcia-Canovas F., Tudela J., Neptuno Rodriguez-Lopez J., 2005.** Purification of cynarases from artichoke (*Cynara scolymus*) : enzymatic properties of cynarase A. *Phytochemistry*, Vol. 66, pp. 41 – 49.
329. **Slots T., G. Butler, C. Leifert, T. Kristensen, L. H. Skibsted, J. H. Nielsen, 2009.** Potentials to differentiate milk composition by different feeding strategies, *J. Dairy Sci.*, 92, pp. 2057 – 2066.
330. **Socha M.T., Schwab C.G., Putnam D.E., Whitehouse N.L., Kierstead N.A., Garhwaite B.D., 1994.** In Hurtaud C., Rulquin H., 1994. Effet de la composition en acides aminés des compléments protéiques sur la composition du lait et son aptitude fromagère. *Renc. Rech. Ruminants*, 1, pp. 85 – 90.
331. **Sollberger H., Schaeren W., Collomb M., Badertscher R., Bütikofer U., Sieber R., 2004.** Beitrag zur Kenntnis der Zusammensetzung von Ziegenmilch schweizerischer Herkunft. *ALP Sci.*, 473, pp. 1 – 16.
332. **Soltner D., 1979.** Alimentation des animaux domestiques. Le rationnement des bovins, des ovins et des porcs : 13^{ème} Ed., 284 p.
333. **Soukehal A., 2013.** La sécurité alimentaire : quels programmes pour réduire la dépendance en céréales et lait ? Colloque du 08 avril 2013 relatif. Forum des chefs d'entreprises, 20 p.

- 334. Souki H., 2009.** Les stratégies industrielles et la construction de la filière lait en Algérie : portée et limites. *Revue scientifique trimestrielle*, N°15 de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou ; Septembre, 2009.
- 335. Sousa M.J., Malcata F.X., 2002.** Advances in the role of a plant coagulant (*Cynara cardunculus*) in vitro and during ripening of cheeses from several milk species. *Le lait*. 82, pp. 151 – 170.
- 336. Soyeurt H., Dehareng F., Mayeres P., Bertozzi C., Gengler N., 2008.** Variation of $\Delta 9$ desaturase activity in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 91, pp. 3211 – 3224.
- 337. Spiels M.J., Whitney M.H., Shurson G.C., 2002.** Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.*, 80, pp. 2639 – 2645.
- 338. Spindler F., 2002.** Les races bovines en France au XIXème siècle spécialement d'après l'enquête agricole de 1862. in *Éléments d'histoire des races bovines et ovines en France*, Société d'ethnozootechnie, Hors série N° 3, 118 p.
- 339. St - Gelais D., Tirard - Collet P., 2002.** Fromage, In : Vignola C.L., 2002. Science et technologie du lait : transformation du lait. Presse internationale polytechnique, Montréal (Canada), 600 p.
- 340. Stanisiewski E.P., Mellenberger R.W., Anderson C.R., Tucker H.A., 1985.** Effect of photoperiod on milk yield and milk fat in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 68, pp. 1134 – 1140.
- 341. Stoll W., 2003.** Vaches laitières : L'alimentation influence la composition du lait. *Rap-Posieux Agri.*, Vol. 09, N° 15, 19 p.
- 342. Sutton J.D., 1989.** Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.*, 72, pp. 2801 – 2814.
- 343. Sutton J.D., Oldham J.D., Hart I.C., 1980.** Product of digestion, hormones and energy utilization in milking cows given concentrates containing varying proportions of barley or maize. In : *Energy Metabolism*, Mount L.E. (eds). Butterworths, London, England, pp. 303 – 306.
- 344. Tammar N., 2007.** Le marché du lait en Algérie. Missions Economiques d'Alger. Ambassade de France en Algérie.
- 345. Taylor V., 2006.** Indices de mammite : facteurs combinés justifiant une intervention. L'avance de programme d'assurance de qualité de lait/MAAARO.
- 346. Tejada L., Abellán A., Cayuela J., Martínez-Cacha A., Fernández-Salguero J., 2008.** Proteolysis in goats' milk cheese made with calf rennet and plant coagulant. *International Dairy Journal*, Vol. 18 (2), pp. 139 – 146.
- 347. Thénard V., Mauriès M., Trommenschlager J.M., 2002.** Intérêt de la luzerne déshydratée dans des rations complètes pour vaches laitières en début de lactation. *INRA Prod. Anim.*, 15, pp. 119 – 124.
- 348. Tucker H.A., 1985.** Photoperiodic influences on milk production in dairy cows. In «Recent advances in animal nutrition – 1985 ». W. Haresign, D.J.A. Cole ed. *Butter worths*, pp. 211 – 221.

349. **Umar Dahot M., Yakoub Khan M., Memon A. N., 1990.** Screening of some Pakistani plants for milk clotting activity. *Journal of Islamic Academy of Sciences*, 3, pp. 284 – 286.
350. **Upadhyay V.K., Mc Sweeney P.L.H., Magboul A.A.A., Fox P.F., 2004.** Cheese repping/maturation Barry A.L., Tamine A.Y., 2010. Technology of chesse making ; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
351. **UPRA Montbéliarde, 2006.** Les fiches de l'UPRA Montbéliarde.
352. **Veisseyre R., 1979.** Technologie du lait : Constitution, récolte, traitement et transformation du lait. Maison Rustique, Paris. 714 p.
353. **Veissier I., Sarignac C., Capdeville J., 1999.** Les méthodes d'appréciation du bien-être des animaux d'élevage. *INRA Prod. Anim.*, 12 (2), pp. 113 – 121.
354. **Verdier-Metz I., Coulon J.-B., Pradel P., 2001.** Relationship between milk fat and protein contents and cheese yield. *Anim. Res.* 50. Pp. 365 – 371.
355. **Verdier-Metz I., Coulon J.B., Pradel P., Viallon C., Berdagué J.L., 1998.** Effect of forage conservation (hay or silage) and cow breed on the coagulation properties of milks and on the characteristics of ripened cheeses. *J. Dairy Res.*, 65, pp. 9 – 21.
356. **Verdis, R.J. & Barnabo, D.M., 1991.** Factors affecting the quality of milk for cheess manufacturing Barry A.L., Tamine A.Y., 2010. Technology of cheese making; 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
357. **Vierling E., 1999.** Aliment et boissons : filières et produits. Ed 1, Doin, Paris, 270 p.
358. **Vierling E., 2002.** Aliment et boissons : filières et produits. Ed 2, Doin, Paris, 270 p.
359. **Vignola C.L., 2002.** Science et technologie du lait : transformation du lait. Presse internationale polytechnique, Montréal (Canada), 600 p.
360. **Walsh C.D., Guinée T.P., Harrington D., Mehra R., Murphy J., Fitzgerald R.J., 1998.** Cheesemaking, compositional and functional characteristics of low-moisture part-skim Mozzarella cheese from bovine milks containing k-casein AA, AB or BB genetic variants. *J. Dairy Res.* 65, pp. 307 – 315.
361. **Walstra P., 1978.** The milk fat globule natural and synthetic, XX International Dairy Congress, Paris, International Dairy Federation, Brussels, 75 5T, pp. 1 – 18.
362. **Wang J. P., Bu D. P., Wang J. Q., Huo X. K., Guo T. J., Wei H. Y., Zhou L. Y., Rastani R. R., Baumgard L. H., and Li F. D., 2010.** Effect of saturated fatty acid supplementation on production and metabolism indices in heat-stressed mid-lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93, pp. 4121 – 4127.
363. **Weill P, Schmitt B, Chesneau G, Daniel N, Safraou F, Legrand P., 2002.** Effects of Introducing Linseed in Livestock Diet on Blood Fatty Acid Composition of Consumers of Animal Products. *Ann Nutr Metab.*, 46, pp. 182 – 191.
364. **Wiking L., Stagsted J., Bjorck L., Nielsen H., 2004.** The quality of milk for cheese manufacturing, In Barry A.L., Tamine A.Y., 2010. Technology of cheese making, 2nd Ed. Wiley-Blackwell, UK, 514 p.
365. **Wilson G.F., Davey A.W.F., Dohby R.M., 1967.** Milk composition as affected by intraruminal infusion of volatile fatty acids to cows on a restrieted ratio. *N.Z.J. Agric.Res.* 10, pp. 215 – 225.

