

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش - الجزائر-

Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie EL-Harrach Alger

Département : Technologie Alimentaire

## Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences agronomiques

Options : Sciences Alimentaires

## Thème

**Influence de quelques facteurs de production sur le profil en acides gras du lait et aptitude fromagère**

Présentée par : Mme. Benmalle Remane Yakout

Devant le jury:

Président,

Directeur de thèse,

Co-directrice de thèse,

Examineurs,

M.Amiali M.

M. Bellal M.M.

Mme Meribai A.

M. Amrouche T.

Mme. Yahiaoui K.

Mme Douzane M.

Mme Tennah S.

Professeur (ENSA EL Harrach)

Professeur (ENSA El - Harrach)

MCA (ENSA El – Harrach)

Professeur (Univ. Tizi Ouzou)

Professeur (Univ. Boumerdes)

Directeur de recherche (INRAA)

Professeur (ENSV Alger)

Année universitaire : 2022/2023

# *Dédicaces*

*A mon père Brahim,*

*A ma mère Sadia,*

*A mon mari Abderrahmane*

*Et*

*A mes enfants Lyfia, Anis et malek*

## *Remerciements*

A l'issue de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à monsieur Bellal Mohand Mouloud., professeur à l'ENSA. Pour avoir accepté de diriger ce travail. Je le remercie pour son soutien et sa patience tout au long de la réalisation de cette thèse. Qu'il trouve ici le témoignage de ma reconnaissance.

Je tiens également à témoigner ma profonde gratitude à Monsieur Christophe Blecker et Madame Marie laure Fouconier, professeurs à l'université Agro-Bio-Tech de Gembloux de m'avoir accueillie dans leurs laboratoires et donné l'opportunité de réaliser une partie de mes travaux avec beaucoup de sympathie et de rigueur en m'intégrant dans leur équipe de travail. J'associe tout particulièrement mes remerciements à toutes les personnes des deux laboratoires ayant contribué à la réussite de mon court séjour de stage en Belgique, en particulier monsieur Danny Trisman pour son aide, sa disponibilité et sa gentillesse. Qu'il trouve ici l'expression de mes profonds respects et reconnaissances.

Mes sincères remerciements à Mme Meribai Amel pour avoir accepté de co-encadrer ce travail et de seconder monsieur Bellal. Je la remercie pour le temps qu'elle m'avait accordé en m'orientant avec ses précieux conseils et remarques avisées malgré ses nombreuses obligations. Qu'elle trouve ici l'assurance de ma sincère reconnaissance et de mes profonds respects.

J'exprime mes respectueux dévouements à Monsieur Amiali Malek, Professeur à l'ENSA pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury de cette thèse.

Je remercie également Monsieur Amrouche Tahar, professeur à l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, d'avoir accepté de juger ce travail malgré ses multiples engagements. J'ai toujours admiré sa rigueur, sa disponibilité, et surtout sa simplicité. Qu'il trouve ici l'expression de ma sincère gratitude et de mon profond respect.

Je dois également un mot de remerciements à Mme Yahiaoui Karima professeur à l'université de Boumerdes, à Mme Douzane Malika directrice de recherche à l'INRAA d'Alger et à Mme Tennah Safia professeur à l'ENSV d'Alger pour avoir accepté d'examiner ma thèse et de faire partie du jury de son évaluation. Qu'elles trouvent ici l'expression de mes profonds respects.

Je tiens à remercier aussi Monsieur Oukil Brahim, responsable de la qualité à DANONE DJURDJURA, pour son chaleureux accueil et sa collaboration.

Un grand merci à tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, dans la réalisation de ce travail, tout particulièrement : Monsieur Mouhous Azeddine, maître de conférences à l'UMMTO, Monsieur Khellaf Rabhi professeur à l'UMMTO, Monsieur Moula Nassim de l'université de Liège et Mlle Benamara Liza pour leur contribution à l'étude statistique.

Je n'oublierai pas de remercier tout particulièrement Mr Benalia Mohamed pour sa collaboration et sa contribution dans les analyses des acides gras.

Mes remerciements également s'adressent à mes étudiants en Master Agroalimentaire et Contrôle de qualité que j'ai encadré. Merci pour les moments et les échanges partagés ensemble.

Ce travail n'aurait pu se faire sans la participation volontaire des éleveurs. Ma reconnaissance aux quelques dizaine d'entre eux qui ont pu nous faire confiance toujours avec le même accueil et la même disponibilité malgré nos nombreuses demandes et insistances. Merci aussi pour les échanges fructueux.

.

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

### **Publications :**

- 1- **Benmalle Remane, Y., Blecker, C., Fauconnier, M. L., Bellal, M. M., & Moula, N. 2021.** Comparison of fatty acid composition of milk from Holstein and local breed cows in two breeding systems. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 78(2). pp. 46-54.
- 2- **Remane Benmalle, Y., Bellal, M. M., & Nouani, A. 2016.** Influence de quelques paramètres de production sur la qualité physicochimique et technologique du lait de vache dans les zones de plaines du haut Cheliff en Algérie. *Revue «Nature & Technologie». B-Sciences Agronomiques et Biologiques*, vol 08.N 2, pp.9-13.