- 366. Windhorst H.W., 2007.** Bio energy production, a threat to the global egg industry? *World Poult. Sci. J.*, 63, pp. 365 – 379.
- 367. Wolter R., 1994.** Alimentation de la vache laitière, 2^{ème} Ed. 255 p.
- 368. Wolter R., 1997.** Alimentation de la vache laitière. 3^{ème} Ed, France Agricole, Paris. 263 p.
- 369. Wolter R., 1998.** Alimentation de la vache laitière. Editions France Agricole, 264 p.
- 370. Woods V.B., Fearon M.A., 2009.** Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review. *Livestock Science*, 126, pp. 1 – 20.
- 371. Xu C., Cai Y., Moriya N., Ogawa M., 2007.** Nutritive value for ruminants of green tea grounds as a replacement of brewers' grains in totally mixed ration silage. *Animal Feed Science and Technology*, 138, pp. 228 – 238.
- 372. Yakhlef H., 1989.** La production extensive de lait en Algérie. Options Méditerranéennes, Série séminaires, N° 6, pp. 135 – 139.
- 373. Yegin S. A, Yekta Goksungur B. B, Fernandez-Lahore M., 2012.** Purification, structural characterization, and technological properties of an aspartyl proteinase from submerged cultures of *Mucor mucedo* DSM 809. *Food Chemistry*, 133, pp. 1312 – 1319.
- 374. Yennek N., 2010.** Effets des facteurs d'élevage sur la production et la qualité du lait de vache en régions montagneuses. Thèse de magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou.
- 375. Zebeli, Q., Dijkstra, J., Tafaj, M., Steingass, H., Ametaj, B.N., Drochner, W. 2008.** Mise au point de modèles pour déterminer la quantité adéquate de fibres alimentaires dans la ration des vaches laitières en fonction des variations de l'acidité ruminale (pH) et de la production de matières grasses du lait. *Journal of Dairy Science*, Vol. 91, N° 5, pp. 2046 – 2066.
- 376. Zelter Z., 1953.** Le rôle nutritionnel, chez la vache en lactation, des acides acétique et butyrique formés au cours de l'ensilage. *Ann. Zootechni.*, 43, pp. 104 – 147.
- 377. Zhao Y. L., Yan S. M., He Z. X., Anele U. Y., Swift M. L., Mc Allister T. A., Yang W. Z., 2015.** Effects of volume weight, processing method and processing index of barley grain on in situ digestibility of dry matter and starch in beef heifers. *Animal Feed Science and Technology*, 199, pp. 93 – 103.

ANNEXES

1. Détermination du pH :

Lire directement sur l'échelle graduée du galvanomètre la valeur du pH après introduire de l'électrode de pénétration dans un bêcher contenant l'échantillon du lait, en réglant le correcteur de température à 20 °C.

2. Détermination de l'extrait sec total (EST) :

- Introduire l'échantillon à l'intérieur de l'analyseur d'humidité.
- Régler la température de séchage à 65°C.
- Laisser chauffer, après quelques minutes, le résultat sera inscrit sur l'écran de l'appareil (pourcentage de l'EST).

3. Détermination de la densité :

- Verser l'échantillon du lait dans une éprouvette cylindrique sans bec avec précaution pour éviter la formation de mousse jusqu'à un niveau permettant d'assurer le débordement ultérieur du liquide.
- Plonger doucement l'aréomètre jusqu'à voisinage de sa position d'équilibre, l'échantillon devant déborder franchement. Vérifier la position de l'éprouvette dont l'axe doit être vertical. Effectuer la lecture de graduation à la partie supérieure du ménisque. Introduire éventuellement le thermomètre. Lire la température.

Corrections de lecture : Ajouter à la masse volumique lue de 0,0002 par degré Celsius au-dessus de 20°C, retrancher 0,0002 par degré Celsius au-dessous de 20°C.

4. Détermination de l'acidité :

Introduire dans un bêcher 10 ml de lait à l'aide d'une pipette graduée, puis ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine.

Titrer avec de la soude NaOH N/9 jusqu'au premier virage au rose.

L'acidité est exprimée en degrés Dornic, donnée par une lecture directe du nombre de millilitres de soude neutralisante, sachant que 1°D= 0,1g/l d'acide lactique.

5. Détermination du taux butyreux par la méthode acido-butyrométrique de Gerber (AFNOR 1986, norme NF V04-210) :

- Introduire 10 ml d'acide sulfurique dans un butyromètre et ajouter 11 ml de lait.
- Ajouter 1 ml de l'alcool isoamélique : "Methyl-3 Butanol-1".
- Boucher avec soin le butyromètre, l'agiter avec précaution mais énergiquement et rapidement jusqu'à dispersion des grumeaux.
- Centrifuger immédiatement pendant 10 minutes.
- Lire la valeur (A) de la graduation correspondant au niveau inférieur de la colonne lipidique, lire aussi rapidement que possible la valeur (B) de la graduation correspondant au point le plus bas du ménisque supérieur de la colonne lipidique.

La teneur en matière grasse est donnée par les relations suivantes :

Matière grasse en grammes par litre : $(B - A) \times 10$.

6. Détermination du taux protéique par dosage de la matière azotée totale (Méthode Kjeldahl - AFNOR 1986, norme NF V04-211) :

6.1. Minéralisation :

Elle consiste à transformer toutes les structures organiques contenant de l'azote en azote minéral par voie humide. Introduire 5 ml de lait dans le matras de Kjeldahl. Ajouter 15 à 20 ml d'acide sulfurique et 2g de catalyseur (composé de 250g de K_2SO_4 , 250g de $Cu SO_4$ et 5g de Se). Agiter. Chauffer légèrement le matras. Lorsque l'eau s'est évaporée, augmenter le chauffage jusqu'à douce ébullition du mélange acide. Agiter de temps en temps, en ramenant dans le fond du matras les parcelles de substances qui adhèrent aux parois. Lorsque le liquide est devenu limpide, poursuivre le chauffage durant 30 minutes et laisser refroidir.

6.2. Distillation et dosage de l'ammoniac :

Après refroidissement, le minéralisât est récupéré avec précaution dans une fiole de 100 ml avec l'eau distillée. Transvaser 20 ml du minéralisât dilué dans un ballon additionné de 20 ml de lessive de soude à 33 %, plus 80 ml d'eau distillée.

- Placer le ballon dans le dispositif de distillation ;
- Placer l'allonge qui termine le dispositif dans un bêcher de 200 ml contenant 20ml d'acide borique à 4% et 2 gouttes d'indicateur (Tashiro) ;
- Après distillation ; titrer le distillat avec l'acide sulfurique 0,1 N.

6.3. Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés gramme d'azote par litre :

$$NT = V_1 * 0,0014 * 1000/V_0$$

Avec :

V₀: volume de la prise d'essai (5 ml) ;

V₁ : volume de la solution d'acide sulfurique 0,1 N.

Annexe 2
Analyses physico-chimiques du fromage

1. Détermination de la teneur en matière grasse du fromage (Méthode acido-butyrométrique de VAN GULIK) :

3g du fromage sont broyés et introduits dans le godet du butyromètre. 10ml de l'acide sulfurique sont ajoutés, puis le butyromètre est placé dans un bain marie à 65°C jusqu'à dissolution totale du fromage. Le butyromètre est agité toutes les 5 minutes pendant la période de dissolution. 1ml de l'alcool isomylique est additionné.

Enfin on centrifuge pendant 5 minutes dans une centrifugeuse (1200 tours/min).

2. Détermination du taux protéique par le dosage de l'azote selon la méthode Kjeldhal (AFNOR, 1982) :

2.1. Minéralisation :

Dans le matras de Kjeldhal, introduire 1 à 2g d'échantillon auquel sont ajoutés 15 à 20 ml d'acide sulfurique concentré et environ 2 g de catalyseur, après homogénéisation, laisser 3 heures dans le minéralisateur jusqu'à obtention d'une solution limpide et ceux-ci par chauffage modéré, puis fort en évitant de surchauffer les parois du matras.

2.2. Distillation et dosage de l'ammoniac :

Après refroidissement, le minéralisât est récupéré avec précaution dans une fiole et on ajuste à 100 ml avec de l'eau distillée. Transvaser 20 ml du minéralisât dilué dans un ballon additionné de 20 ml de lessive de soude à 33%, plus 80 ml d'eau distillée.

Placer le ballon dans le distillateur ;

Placer l'allonge qui termine le dispositif dans un bécher de 200 ml contenant 20 ml d'acide borique à 4% et 2 gouttes d'indicateur (Tashiro).

Titrer le distillat avec de l'acide sulfurique à N/50(d=1.83).

2.3. Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche (MS) de la façon suivante :

$$N(g) = X * 280 * 10^{-6} * (100/Y) * (100/A)$$

Avec :

X : descente de la burette (ml) ;

Y : prise d'essai (1g) ;

A : volume du minéralisât.

3. Détermination du taux de chlorure du fromage (AFNOR, 1986) :

On pèse 2g de fromage débarrassé de sa croûte qu'on a déjà broyé dans un mortier, dans une fiole, puis on rajoute 25ml de nitrate d'argent (AgNO_3 à 0.1N) ensuite 25ml d'acide nitrique (HNO_3) de densité 1,4. Le mélange est porté à l'ébullition jusqu'à l'apparition de la couleur jaune citron. On additionne 15ml de permanganate de potassium (KMnO_3 à 7,5%) en maintenant l'ébullition et ça jusqu'à l'obtention d'un liquide clair. Par la suite on ajoute 5ml d'alun de fer (38%) et 100ml d'eau distillée.

L'étape qui suit c'est le titrage à l'acide thiocyanate d'ammonium (0,1N) jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge brique.

Les mêmes étapes sont refaites mais en remplaçant les 2g de fromage par 2g de l'eau distillée pour réaliser le blanc.

La teneur en chlorure est exprimée par la relation suivante :

$$\text{NaCl (\%)} = (\mathbf{V_h} - \mathbf{V}) * \mathbf{0,585} / \mathbf{P}$$

Avec :

V_b= volume en ml de thiocyanate d'ammonium ayant servi à la neutralisation du blanc ;

V: Volume en ml de thiocyanate d'ammonium ayant servi à la neutralisation de l'échantillon ;

P : Prise d'essai, soit 2g de fromage.

1. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) :

A partir de chaque dilution préparée auparavant, on prélève 1 ml qu'on introduit dans chaque boîte de Pétri puis on ajoute la gélose PCA. Le mélange est homogénéisé par des mouvements de huit.

L'incubation se fait à 30°C pendant 72 heures.

Les colonies des GAMT se présentent sous forme lenticulaire et de tailles différentes.

Le dénombrement s'effectue sur la boîte sous compteur de colonies et dont le nombre est compris entre 30 et 300

Les résultats exprimés représentent les moyennes des colonies qu'on multiplie par l'inverse de la dilution.

2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux :

A partir de chaque dilution préparée auparavant, on prélève 1 ml qu'on introduit dans chaque boîte de Pétri puis on ajoute la gélose désoxycolate. Le mélange est homogénéisé par des mouvements de huit.

L'incubation se fait à 37°C et 44°C pour les coliformes totaux et fécaux respectivement, pendant 24 heures.

Le dénombrement s'effectue sur la boîte sous compteur de colonies et dont le nombre est compris entre 30 et 300.

3. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* :

Transférer à l'aide d'une pipette 0,1ml de chaque dilution dans la boîte Baird-Parker, puis étaler soigneusement l'inoculum à la surface.

La boîte sera incubée à 37 °C pendant 24 heures à 48 heures.

Les colonies de *Staphylococcus aureus* apparaissent noires brillantes de 1 à 5 mm de diamètre, bombées cerclées d'un liséré blanc opaque et entourées d'un halo d'éclaircissement.

4. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

Leur recherche est réalisée sur un milieu de présomption de Rothe et un autre confirmatif de Litsky en cas d'obtention de résultats positifs dans le premier test.

4.1. Test présomptif :

On introduit aseptiquement 1ml de chaque dilution dans trois tubes de milieu de Rothe et on incube à 37°C pendant 24 heures.

Les tubes de Rothe présentant un trouble sont considérés positifs au test.

4.2. Test confirmatif :

On prélève 1 à 2 gouttes du tube de Rothe positif et on repique dans chaque tube contenant le milieu Litsky. On incube à 37°C. La présence d'une pastille violette au fond du tube confirme la présence de streptocoques du groupe D. les résultats sont exprimés par le NPP.

5. Recherche et dénombrement des salmonelles :

5.1. Pré-enrichissement :

On introduit 1 ml de la solution mère dans un tube du milieu BLMT. Incubation 37°C pendant 24 heures.

5.2. L'enrichissement sélectif :

Après le pré-enrichissement on repique 1ml du milieu pré-enrichi dans 10ml de bouillon de sélénite de sodium (SFB) et incubé à 37 °C pendant 24 h.

5.3. Isolement :

On effectue à partir du milieu SFB un isolement en stries (en utilisant une anse stérile) à la surface de gélose HEKTOEN préparé comme suit :

Faire fondre la gélose dans le bain marie, laisser refroidir et ajouter une ampoule d'additif de l'HEKTOEN à un flacon.

Couler ensuite le flacon dans des boîtes stériles, laisser solidifier puis conserver à 4 °C.

On incube les boîtes à 37°C pendant 24 heures

Les colonies des salmonelles seront vertes ou bleues, avec ou sans centre noir.

6. Recherche et dénombrement de *Clostridium* sulfitoréducteurs :

On introduit 5ml de la dilution considérée dans deux tubes stériles et dans un troisième 1ml de la même dilution puis on le complète par 4ml pour atteindre 5ml par l'eau physiologique. Ces trois tubes sont chauffés à 80°C pendant 10 minutes, puis on refroidit rapidement sous l'eau de robinet, formes végétatives sont alors détruites et seules les formes sporulées subsistent.

Verser stérilement 20 ml de la gélose viande- foie régénérée, refroidie à 55 °C et additionnée de sulfite de sodium et d'alun de fer. On mélange les tubes sans faire de bulles puis on laisse refroidir sur la paillasse. Incuber à 37 °C pendant 72 heures.

Les *Clostridium* sulfitoréducteurs apparaissent sous forme de colonies entourées d'un halo noir.

Effectuer la lecture tous les 24, 48 et 72 heures dans le cas où il n'y a pas de colonies caractéristiques.

Les résultats sont exprimés par le nombre de spores par ml ou gramme de produit.