### **Communications :**

- 1- **Benmalle Y., Nouani A., Bellal M. M., 2014.** Influence de quelques paramètres de production (numéro de lactation, stade de lactation) sur la composition du lait et son aptitude à la coagulation. 3<sup>ème</sup> Forum National Agro-Vétérinaire du 13 au 15 mai 2014. Université Ibn Khaldoun Tiaret.
- 2- **Benmalle Y., Nouani A., Bellal M. M., 2014.** Influence de quelques paramètres de production sur la qualité physico-chimique et technologique du lait de vache dans des zones de plaine du haut Chelif en Algérie. Séminaire : The World Milk Day 2014. Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbès.
- 3- **Benmalle Y., Nouani A., Bellal M. M., 2014.** Influence de quelques facteurs de production sur la composition du lait et son aptitude fromagère. Séminaire international sur les Sciences Alimentaires 14- 16 octobre 2014. INATAA, Université de Constantine.
- 4- **Benmalle Y., Nouani A., Bellal M. M., 2014.** Influence de quelques facteurs de production sur la composition du lait de vache et son aptitude fromagère. 7<sup>èmes</sup> Journées de Recherche sur les Productions Animales, Tizi Ouzou 10-11 novembre 2014. UMMTO.
- 5- **Benmalle Y., Blecker C., Bellal M. M., 2017.** Qualité nutritionnelle des acides gras de la matière grasse du lait. Séminaire National sur la nutrition et la santé publique, Ouacif Tizi Ouzou, 20-21 décembre 2017. Laboratoire de recherche Qualité et Sécurité des Aliments et l'association Scientifique Iger N Tussna.

## *Liste des abréviations :*

<b>ADN :</b>	Acide désoxyribonucléique
<b>AFNOR :</b>	Association Française de Normalisation
<b>AG :</b>	Acide gras
<b>AGI :</b>	Acide gras insaturé
<b>AGICMC :</b>	Acides gras insaturés de courtes et moyennes chaînes
<b>AGILC :</b>	Acides gras insaturés de longues chaînes
<b>AGS :</b>	Acides gras saturés
<b>AGSCMC :</b>	Acides gras saturés de courtes et moyennes chaînes
<b>AGSLC :</b>	Acides gras saturés de longues chaînes
<b>EURL :</b>	Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité Limitée
<b>FAO :</b>	Food Agriculture organisation
<b>FNRDA</b>	Fond National de Régulation et de Développement Agricole
<b>GC MS</b>	Gas chromatography- mass spectrometry
<b>Giplait</b>	Groupe industriel des productions laitières
<b>INRAA :</b>	Institut national de recherche Agronomique d'Algérie
<b>JORA :</b>	Journal officiel de la république Algérienne
<b>MADR :</b>	Ministère de l'agriculture et du développement rural
<b>MG :</b>	Matière grasse
<b>MGLA</b>	Matière grasse du lait anhydre
<b>NF :</b>	Norme Française
<b>PNDA :</b>	Plan national de développement agricole
<b>SAU :</b>	Surface agricole utile
<b>TCP</b>	Temps de coagulation présure
<b>TCE</b>	Temps de coagulation extrait enzymatique ovin
<b>UI :</b>	Unité internationale

## Liste des tableaux

	page
<b>Tableau 1</b> Evolution des effectifs bovins laitiers en Algérie entre 2000 et 2020.....	11
<b>Tableau 2</b> Composition moyenne du lait de vache .....	18
<b>Tableau 3</b> Principaux acides gras du lait.....	20
<b>Tableau 4</b> Caractéristiques des fermes retenues pour l'étude de l'effet de la race.....	50
<b>Tableau 5</b> Les principales caractéristiques des deux types de fermes.....	52
<b>Tableau 6</b> Composition de la ration alimentaire des vaches H1 .....	53
<b>Tableau 7</b> Composition chimique des composants de la ration des vaches H <sub>1</sub> .....	53
<b>Tableau 8</b> Les conditions opératoires pour l'analyse des esters méthyliques.....	61
<b>Tableau 9</b> Résultats des analyses statistiques de l'effet de la race sur la composition du lait dans les deux types de ferme.....	68
<b>Tableau 10</b> Variation de la composition de la matière grasse en acides gras saturés en fonction de la race.....	75
<b>Tableau 11</b> Variation de la composition de la matière grasse du lait en acides gras insaturés.....	76
<b>Tableau 12</b> Résultats des analyses statistiques de l'effet du stade de lactation sur le pH, et la matière sèche du lait .....	80
<b>Tableau 13</b> Variation de la composition en acides gras saturés en fonction du stade de lactation .....	86
<b>Tableau 14</b> Variation de la composition en acides gras insaturés du lait en fonction du stade de lactation.....	88
<b>Tableau 15</b> Variation du pH, acidité, et matière sèche du lait en fonction du numéro de lactation.....	92
<b>Tableau 16</b> Variation des profiles en acides gras du lait en fonction du numéro de lactation.....	97
<b>Tableau 17</b> Variation du pH, lactose et matière sèche du lait en fonction du système d'élevage.....	102
<b>Tableau 18</b> Caractéristiques des deux dispositifs de l'étude.....	116

<b>Tableau 19</b>	Résultats de l'analyse statistique de quelques paramètres physicochimiques des 2 échantillons de lait de mélange .....	<b>117</b>
<b>Tableau 20</b>	Résultats de l'analyse statistique de la composition en acides gras de la matière grasse du lait.....	<b>124</b>
<b>Tableau 21</b>	Résultats de l'analyse statistique de quelques paramètres physico-chimiques des échantillons de fromages .....	<b>128</b>
<b>Tableau 22</b>	Résultats d'analyse statistique de la composition en acides gras de la matière grasse des échantillons de fromage.....	<b>137</b>
<b>Tableau 23</b>	Résultats des analyses statistiques de la qualité microbiologique des deux types de fromage .....	<b>140</b>

## Liste des figures

	Page
<b>Figure 1</b> Evolution de la production et de la collecte de lait cru de 2000 à 2020.....	7
<b>Figure 2</b> Situation géographique de la wilaya de Tizi Ouzou.....	38
<b>Figure 3</b> Situation géographique de la wilaya de Ain Defla.....	40
<b>Figure 4</b> Diagramme de fabrication du Fromage à pâte molle Saint Amour.....	47
<b>Figure 5</b> Diagramme de fabrication du fromage « Le Fermier ».....	49
<b>Figure 6</b> Les étapes d'extraction de la pepsine ovine.....	58
<b>Figure 7</b> Variation de la quantité moyenne produite /vache /jour en fonction de la race dans les deux systèmes d'élevage.....	69
<b>Figure 8</b> Variation des teneurs en protéines en fonction de la race.....	71
<b>Figure 9</b> Variation du taux de la MG et des acides gras en fonction de la race.....	72
<b>Figure 10</b> Variation des temps de la coagulation en fonction de la race.....	74
<b>Figure 11</b> Variation du groupe des AGS en fonction de la race .....	77
<b>Figure 12</b> Variation des groupes d'acides gras insaturés en fonction de la race.....	77
<b>Figure 13</b> Variation de la production laitière en fonction du stade de lactation.....	78
<b>Figure 14</b> Variation de la matière grasse en fonction du stade de lactation.....	81
<b>Figure 15</b> Variation du taux protéique en fonction du stade de lactation .....	83
<b>Figure 16</b> Variation du temps de coagulation évalué par la présure et la pepsine ovine en fonction du stade de lactation.....	84
<b>Figure 17</b> Variation de la teneur en groupes d'acides gras saturés en fonction du stade de lactation.....	87
<b>Figure 18</b> Variation des groupes d'acides gras insaturés dans le lait en fonction du stade de lactation.....	89
<b>Figure 19</b> Variation de la MG en fonction du numéro de lactation.....	93
<b>Figure 20</b> Variation du taux protéique en fonction du numéro de lactation.....	94
<b>Figure 21</b> Variation des temps de coagulation du lait évalués par la pepsine ovine (TCO) et la présure commerciale (TCP) en fonction du numéro de lactation.....	96
<b>Figure 22</b> Variation des groupes d'acides gras saturés dans le lait en fonction du numéro de lactation.....	99
<b>Figure 23</b> Variation des groupes d'acides gras insaturés dans le lait en fonction du numéro de lactation.....	100
<b>Figure 24</b> Variation de la quantité journalière de lait en fonction du système d'élevage .....	103
<b>Figure 25</b> Variation du taux butyreux en fonction du système d'élevage.....	105
<b>Figure 26</b> Variation de la teneur en protéines dans le lait en fonction du système d'élevage...	106
<b>Figure 27</b> Variation du nombre de cellules somatique dans le lait en fonction du système	

	d'élevage .....	108
<b>Figure 28</b>	Variation du temps de coagulation évalué par les deux enzymes en fonction du Système d'élevage .....	109
<b>Figure 29</b>	Variation de la teneur en acides gras saturés du lait en fonction du système délevage .....	111
<b>Figure 30</b>	Variation des teneurs en acides gras insaturés dans les échantillons du lait en fonction du système d'élevage.....	112
<b>Figure 31</b>	Variation de la teneur en protéines des deux laits de mélange .....	120
<b>Figure 32</b>	Variation de la teneur en matière grasse des échantillons de lait (lait de l'industrie LI et le lait de l'artisanal LA) .....	121
<b>Figure 33</b>	Variation des groupes d'acides gras saturés des échantillons de lait de mélange .....	125
<b>Figure 34</b>	Variation des groupes d'acides gras insaturés des échantillons de lait (LA et LI)....	126
<b>Figure 35</b>	Variation des protéines dans les deux types de fromages .....	131
<b>Figure 36</b>	Variation de la matière grasse dans les deux types de fromage.....	135
<b>Figure 37</b>	Variation des groupes d'acides gras saturés des deux types de fromage.....	138
<b>Figure 38</b>	Variation des groupes d'acides gras insaturés des deux types de fromage artisanal et industriel .....	139
<b>Figure 39</b>	Somme des rangs et moyenne des scores de l'aspect de la croûte des deux fromage FA et FI.....	143
<b>Figure 40</b>	Somme des rangs et moyenne des scores de la couleur de la pâte des deux types de fromage .....	144
<b>Figure 41</b>	Somme des rangs et moyenne des scores de l'odeur des deux types de fromage.	145
<b>Figure 42</b>	Somme des rangs et moyenne des scores du goût des deux types de fromage.....	146
<b>Figure 43</b>	Somme des rangs et moyennes des scores de la texture des deux types de fromage	148