1. Détermination de la teneur en matière sèche (MS) :

Dans une capsule séchée et tare du préalable , introduire 2 g de l'échantillon à analyser, porter la capsule dans une étuve à circulation d'air réglée à 105 °C (± 2 °C) , laisser durant 24h, refroidir au dessiccateur, peser , remettre une heure à l'étuve et précéder à une nouvelle pesée, continuer l'opération jusqu'à poids constant .

Le teneur en MS est donné par la relation :

$$\text{MS \%} = (\text{Y/X}) * 100$$

Y : poids de l'échantillon après dessiccation

X : poids de l'échantillon humide

2. Détermination de la teneur en cellulose brute (CB) :

La teneur en cellulose brute est déterminée par méthode de WEENDE. Par convention, la teneur en cellulose brute est le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

Peser 2 g d'échantillon, l'introduire dans un ballon de 500 ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot, ajouter 100 ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12,5 g d'acide sulfurique pour 1 litre (6,8 ml d'H₂SO₄ à compléter jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée). Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30mn exactement. Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse, séparer le ballon du réfrigérant. Transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuses en conservant la plus grande quantité possible de produit dans les ballons. Centrifuger jusqu'à caprification totale du liquide.

Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube à centrifugé avec 100ml de solution bouillante contenant 12,5 g de soude pour 1 litre. Faire bouillir durant 30 mn exactement, filtré du creuset (de porosités 1 ou 2). Peser le creuset plus le résidu à l'étuve réglée à 105 °C jusqu'à poids constant.

Après refroidissement au dessiccateur, peser puis incinérer dans le four à moufle à 400 °C durant 5 heures. Refroidir au dessiccateur et peser à nouveau. La différence de poids entre les

deux pesées représente les matières celluloses, une grande partie de cellulose vraie, une partie de la lignine et des résidus d'hémicellulose.

$$\text{Teneur en CB en \% MS} = [(A - B) * 100] / (C * MS)$$

A : poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : poids du creuset + résidu après incinération.

C : poids de l'échantillon de départ.

3. Détermination de la teneur en protéines (PR) :

L'azote total est dosé par la méthode de Kjeldahl.

3.1. Minéralisation :

Opérer sur un échantillon de 1h, l'introduire dans un matras de 250ml, ajouter 2g de catalyseur (composé de 250g de K_2SO_4 , 250g de $Cu SO_4$ et 5 5g de Se) et 20 ml d'acide sulfurique concentré (densité = 1.84), porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration vert stable. Laisser refroidir, puis ajouter avec précaution 200ml d'eau distillée en agitant et en recroissant sous un courant d'eau.

3.2. Distillation :

Traverser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (Buchi), rincé la burette graduée. Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, introduire 20ml de l'indicateur composé de :

- 20g d'acide borique.
- 200 ml d'éthanol absolu.
- 10ml d'indicateur contenant : $\frac{1}{4}$ (2.5ml) de rouge de méthyle à 0.2% (0.2 g dans 100ml) dans l'alcool à 95° et $\frac{3}{4}$ (7,5ml) de vert de bromocrésol à 0,1% (0.1g dans 100ml dans l'alcool à 95°.

Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 50 ml de lessive de soude ($d=1.33$) (330 g de soude dans 1 litre d'eau distillée) mettre en marche l'appareil , laisser l'attaque se faire jusqu'à l'obtenir d'un volume de distillat de 100 ml moins , titrer en retour par de l'acide sulfurique N/20 (50ml H_2SO_4 1N + 950 ml d'eau distillée) ou N/50 (20ml H_2SO_4 1N + 980 ml d'eau distillée) jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initiale de l'indicateur .

1 ml d' H_2SO_4 (1N) \longrightarrow 0,014g d'N

1ml d' $H_2 SO_4$ (N/20) \longrightarrow 0,0007g d'H

$$N(g) = X * 0,0007 * (100/Y) * (200/A)$$

X : descente de la burette (ml).

Y : poids de l'échantillon de départ.

A : volume de la prise d'essai.

$$\text{Teneur en MA (\% MS)} = N \text{ g} \times 6,25.$$

4. Détermination de la teneur en matières grasses (MG) :

Elle est déterminée par l'extraction à l'éther de pétrole dans les colonnes SOXHLET à reflux. Poser 5g de l'échantillon (P) introduire dans une cartouche d'extraction et couvrir la cartouche à l'aide de l'ouate, taré le ballon de l'extracteur avec quelques billes en verre (A), introduire la cartouche dans l'extracteur et remplir le ballon taré au niveau 2/3 avec l'éther de pétrole et monter l'appareil sur l'appareil chauffante, extraire pendant 6 heures. Enlever la cartouche de l'extracteur et distiller l'éther, sécher le ballon pendant 30 minutes sur le rota vapeur et peser le ballon à nouveau (B).

$$\% \text{ MG} = [(B - A) / P] * 100$$

A : poids du ballon en gramme.

B : poids du ballon et graisse en grammes.

P : poids de l'échantillon dans la cartouche en gramme.

Fiche de dégustation Fromage

	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
L'ASPECT			
<i>Surface</i> <i>Irrégularité</i> <i>Forme</i> <i>Couleur</i>	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
TEXTURE DE LA PATE A LA COUPE			
<i>Couleur</i>	Blanc Blanc crème Ivoire Crème	Blanc Blanc crème Ivoire Crème	Blanc Blanc crème Ivoire Crème
<i>Élasticité</i>	Souple Ferme Sableux Cassant Friable	Souple Ferme Sableux Cassant Friable	Souple Ferme Sableux Cassant Friable
<i>Homogène</i>	Homogène Ouvertures Crevasses	Homogène Ouvertures Crevasses	Homogène Ouvertures Crevasses
<i>Affinage</i>	Plâtreux Onctueux Coulant	Plâtreux Onctueux Coulant	Plâtreux Onctueux coulant
TEXTURE EN BOUCHE			
<i>Dureté :</i> Mou Dur	0 1 2 3 4 0 1 2 3 4	0 1 2 3 4 0 1 2 3 4	0 1 2 3 4 0 1 2 3 4
<i>Cohésion :</i> Souple Friable	0 1 2 3 4 0 1 2 3 4	0 1 2 3 4 0 1 2 3 4	0 1 2 3 4 0 1 2 3 4

<i>Structure de la pâte :</i>			
Onctueuse	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
Granuleuse	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
<i>Sensation sur la muqueuse :</i>			
Glissante	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
Rêche	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
GOUT			
<i>Amer</i>			
<i>Salé</i>	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
<i>Acide</i>	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
<i>Piquant</i>	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
<i>Ammoniacal</i>	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
<i>Laitage</i>	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
<i>Champignon</i>	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
<i>Soufré</i>	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
<i>Végétal (herbe, foin)</i>	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4
<i>Rance</i>	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4	0 1 2 3 4

0 : absence ;

1 : Intensité faible ;

2 : Intensité moyenne ;

3 : Intensité forte ;

4 : Intensité très forte.