## Table des matières

	<b>Page</b>
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
<b>Partie 1 : Synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre 1</b>	
<b>I. Situation de la production laitière en Algérie.....</b>	<b>5</b>
<b>I.1. Evolution de la production nationale du lait et de la collecte .....</b>	<b>6</b>
<b>Chapitre 2</b>	
<b>II. Situation de l'élevage bovin en Algérie .....</b>	<b>10</b>
<b>II.1. Evolution du cheptel bovin .....</b>	<b>10</b>
<b>II.2. Les populations du cheptel bovin en Algérie.....</b>	<b>12</b>
<b>II.3. Les principales contraintes liées à la production laitière et à l'élevage bovin en Algérie .....</b>	<b>13</b>
<b>Chapitre 3</b>	
<b>III. Lait et fromage à pâte molle : Composition et technologie de fabrication..</b>	<b>18</b>
<b>III.1. Composition et qualité nutritionnelle du lait .....</b>	<b>18</b>
<b>III.2. Fromage à pâte molle .....</b>	<b>22</b>
<b>III.2.1. Définition .....</b>	<b>22</b>
<b>III.2.2. Valeur nutritionnelle .....</b>	<b>23</b>
<b>III.2.3. Les étapes clés de la fabrication du fromage à pâte molle .....</b>	<b>23</b>
<b>III.2.3.1. La coagulation .....</b>	<b>23</b>
<b>III.2.3.2. L'égouttage .....</b>	<b>26</b>
<b>III.2.3.3. L'affinage .....</b>	<b>26</b>
<b>III.2.4. Les enzymes coagulant le lait .....</b>	<b>27</b>

## Chapitre 4

<b>IV.</b>	<b>Facteurs de variation de la production et de la composition du lait .....</b>	<b>29</b>
<b>IV.1.</b>	Facteurs liés à l'animal .....	29
<b>IV.2.</b>	Facteurs liés au milieu .....	31

## Partie 2 : Matériel et Méthodes

### Chapitre 1

<b>I.</b>	<b>Démarche générale et choix des régions d'étude .....</b>	<b>36</b>
<b>I.1.</b>	<b>Description des deux régions d'étude .....</b>	<b>36</b>
<b>I.1.1.</b>	Wilaya de Tizi Ouzou .....	36
<b>I.1.2.</b>	Wilaya de Ain Defla .....	38
<b>I.2.</b>	<b>Présentation des fermes et sites d'études du lait et des fromages .....</b>	<b>40</b>
<b>I.2.4.</b>	Présentation de la fromagerie artisanale Ait Abdelmalek .....	45
<b>I.2.4.1</b>	Diagramme de fabrication du fromage à pâte molle de « Saint Amour » .....	46
<b>I.2.5.</b>	Présentation de l'unité EURL STLD.....	48
<b>I.2.5.1.</b>	Diagramme de fabrication du camembert « Le Fermier » .....	49

### Chapitre 2

<b>II.</b>	<b>Les études réalisées .....</b>	<b>50</b>
<b>II.1.</b>	Effet de la race .....	50
<b>II.2.</b>	Effet de stade de lactation .....	50
<b>II.3.</b>	Effet du numéro de lactation .....	51
<b>II.4.</b>	Effet du système d'élevage .....	51
<b>II.5.</b>	Influence des paramètres de production sur la qualité des fromages à pâte molle .....	53
<b>III.</b>	<b>Méthodes Analytiques.....</b>	<b>54</b>
<b>III.1.</b>	Analyses physico-chimiques du lait .....	54
<b>III.1.1.</b>	Mesure de l'acidité Dornic .....	54
<b>III.1.2.</b>	Mesure du pH initial .....	54
<b>III.1.3.</b>	Densité .....	55
<b>III.1.4.</b>	Extrait sec total .....	55
<b>III.1.5.</b>	Détermination de la teneur en lactose du lait .....	55
<b>III.1.6.</b>	Taux de matière grasse (taux butyreux) et acides gras .....	55

III.1.7.	Analyse des acides gras de la matière grasse du lait .....	56
III.1.8.	Teneur en protéines du lait .....	57
III.1.9.	Détermination du nombre de cellules somatiques dans les échantillons de lait	57
III.1.10.	Aptitude à la coagulation .....	57
III.2.	<b>Méthodes d'analyse physico-chimiques du fromage</b> .....	59
III.2.1.	Mesure du pH.....	59
III.2.2.	Détermination de la teneur en matière grasse du fromage par la méthode acido-butyrométrique deVan Gulick .....	59
III.2.3.	Détermination de l'extrait sec du fromage .....	59
III.2.4.	Détermination du gras sur sec .....	59
III.2.5.	Détermination de la teneur en chlorure de sodium .....	60
III.2.6.	Détermination de la teneur en protéine du fromage par la méthode de Kjeldahl...	60
III.2.7.	Détermination de la composition en acides gras du fromage .....	60
III.3.	<b>Analyses microbiologiques des fromages</b> .....	61
III.3.1.	Dénombrement des Coliformes totaux et fécaux .....	61
III.3.2.	Dénombrement des <i>Staphylococcus à coagulase</i> +.....	62
III.3.3.	Dénombrement des salmonelles .....	62
III.4	<b>Analyse sensorielle</b> .....	63
III.5.	<b>Analyse des aliments de bétail</b> .....	63
III.5.1.	Teneur en matière sèche (MS).....	63
III.5.2.	Teneur en cendres .....	63
III.5.3.	Teneur en protéines .....	63
III.5.4.	Teneur en matières grasses .....	63
III.5.5.	Teneur en cellulose brute (CB) .....	63
III.6.	<b>Etude statistique</b> .....	64

## **Partie 3 : résultats et discussion**

### **Chapitre 1**

I.	<b>Effet de la race sur la production et la composition du lait de vache</b> .....	65
I.1.	Caractéristiques des races étudiées .....	65
I.1.1.	La race Holstein .....	65

<b>I.1.2</b>	La race Montbéliarde .....	<b>66</b>
<b>I.1.3.</b>	Race Locale ou Brune de l'Atlas .....	<b>66</b>
<b>I.2.</b>	La production de lait et sa composition chimique .....	<b>67</b>
<b>I.2.1.</b>	La production laitière .....	<b>68</b>
<b>I.2.2.</b>	pH, Densité et lactose .....	<b>70</b>
<b>I.2.3.</b>	Extrait sec total et Extrait sec dégraissé .....	<b>70</b>
<b>I.2.4.</b>	Teneurs en protéines .....	<b>71</b>
<b>1.2.5.</b>	Teneurs en matières grasses et en acides gras .....	<b>72</b>
<b>1.2.6.</b>	Les cellules somatiques .....	<b>73</b>
<b>I.2.7.</b>	Temps de coagulation .....	<b>73</b>
<b>I.3.</b>	Composition en acides gras .....	<b>74</b>

## **Chapitre 2**

<b>II.</b>	<b>Effet du stade de lactation sur la production et la qualité du lait .....</b>	<b>78</b>
<b>II.1.</b>	Effet du stade de lactation sur la quantité et la qualité physico-chimique du lait .....	<b>78</b>
<b>II.1.1</b>	Effet du stade de lactation sur la quantité du lait produite.....	<b>78</b>
<b>II.1.2.</b>	Effet du stade de lactaton sur le pH, EST et ESD .....	<b>79</b>
<b>II.1.3.</b>	Effet du stade de lactation sur la teneur en matière grasse du lait .....	<b>80</b>
<b>II.1.4.</b>	Effet du stade de lactation sur la teneur en protéine du lait .....	<b>82</b>
<b>II.1.5.</b>	Effet du stade de lactation sur les temps de coagulation .....	<b>83</b>
<b>II.1.6.</b>	Effet du stade de lactation sur la composition de la matière grasse en acides gras .....	<b>85</b>

## **Chapitre 3**

<b>III.</b>	<b>Effet du numéro de lactation sur la qualité du lait .....</b>	<b>91</b>
<b>III.1.</b>	Effet du numéro de lactation sur la qualité du lait .....	<b>88</b>
<b>III.1.1.</b>	Effet du numéro de lactation sur le pH, l'acidité, l'extrait sec total, et l'extrait sec dégraissé .....	<b>91</b>
<b>III.1.2.</b>	Effet du numéro de lactation sur la matière grasse .....	<b>92</b>
<b>III.1.3.</b>	Effet du numéro de lactation sur la teneur en protéines .....	<b>94</b>
<b>III.1.4.</b>	Effet du numéro de lactation sur les temps de coagulation .....	<b>95</b>
<b>III.1.5.</b>	Effet du numéro de lactation sur la composition de la matière grasse du lait ...	<b>96</b>

## **Chapitre 4**

<b>IV.</b>	<b>Effet du système d'élevage sur la production et la qualité du lait .....</b>	<b>101</b>
------------	---	------------

<b>IV.1.</b>	Effet du système d'élevage sur la production et la qualité physico- chimique du lait .....	<b>102</b>
<b>IV.1.1.</b>	Effet du système d'élevage sur le pH, extrait sec total et dégraissé et le lactose .....	<b>103</b>
<b>IV.1.2.</b>	Variation de la production laitière journalière en fonction du système d'élevage .....	<b>103</b>
<b>IV.1.3.</b>	Effet du système d'élevage sur la variation de la matière grasse .....	<b>104</b>
<b>IV.1.4.</b>	Effet du système d'élevage sur la variation de la teneur en protéines .....	<b>106</b>
<b>IV.1.5.</b>	Variation du nombre des cellules somatiques dans le lait en fonction du système d'élevage .....	<b>107</b>
<b>IV.1.6.</b>	Effet du système d'élevage sur l'aptitude à la coagulation .....	<b>109</b>
<b>IV.2.</b>	Variation de la composition en acides gras en fonction du système d'élevage .....	<b>110</b>

## **Chapitre 5**

<b>V.</b>	<b>Influence des paramètres de production sur la qualité des fromages à pâte molle .....</b>	<b>115</b>
<b>V.1.</b>	Variation de la composition et de la qualité physicochimique du lait de mélange .....	<b>116</b>
<b>V.1.1.</b>	Variation du lactose, ESD, densité et acidité.....	<b>117</b>
<b>V.1.2.</b>	Variation des protéines.....	<b>120</b>
<b>V.1.3.</b>	Variation de la matière grasse .....	<b>121</b>
<b>V.1.4.</b>	Variation des profils en acides gras .....	<b>123</b>
<b>V.2.</b>	Variation de la composition et de la qualité physicochimique des fromages à pâte molle .....	<b>128</b>
<b>V.2.1.</b>	Variation de l'extrait sec total .....	<b>129</b>
<b>V.2.2.</b>	Variation du pH .....	<b>129</b>
<b>V.2.3.</b>	Variation des protéines .....	<b>130</b>
<b>V.2.4.</b>	Variation des chlorures .....	<b>132</b>
<b>V.2.5.</b>	Variation du Gras sur sec .....	<b>134</b>
<b>V.2.6.</b>	Variation de la matière grasse .....	<b>134</b>
<b>V.2.7.</b>	Variation des profils en acides gras .....	<b>136</b>
<b>V.3.</b>	Qualité microbiologique des fromages .....	<b>140</b>
<b>V.4.</b>	Qualité Sensorielle des fromages étudiés .....	<b>141</b>
<b>V.4.1.</b>	Aspect de la croûte .....	<b>142</b>