Table de Kramer (KRAMER, 1961)

Nombre de dégustateurs	Nombre de fromages dégustés										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3				3-9	3-11	3-13	4-14	4-16	4-18	5-19	5-21
4		4-8	4-11	5-13	6-15	6-18	7-20	8-22	8-25	9-27	10-29
5		5-11	6-14	7-17	8-20	9-23	10-26	11-29	13-31	14-34	15-37
6	6-9	7-13	8-17	10-20	11-24	13-27	14-31	15-35	17-38	18-42	20-45
7	7-11	9-15	11-19	12-24	14-28	16-32	18-36	20-40	21-45	23-49	25-53
8	8-13	10-18	13-22	15-27	17-32	19-37	22-41	24-46	26-51	28-56	30-61
9	10-14	12-20	15-25	17-31	20-36	23-41	25-47	28-52	31-57	33-63	36-68
10	11-16	14-22	17-28	20-34	23-44	26-46	29-52	32-58	35-64	38-70	41-76
11	12-18	16-24	19-31	13-37	26-44	30-50	34-56	37-63	40-70	44-76	47-83
12	14-19	18-26	21-34	25-41	29-48	33-55	37-62	41-69	45-76	49-83	53-90
13	15-21	19-29	24-36	28-44	32-52	37-59	41-67	45-75	50-82	54-90	58-98
14	17-22	21-31	26-39	31-47	35-56	40-64	45-72	50-80	54-89	59-97	64-105
15	18-24	23-35	28-42	33-51	38-60	44-68	49-77	54-86	59-95	65-103	70-112
16	19-26	25-35	30-45	36-54	42-63	47-73	53-82	56-91	64-101	70-110	75-120
17	21-27	27-37	33-47	39-57	45-67	51-77	57-87	62-98	69-107	75-117	81-127
18	22-29	28-40	35-50	41-61	48-71	54-82	61-92	67-103	74-113	81-123	87-134

Annexe 6
Résultats des analyses sensorielles – Aspect général

ESSAII

Critère sensoriel	Aspect général																	
	Hh1		Hh2		Hh3		Hc1		Hc2		Hc3		Eh1		Eh2		Eh3	
Fromage	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang
Panéliste	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang
1	4	4	3	6	2	7,5	4	4	4,5	2	5	1	1	9	2	7,5	4	4
2	3	6	4	2,5	2,5	8	3	6	3,5	4	2	9	3	6	4	2,5	5	1
3	1	8,5	2	6,5	2	6,5	3	4,5	3	4,5	1	8,5	3,5	2,5	4	1	3,5	2,5
4	2	7	2	7	1	9	2	7	3	4	3,5	1,5	3	4	3,5	1,5	3	4
5	3	6,5	3	6,5	2	9	4	3	4	3	3	6,5	3	6,5	5	1	4	3
6	2	7	2	7	1	9	2	7	3	5	3,5	4	4	2,5	4,5	1	4	2,5
7	3	8,5	3	8,5	4	4,5	4	4,5	5	1	4	4,5	4	4,5	4	4,5	4	4,5
8	3	8,5	4	4	3	8,5	4	4	4	4	5	1	3,5	7	4	4	4	4
9	5	2,5	4	6	4	6	5	2,5	4	6	5	2,5	2	9	3	8	5	2,5
10	4	4,5	5	1,5	4	4,5	4	4,5	5	1,5	3	9	3,5	7,5	4	4,5	3,5	7,5
Moyenne des scores	3		3,2		2,55		3,5		3,9		3,5		3,05		3,8		4	
Somme des rangs		63		55,5		72,5		47		35		47,5		58,5		35,5		35,5

Annexe 6
Résultats des analyses sensorielles – Texture

ESSAII

Critère sensoriel	Texture																	
	Hh1		Hh2		Hh3		Hc1		Hc2		Hc3		Eh1		Eh2		Eh3	
Fromage	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang
1	2,5	5	1,5	9	2,5	5	2,5	5	2	8	2,5	5	3,5	2	5	1	2,5	5
2	1,5	7	1,5	7	1,5	7	2	4	1,5	7	1,5	7	4	2,5	4	2,5	5	1
3	1,5	6	1	9	1,5	6	1,5	6	1,5	6	1,5	6	4	2,5	4	2,5	5	1
4	1	8,5	1	8,5	1,5	5,5	1,5	5,5	2	3	2,5	2	1,5	5,5	1,5	5,5	3,5	1
5	1,5	7	1,5	7	2,5	3,5	2,5	3,5	2,5	3,5	3,5	1	1	9	1,5	7	2,5	3,5
6	1	8,5	1	8,5	1,5	6,5	1,5	6,5	2	5	2,5	4	4,5	2,5	5	1	4,5	2,5
7	1,5	8,5	1,5	8,5	2,5	5,5	2,5	5,5	2,5	5,5	2,5	5,5	4,5	1,5	4,5	1,5	3,5	3
8	1	9	1,5	7,5	1,5	7,5	2	6	2,5	4	2,5	4	3	2	5	1	2,5	4
9	3,5	2,5	2,5	7	2,5	7	3,5	2,5	2,5	7	3,5	2,5	2,5	7	2,5	7	3,5	2,5
10	2,5	5,5	2,5	5,5	1,5	9	2,5	5,5	2,5	5,5	3,5	3	4	1,5	4	1,5	2	8
Moyenne des scores	1,75		1,55		1,9		2,2		2,15		2,6		3,25		3,7		3,45	
Somme des rangs		67,5		77,5		62,5		50,0		54,5		40,0		36,0		30,5		31,5

Annexe 6
Résultats des analyses sensorielles – Goût

ESSAII

Critère sensoriel	Goût																	
Fromage	Hh1		Hh2		Hh3		Hc1		Hc2		Hc3		Eh1		Eh2		Eh3	
Panéliste	Score	Rang																
1	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3	6	4,5	1	2,5	7,5	2,5	7,5	2	9
2	2,5	6	2,5	6	3	3,5	3	3,5	3,5	1,5	3,5	1,5	1	9	2	8	2,5	6
3	3	3	2,5	5,5	3,5	2	2,5	5,5	2,5	5,5	4	1	1,5	9	2,5	5,5	2	8
4	2,5	5	2	6,5	3	3,5	3	3,5	3,5	1,5	3,5	1,5	1	8,5	1	8,5	2	6,5
5	4	4,5	4	4,5	4,5	1,5	4	4,5	4	4,5	4,5	1,5	2	8	1,5	9	2,5	7
6	2,5	5,5	2	8	3	3,5	3	3,5	3,5	1,5	3,5	1,5	2	8	2,5	5,5	2	8
7	2,5	6,5	2,5	6,5	3,5	3,5	4	2	3,5	3,5	5	1	2	9	2,5	6,5	2,5	6,5
8	3,5	5	4	3	3,5	5	3,5	5	4,5	2	5	1	2	8,5	2	8,5	3	7
9	4,5	1	3,5	3,5	4	2	3	6,0	3	6,0	3,5	3,5	1,5	9	3	6	2	8
10	4,5	2,5	4	5,5	4,5	2,5	4,5	2,5	4	5,5	4,5	2,5	1,5	8,5	1,5	8,5	2	7
Moyenne des scores	3,3		3,05		3,6		3,4		3,5		4,15		1,7		2,1		2,25	
Somme des rangs		42,5		52,5		30,5		39,5		37,5		16,0		85,0		73,5		73,0