<b>V.4.2.</b>	La couleur de la pâte .....	<b>143</b>
<b>V.4.3.</b>	L'odeur du fromage .....	<b>145</b>
<b>V.4.4.</b>	Le goût du fromage .....	<b>146</b>
<b>V.4.5.</b>	La texture du fromage .....	<b>147</b>
	<b>Conclusion générale</b> .....	<b>149</b>
	<b>Références bibliographiques</b>	
	<b>Annexes</b>	

## Introduction générale

---

Le lait et les produits laitiers font partie des habitudes alimentaires de nombreux pays. En Algérie ces produits de base sont ancrés dans notre tradition alimentaire et occupent selon **Makhlouf (2015)**, la deuxième place parmi les produits alimentaires importés en représentant en moyenne 18.4% de la facture alimentaire totale pour un montant moyen de 868 millions de dollars par an.

Afin de combler le déficit en protéines animales telles que les viandes au prix excessif, le consommateur algérien se rabat sur le lait et ses dérivés du fait de leurs qualités nutritionnelles, sensorielle et de la modicité de leur prix, comparé à celui des autres sources protéiques.

Cet engouement pour le lait et les produits laitiers favorisé par le subventionnement des prix à la consommation et conjuguée avec une croissance démographique extrêmement importante, place l'Algérie au premier rang Maghrebin en matière de consommation de ces produits avec près de 157 Kg/hab/an (**Lazereg et al., 2020**), soit une demande en moyenne de plus de 5 milliards de litres par an.

Face à cette forte demande dont une grande partie est assurée par des importations massives de la poudre de lait et de la matière grasse laitière anhydre (MGLA), la production locale du lait cru ne couvre qu'environ 60% de la demande (**Bekhouche, 2011**) qui est assurée à 80 % par l'élevage bovin (**Soukehal, 2013**).

Une des grandes priorités du gouvernement algérien est de diminuer sa dépendance dans le secteur laitier pour des questions financières (l'importation de poudre de lait a coûté près d'un Md EUR en 2011), mais aussi donner aux consommateurs des produits fabriqués à partir de lait frais et non plus à partir de poudre de lait.

D'après **Kali et al. (2018)**, malgré l'accroissement enregistré dans la production de lait cru, l'évolution de cette dernière n'a pas suivi celle des capacités de transformation dans l'industrie. Effectivement, les données recueillies ces dernières années au niveau du Ministère de l'Agriculture et du développement rural nous permettent de constater l'évolution positive dans les quantités de lait cru produites.

Selon les mêmes auteurs cette progression est le résultat direct de l'augmentation de l'effectif bovin par l'importation de génisses pleines qui s'est accentuée surtout à partir de l'année 2004 ainsi que l'amélioration progressive des techniques de production. Toutefois,

## Introduction générale

---

malgré cette évolution positive, elle demeure faible eu égard aux potentialités génétiques notamment du bovin laitier moderne (BLM), qui peut développer en moyenne entre 5 000 et 6000 kilogrammes par lactation dans son pays d'origine, exemple de la Montbéliarde en France.

Or la performance d'un animal est définie comme étant la résultante de son potentiel génétique (génotype) et des conditions d'élevage dans lesquelles il est entretenu (environnement). Ainsi, pour avoir une production laitière élevée, il ne suffit pas d'avoir un animal avec un haut potentiel génétique, mais il faut aussi lui fournir des conditions d'élevage adéquates pour exprimer son potentiel (**Boujenane, 2003**).

Par ailleurs, le lait est une matière première très périssable, il doit être transformé rapidement en produits dérivés, ayant des propriétés sensorielles et nutritionnelles meilleures que celles du produit de départ. Parmi ces produits les fromages constituent le groupe des produits laitiers les plus nombreux et les plus diversifiés, fournissant des nutriments précieux en protéines, vitamines et minéraux de haute qualité dans l'alimentation humaine (**Chang et chow, 2007**).

Le camembert est une variété de fromage française, fabriquée dans de nombreux pays dans le monde (**Mane et McSweeney, 2020**). Il est l'un des produits laitiers populaires qui a un court temps de maturation, une haute valeur nutritionnelle et la plus large consommation (**Leclercq-Perlat et al., 2013 ; Lee et Bae, 2018**). Outre le goût unique, des études ont révélé un effet bénéfique de la consommation du camembert sur la santé humaine (**Firmesse et al., 2008**). Les fromages fermentés comme le camembert pourraient être consommés quotidiennement pour leurs bienfaits sur la santé (**Schlienger et al., 2014**).