ESSAI II

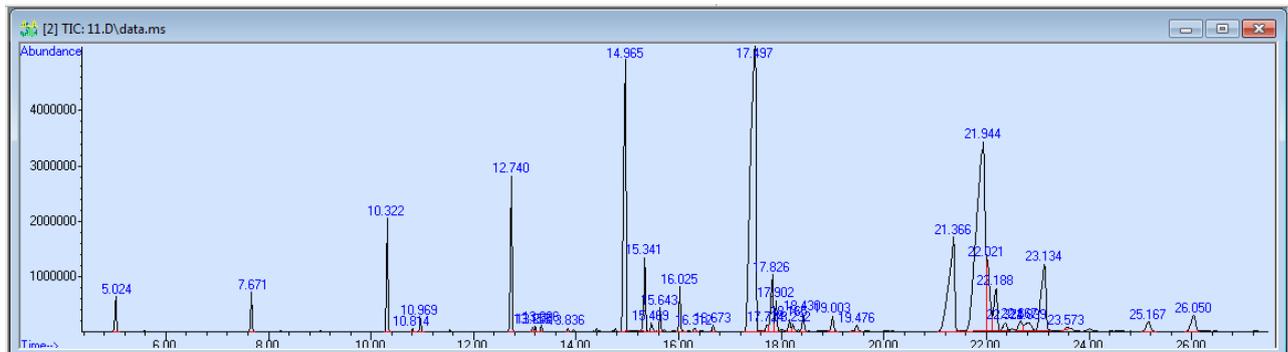
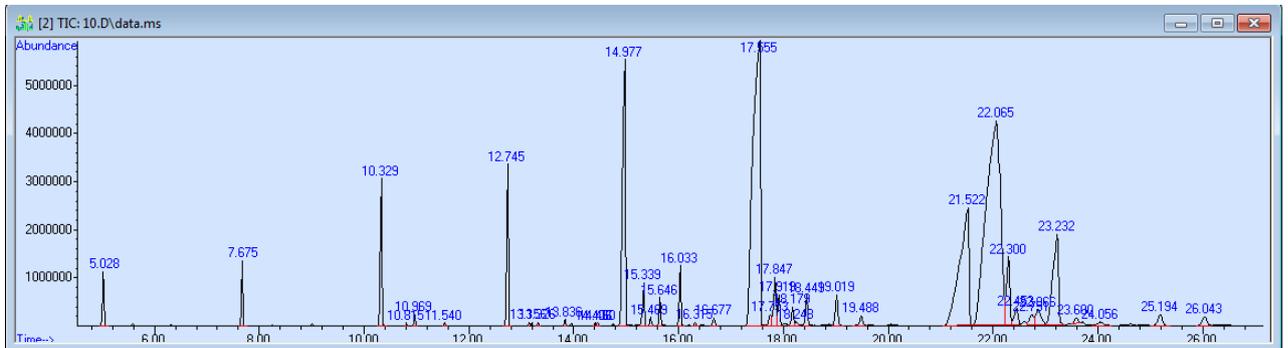
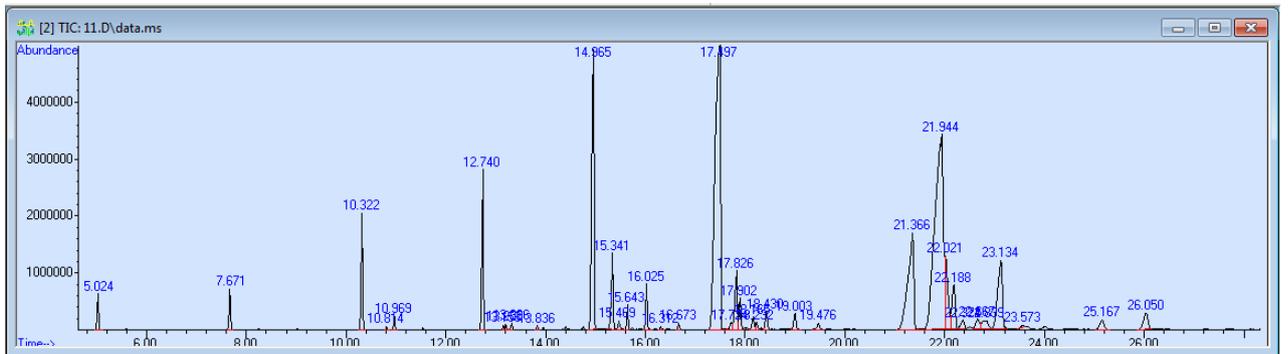
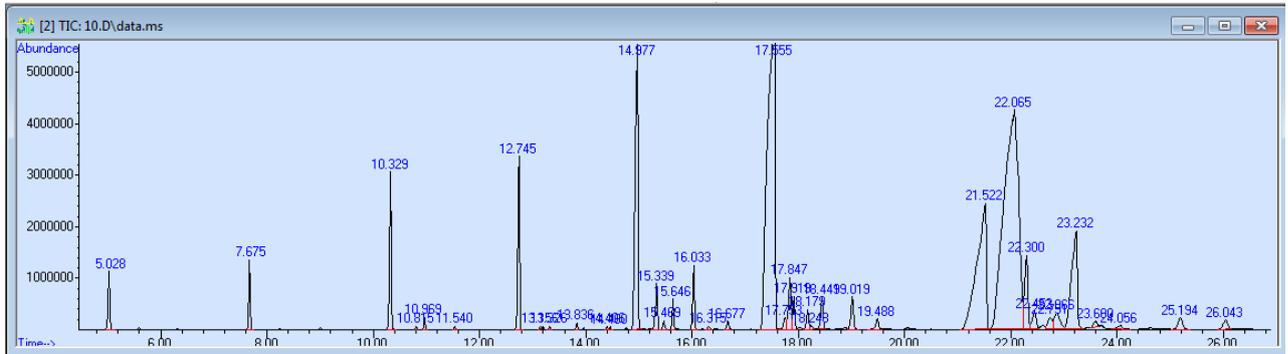
Critère sensoriel	Aspect général															
	Hp1		Hp2		He1		He2		Mp1		Mp2		Me1		Me2	
Fromage	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang
Panéliste	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang
1	3,5	5,5	5	1,5	3,5	5,5	4	3	3,5	5,5	3	8	3,5	5,5	5	1,5
2	3	5,5	3,5	3,0	4	1	3,5	3	3	5,5	2,5	7,5	2,5	7,5	3,5	3,0
3	3,5	5	4	2	3,5	5	4	2	3,5	5	2,5	7,5	2,5	7,5	4	2
4	3	5	3,5	2	3,5	2	3	5	3	5	2	8	2,5	7	3,5	2,0
5	4,5	3	4,5	3	4,5	3	4,5	3	4	7	4	7	4	7	4,5	3
6	3	4,5	3,5	1,5	3	4,5	3	4,5	3	4,5	2	7,5	2	7,5	3,5	1,5
7	3,5	5,5	5	1,5	4	4	4,5	3	3,5	5,5	2,5	7,5	2,5	7,5	5	1,5
8	3,5	6	5	1,5	4	4	4	4	3	7,5	4	4	3	7,5	5	1,5
9	4	3	3,5	6,5	4,5	1	4	3	4	3	3,5	6,5	3,5	6,5	3,5	6,5
10	4,5	3,5	4,5	3,5	4,5	3,5	4,5	3,5	4,5	3,5	4	7,5	4	7,5	4,5	3,5
Moyenne des scores	3,60		4,20		3,90		3,90		3,50		3,00		3,00		4,20	
Somme des rangs		46,50		26,00		33,50		34,00		52,00		71,00		71,00		26,00

Critère sensoriel	Texture															
	Hp1		Hp2		He1		He2		Mp1		Mp2		Me1		Me2	
Fromage	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang
Panéliste	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang
1	2,5	4	3,5	1	2,5	4	2,5	4	2	7,5	2,5	4	2	7,5	2,5	4
2	2,5	2	4	1	1,5	4	1	7	1,5	4	1,5	4	1	7	1	7
3	3	2	3,5	1	1,5	6	1,5	6	1,5	6	1,5	6	1,5	6	2	3
4	2	3	3,5	1	1,5	5	1	7	2	3	2	3	1	7	1	7
5	2,5	3,5	4,5	1	2,5	3,5	2	6,5	2	6,5	3,5	2	2	6,5	2	6,5
6	3	1,5	3	1,5	1,5	8	2	5,5	2	5,5	2,5	3	2	5,5	2	5,5
7	3	2	4	1	2,5	4	2	7	2,5	4	2,5	4	2	7	2	7
8	2	5	4	1	1,5	7,5	2	5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5	7,5	2	5
9	3,5	2	4,5	1	2,5	4,5	1,5	7,5	2,5	4,5	3	3	1,5	7,5	2	6
10	3	3	4,5	1	1,5	6,5	1,5	6,5	2,5	4,0	3,5	2	1,5	6,5	1,5	6,5
Moyenne des scores	2,70		3,90		1,9		1,7		2,1		2,5		1,6		1,8	
Somme des rangs		28,00		10,50		53		62		47,5		33,5		68		57,5