L'intégration du lait local dans le circuit de la production au niveau des laiteries connaît une évolution encourageante. Son utilisation comme matière première dans la fabrication de nombreux produits dérivés du lait est tributaire de sa qualité (physique, chimique et hygiénique) qui est souvent instable (**Bachtarzi et al., 2015**). L'un des problèmes rencontrés par les industries laitières est lié à la variabilité de la matière première utilisée dans la fabrication de fromage à pâte molle type camembert ce qui ne facilite pas la tâche des industriels.

Par ailleurs la wilaya de Tizi-Ouzou, région pourtant montagneuse et à faible sole fourragère, est parmi les wilayas les plus productrices de lait au niveau national après Sétif, en effet, elle est classée à la deuxième place en Algérie en matière de collecte de lait et à la 5ème place pour la

production laitière régionale. Cette dernière a, atteint 120 905,94 millions de litres en 2020 avec un effectif de 30 949,00 vaches laitières exploitées (**Anonyme 1, 2021**).

D'autre part, les effectifs bovins dans les zones de plaines du haut Cheliff de la wilaya de Ain Defla, rendent compte d'un potentiel laitier très important qui s'exprime surtout en termes de composition raciale des troupeaux (**Belhadia et al., 2009**). Ces deux régions (Ain Defla et Tizi-Ouzou) peuvent être qualifiées de bassins laitiers vu leur nombre important d'élevage de bovins.

De plus, l'élevage laitier remplit des rôles socio-économiques non négligeables par la création d'emploi et de richesses dans les nombreuses exploitations agricoles détenant des vaches dans les deux régions.

Toutefois, la forte consommation de lait en Algérie est l'un des vecteurs d'apport en acides gras saturés (AGS). En raison de l'impact de certains acides gras sur la santé lorsqu'ils sont consommés en excès, il est important de connaître les facteurs de variation de la composition en acides gras (AG) dans la matière grasse du lait. Bien que l'impact des régimes alimentaires sur la composition en AG du lait de vache ait été largement étudié (**Carroll et al., 2006 ; Chilliard et al., 2007**), il existe peu d'informations sur l'effet des races laitières et du système d'élevage sur la composition du lait (**Lawless et al., 1999 ; Drackley et al., 2001 ; Stergiadis et al., 2015**).

Cependant à notre connaissance peu de travaux ont été réalisés en Algérie sur la variation de la production et la qualité du lait notamment celle des profils en acides gras, sous l'influence des facteurs zootechniques dans les élevages bovins.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude qui vise d'une part à mieux caractériser le lait issu des deux races bovines importées (Holstein et Montbéliarde) dominantes par leur effectif et la race locale dont le nombre est en régression progressive, en analysant les variations de la production du lait, sa qualité physico-chimique et les profils en acides gras de sa matière grasse en fonction de quelques facteurs de production comme la race, le stade de lactation, le numéro de lactation et le système d'élevage avec deux types de fermes (l'une conventionnelle en système intensif et l'autre dans un système extensif de montagne).

D'autre part l'étude est complétée par l'évaluation des principaux facteurs susceptibles d'influencer la composition et les caractéristiques des fromages à pâtes molles par la comparaison de deux types de fromage (l'un issu d'une fabrication industrielle, et l'autre issu d'une préparation artisanale provenant d'une ferme en montagne où les vaches sont nourries

## **Introduction générale**

---

essentiellement en pâturages). Toute l'étude a été réalisée dans des conditions réelles d'élevage et de production.

La présentation du document est répartie en trois parties :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique, présentant de brefs rappels sur la situation de la production laitière, de la collecte et de l'élevage bovin en Algérie ; des généralités sur le lait et les aptitudes à la coagulation et enfin les facteurs de variation de la composition physicochimique du lait.
- La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisés pour l'étude en présentant les sites choisis et les différents tests réalisés.
- La troisième partie rassemble les résultats et leurs discussions, elle est composée de 5 chapitres portant sur l'effet des différents facteurs de production étudiés sur la production et la qualité du lait de vache à savoir : la race ; le stade de lactation ; le numéro de lactation ; le système d'élevage et l'évaluation de la qualité physico-chimique et sensorielle de deux types de fromages à pâte molle selon les pratiques d'élevage et les techniques de fabrications mises en œuvre.

## **I. Situation de la production laitière en Algérie**

La production laitière constitue un secteur stratégique de la politique agricole algérienne, notamment pour son rôle de fournisseur de protéines animales face à une croissance démographique galopante, ainsi que pour son rôle de créateur d'emploi et de richesses (**Ouakli et Yakhlef, 2003**).

L'Algérie est considérée parmi les grands pays consommateurs du lait et dérivés. La consommation de ces produits en termes de quantité en kilogramme par habitant et par an a connu une croissance importante entre 1963 et 2016. L'Algérien consommait 35 kg/habitant/an en 1963 contre 157 Kg/habitant/an en 2016 (**Lazreg et al., 2020**). Selon, **Kacimi El Hassani (2013)**, cette demande est favorisée par la croissance démographique estimée à 1.6% par an, et l'urbanisation qui est estimée à plus de 5% par an, s'ajoutant à cela l'amélioration du pouvoir d'achat (4% à 7% par an).