ESSAI II

Critère sensoriel	Goût							
Fromage	Hp1		Hp2		Mp1		Mp2	
Panéliste	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang	Score	Rang
1	5	1,5	5	1,5	4	4	4,5	3
2	4	3,5	5	1	4	3,5	4,5	2
3	5	1,5	5	1,5	4	4	4,5	3,0
4	4	3,5	5	1	4	3,5	4,5	2
5	4	3	5	1	4	3	4	3,0
6	4	3	4,5	1	4	3	4	3
7	5	1,5	5	1,5	4,5	3,5	4,5	3,5
8	5	1	4,5	2,5	4	4	4,5	2,5
9	4,5	2,5	5	1	4	4	4,5	2,5
10	4,5	3	5	1	4,5	3	4,5	3,0
Moyenne des scores	4,50		4,90		4,10		4,40	
Somme des rangs		24,00		13,00		35,50		27,50

Annexe 8 Chromatogrammes



Résumé :

Le présent travail a porté sur l'effet de différents paramètres de production sur la composition physico-chimique du lait et son aptitude à la transformation.

Les paramètres retenus pour cette étude sont l'alimentation, la race, le numéro et la période de lactation. Six fermes d'élevage de différentes régions ont été sélectionnées après enquête sur la base de critères entre autres, la disponibilité de la race Holstein et/ou Montbéliarde et d'un effectif de vaches laitières, en phase de lactation, supérieur ou égal à 50.

L'effet de l'alimentation a été évalué au niveau de 3 fermes utilisant 3 régimes R1, R2 et R3. Les principaux composés des laits issus des trois régimes ont été déterminés. L'ensemble des résultats indique des variations de composition du lait en fonction du type de régime. Le régime R3 induit des taux protéique (TP) et butyreux (TB) les plus élevés, ceci étant lié à l'apport supérieur d'énergie fournie par l'ensilage de maïs ajouté dans la ration et une faible part d'aliment concentré, par rapport aux régimes R1 et R2. Globalement, les régimes R2 et R3 permettent la production de laits caractérisés par des teneurs en acides gras saturés (AGS) significativement inférieures à celles des laits issus du régime R1. Le taux d'acides gras mono-insaturés (AGMI), par contre, est plus élevé dans les laits issus des régimes R2 et R3.

L'effet de l'alimentation a été, par ailleurs, évalué par l'introduction du maïs et tourteaux de soja (C1), de drêches de brasserie (C2) et de distillerie (C3) dans le concentré des rations alimentaires des vaches laitières de race Holstein et Montbéliarde. L'introduction des drêches a stimulé la production laitière et induit des variations importantes dans la composition du lait. Les régimes avec drêches ont permis une diminution du taux d'AGS de la matière grasse du lait par rapport au régime C1 à base de maïs et de tourteaux de soja. En revanche, le taux d'AGMI est supérieur par rapport à celui du lait issu du régime C1.

Par ailleurs, l'étude de l'effet race a été conduite avec les races Holstein et Montbéliarde. L'ensemble des résultats indique une grande variation de la composition du lait selon la race. Ainsi, le lait issu de la race Montbéliarde est relativement plus riche en protéine par rapport à celui issu de la race Holstein. Ainsi, des variations de la composition de la matière grasse du lait ont été observées. Le taux butyreux le plus élevé a été obtenu chez la race Holstein. De même, le taux d'AGS est plus élevé pour le lait de la race Holstein par rapport à celui de la race Montbéliarde. En revanche, l'inverse est observé pour les AGMI.

Dans un troisième essai, l'effet de lactation a été évalué pour les deux races étudiées (Holstein et Montbéliarde). Les résultats obtenus de l'essai indiquent que les taux protéique (TP) et butyreux (TB) des laits de vache primipares sont inférieurs à ceux des multipares (écarts respectifs pour le TP et le TB de 0,9 et 3,0 g/l pour Holstein et de 1,7 et 3,3 g/l pour Montbéliarde). Par ailleurs, le taux d'AGS augmente significativement chez les vaches en 2^{ème} lactation et se stabilise, par la suite, en 3^{ème} et 4^{ème} lactation. Inversement, le pourcentage des AGMI a une valeur maximale en 1^{ère} lactation et diminue progressivement en

2^{ème} lactation avec un écart de l'ordre de 0,6 % pour la race Holstein et 0,9 % pour la race Montbéliarde. Ces variations se stabilisent en 3^{ème} et 4^{ème} lactation.

En ce qui concerne les taux protéique et butyreux, ils diminuent en 2^{ème} mois de lactation pour atteindre des valeurs minimales au 3^{ème} mois, les écarts varient selon la race. Au 4^{ème} mois de lactation, ces taux augmentent sensiblement pour les laits des deux races. Ces augmentations persistent jusqu'à la fin de la lactation. L'étude du profil en acides gras indique que les AGS augmentent durant les 6 premiers mois de lactation chez la race Holstein et dans les 4 premiers mois pour la race Montbéliarde. Pour les AGMI, leur taux est maximal dans les deux cas, en début de lactation puis il diminue progressivement jusqu'au 6^{ème} mois de lactation. Les écarts varient selon la race.

Enfin, des essais de fabrication de fromage type camembert avec des laits issus des deux races et obtenus à différents numéro de lactation, ont été réalisés. L'analyse physico-chimique et sensorielle des fromages montre une grande variabilité en fonction de la lactation et du type d'affinage. L'affinage en hâloir permet des fromages de meilleure qualité par rapport à ceux obtenus avec l'affinage en cave traditionnelle. Cette observation concerne les fromages obtenus avec des laits issus de la 1^{ère} et 2^{ème} lactation. Pour les fromages issus de la 3^{ème} lactation, l'affinage en cave traditionnelle donne la meilleure qualité fromagère. D'un point de vu sensoriel, il semble d'après les résultats de l'analyse que les fromages d'hiver affinés en cave traditionnelle sont les plus appréciés.

Mots clé : Lait, race, lactation, alimentation, fromage.

Summary :

This work is about the effect of different production parameters on the physico-chemical composition of milk and its processability. The parameters used for this study are diet, race, number and duration of lactation. Six farms in different regions were selected after investigation on criteria *inter alia* the availability of the Holstein breed and / or Montbeliarde and a staff of dairy cows in lactation phase, more than or equal to 50.

The effect of diet was assessed at three farms using three diets R1, R2 and R3. The main components of milk from the three diets were determined. The overall results indicate the composition of the milk changes depending on the type of diet. The diet R3 induces highest protein rate (TP) and butterfat (TB), this being related to higher energy input provided by the added corn silage in the ration and a small amount of concentrated aliment, compared to the diets R1 and R2. Overall, the diets R2 and R3 allow the production of milk characterized by levels of saturated fatty acids (AGS) significantly lower than those of the milk produced from the diet R1. The rate of monounsaturated fatty acids (AGMI), is higher in the milk produced from the diets R2 and R3.

The effect of diet was assessed by the introduction of corn and soybean meal (C1), brewers' grains (C2) and distillers grains (C3) in the concentrate rations for dairy cows Holstein and Montbeliarde breed. The introduction of grains has stimulated milk production and causes significant variations in the composition of milk. The diets with grains allowed AGS decreased rates of milk fat compared to diet C1 based on corn and soybean meal. The rate of AGMI is higher compared to that of milk from diet C1.

Furthermore, the study of the breed effect was conducted on Holstein and Montbeliarde breeds. The overall results indicate a wide variation in milk composition by race. Thus, the milk produced from Montbeliarde is relatively richer in protein comparing to that derived from the Holstein breed. Moreover, variations in the composition of milk fat were observed. The highest fat rate was obtained from the Holstein breed. Similarly, the AGS rate is higher in the milk of Holstein breed compared to that of the Montbeliarde. However, the reverse is observed for AGMI.

In a third test, the effect of lactation was evaluated for the two studied breeds (Holstein and Montbeliarde). The test results indicate that the protein rate (TP) and butterfat (TB) of milk produced by primiparous cows are lower than multiparous (respective variances for TP and TB are 0.9 and 3.0 g/l for Holstein and for Montbeliarde 1.7 and 3.3 g/l). Furthermore, the rate of AGS increases significantly in cows on second lactation, thereafter, stabilizes on 3rd and 4th lactation. Conversely, the percentage of AGMI has a maximum value in the first lactation and gradually decreases in 2nd lactation with a difference around 0.6 % for Holstein and 0.9 % for Montbeliarde breed. These variations stabilize in 3rd and 4th lactation.

About protein and fat rates, they decrease in the 2nd month of lactation to reach minimum values in the 3rd, the differences vary depending on the breed. In the 4th month of lactation, these rates significantly increase for milk of these two races. These increases persist until the end of lactation. The study of the fatty acid profile indicates that the AGS increase during the first 6 months of lactation for Holstein and in the first four months for the Montbeliarde breed. For AGMI, their rate is maximum in both cases, in early lactation and then progressively decreases to the 6th month of lactation. The differences vary by race.

Finally, cheese manufacturing tests for camembert produced with milk from both races and obtained at different stages of lactation. The physico-chemical and sensory analysis of cheese shows an important variability depending on lactation and refining type. Refinement in drying room allows better cheese quality compared to those obtained with traditional refining cellar. This observation regards cheese obtained with milk from the 1st and 2nd lactation. For cheeses from the 3rd lactation in traditional refining cellar provides cheese of better quality. From a sensory point of view, it seems from the results of the analysis that winter cheeses refined in traditional cave are the most popular.

Key words :Milk, race, lactation, diet, cheese.

ملخص:

يهدف هذا العمل لدراسة مدى تأثير عوامل الانتاج المختلفة على التكوين الفيزيائي والكيميائي للحليب وقابلية التخثر.

المعايير المستخدمة في هذه الدراسة هي : النظام الغذائي، السلالة، عدد و فترة الرضاعة. وقد تم اختيار ست مزارع في مناطق مختلفة بعد التحقيق على أساس معايير أهمها: توفر سلالاتي Holstein و / أو Montbéliarde ، و عدد الأبقار في مرحلة الرضاعة أكبر أو يساوي 50.

تم تقييم تأثير النظام الغذائي في ثلاث مزارع باستخدام ثلاثة أنظمة غذائية R1، R2 و R3. النظام الغذائي R3 أدى إلى مستوى عالي من البروتين (TP) و المادة الدهنية (TB) ، و هذا مرتبط بالمخزونات الطاقوية الأعلى التي يوفرها سيلاج الذرة المضافة لهذا النظام الغذائي، بالإضافة إلى الحصة الصغيرة للأعلاف المركزة بالمقارنة مع الأنظمة الغذائية R1، R2. على العموم فإن الأنظمة R2، R3 سمحت بإنتاج حليب يتميز بمستويات أحماض دهنية مشبعة (AGS) صغيرة بصفة معتبرة مقارنة مع النظام R1. على عكس ذلك، مستوى الأحماض الدهنية الغير مشبعة (AGMI) عالي في الحليب الناتج عن الأنظمة R2، R3.

من جهة أخرى، تأثير النظام الغذائي قيم بإدخال الذرى و (C1) tourteaux de soja و (C2) drêche de brasserie ، drêche de distillerie (C3) في العلاف المركزة للأبقار من سلالة Holstein و Montbéliarde. الأنظمة التي تحتوي على drêche ، حفزت إنتاج الحليب بكمية أكبر و بخصائص مختلفة، حيث سمحت بخفض مستوى AGS و برفع مستوى AGMI بالمقارنة مع النظام C1.

من ناحية أخرى، دراسة تأثير السلالة اقتيدت مع سلالتي Holstein و Montbéliarde. مجموع النتائج يؤول إلى تغيرات معتبرة في مكونات الحليب حسب السلالة. الحليب الناتج عن سلالة Montbéliarde غني نسبيًا بالبروتين مقارنة مع السلالة Holstein. أيضا، مستوى المادة الدهنية الأعلى نتج عن سلالة Holstein، إذ أن مستوى AGS عالي عند هذه السلالة. العكس لوحظ بالنسبة لـ AGMI.

في دراسة ثالثة، تأثير الرضاعة قيم بالنسبة للسلالتي Holstein و Montbéliarde. النتائج المتحصل عليها تشير إلى أن مستوى البروتين (TP) و المادة الدهنية (TB) في حليب البقر الناتج عن الرضاعة الأولى أصغر منه في الحليب الناتج عن الرضاعات اللاحقة (بفارق 0.9 و 3.0 g/l على التوالي بالنسبة لـ TP و TB للسلالة Holstein ، و بفارق 1.7 و 3.3 g/l للسلالة Montbéliarde).

نسبة AGS ارتفعت بشكل معتبر بعد الرضاعة الثانية ثم الثالثة ثم الرابعة. على العكس، AGMI تكون في أعلى مستوياتها في حليب الرضاعة الأولى و تنخفض تدريجيا عند الرضاعة الثانية بفارق 0.6 % بالنسبة للسلالة Holstein و بـ 0.9 % بالنسبة للسلالة Montbéliarde. هذه التغيرات تستقر عند الرضاعة الثالثة و الرابعة.

فيما يخص البروتينات و المادة الدهنية، فإن مستوياتها تنخفض عند الشهر الثاني من الرضاعة لتصل إلى المستوى الأدنى عند الشهر الثالث، الفوارق تختلف باختلاف السلالة. عند الشهر الرابع من الرضاعة، هذه المستويات ترتفع بصفة محسوسة عند السلالتي حيث تستمر حتى نهاية الرضاعة. دراسة مكونات الأحماض الدهنية تشير إلى أن مستويات AGS ترتفع خلال الستة أشهر الأولى من الرضاعة بالنسبة للسلالة Holstein و خلال الأربعة الأشهر الأولى بالنسبة للسلالة Montbéliarde. بالنسبة لـ AGMI فإن مستوياتها تكون عند الحد الأقصى في الأشهر الأولى من بداية الرضاعة ثم تنخفض تدريجيا حت الشهر السادس، بفوارق تختلف باختلاف السلالة.

أخيرا، أظهرت تجارب صناعة الجبن من نوع camembert بحليب الرضاعة الأولى، الثانية و الثالثة عند السلالتي معا، تباينا واضحا حسب رقم الرضاعة و طريقة نضج الجبن. نضج الجبن في غرف التجفيف (hâloir) سمح بإنتاج جبن ذو جودة عالية مقارنة مع طريقة نضج في القبو التقليدي (Cave traditionnelle). هذه الملاحظة تخص الجبن الناتج عن حليب الرضاعة الأولى و الثانية. أما بالنسبة للجبن الناتج عن الرضاعة الثالثة، فإن طريقة النضج في القبو التقليدي أعطت الجودة الأعلى للجبن. من وجهة نظر حسية، يظهر من خلال النتائج بأن الأجبان المصنوعة في فصل الشتاء و الناضحة في القبو التقليدي تعتبر الأفضل نوعية.

الكلمات المفتاح: حليب، سلالة، رضاعة، نظام غذائي، جبن.