Cependant la production nationale, estimée à 01,6 milliard de litres par an, ne couvre qu'environ 40% des besoins (**Yakhlef et al., 2010**). L'essentiel de la production est assurée par le cheptel bovin laitier. L'importation de vaches laitières a permis un accroissement de la production du lait, demeurant néanmoins insuffisante par rapport à la demande (**Kacimi El Hassani, 2013**). A ce titre, l'Algérie importe 60% de sa consommation en lait et est classé deuxième pays importateur du lait après la chine.

L'intérêt donc de développer la production laitière bovine en Algérie s'est manifesté en raison de l'augmentation du niveau des importations du lait et produits laitiers, résultant d'une demande croissante sur ces produits par la population dont le nombre et le niveau de vie ont connu une nette amélioration (**Madani et Mouffok, 2008**).

Une série de mesures sont prises par le ministère de l'agriculture et du développement rural dans le but d'améliorer la productivité du cheptel, de la production laitière et les conditions de collecte. Elles concernent l'ensemble des intervenants de la filière lait d'amont en aval (**Temmar, 2007**).

Selon **Bencharif (2001)**, différentes relations techniques, commerciales et professionnelles s'établissent entre les divers segments de la filière lait et principalement entre les exploitations d'élevage laitiers, des usines laitières, des réseaux de collecte et de distribution de laits et de

produits laitiers, des entreprises de fabrication et de commercialisation d'intrants destinés à l'élevage (aliments du bétail, équipements et importation de cheptels et de produits laitiers finis).

### **I.1. Evolution de la production nationale du lait et de la collecte :**

La production nationale du lait couvre environ (60%) de la demande. Elle est assurée essentiellement par le cheptel bovin laitier à hauteur de 80%.

**Bencharif (2001)**, avait signalé que la production nationale en lait a dépassé le niveau de 1,2 milliards de litres en 1992, avant de baisser pour se stabiliser autour de 1 milliard de litres jusqu'à l'année 1997. A partir de l'année 1998, il est remarqué les premiers résultats du programme de réhabilitation de la filière et de la décision d'importation des vaches laitières par l'Etat.

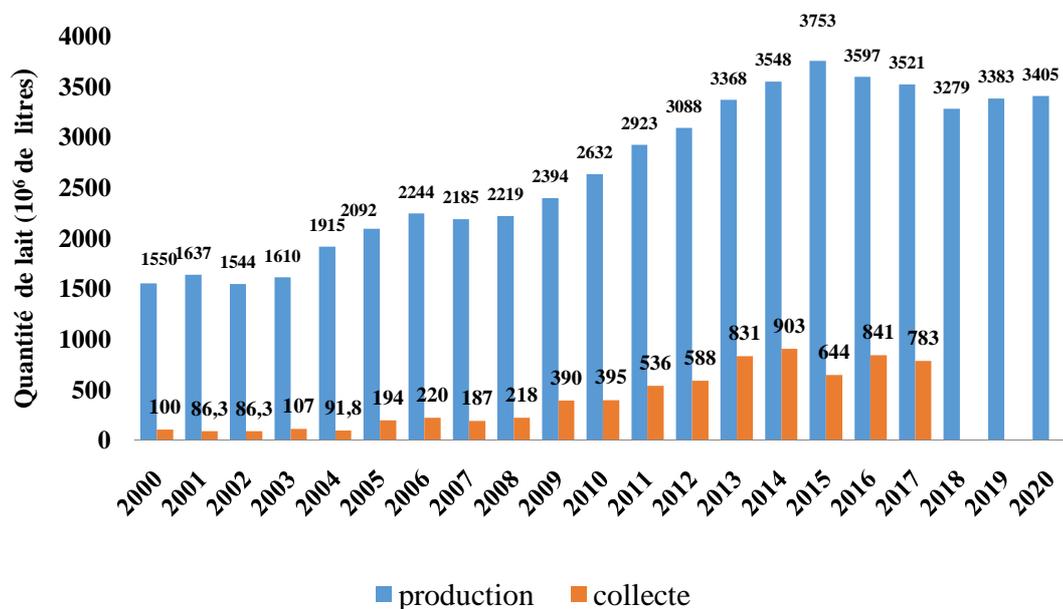
D'un examen des données statistiques disponibles (figure 1), il ressort que durant ces dernières années l'évolution de la production laitière a suivi presque le même rythme que celle de l'effectif des vaches laitières (tableau 1), notamment à partir de 2003 où on enregistre une progression assez notable, cet accroissement peut s'expliquer par la mise en œuvre de mesures incitatives engagées à travers les instructions établies dans le cadre du PNDA ainsi que l'augmentation de l'effectif par l'importation de génisses pleines.

La production et la collecte du lait semblent avoir vécu deux périodes. L'avant 2015 est caractérisé par une croissance continue due à une impulsion des opérateurs privés et le soutien de l'Etat. La récession constatée en 2015 peut être expliquée par deux phénomènes distincts mais complémentaires : D'un côté, les coûts de productions élevés au niveau des élevages exacerbés par la sécheresse qu'a connu le pays entraînent un délaissement de l'activité. De l'autre côté, la fin des quotas laitiers en Europe a engendré une baisse brutale des prix sur le marché mondial de la poudre. (**Lazreg et al., 2020**). Selon les mêmes auteurs au niveau de la transformation, cette baisse de prix avantage la poudre au détriment du lait local, ce qui incite les laiteries à s'approvisionner sur le marché mondial.

En outre, l'accroissement de la production laitière enregistré depuis 2000 est plutôt le résultat d'une augmentation des effectifs des vaches laitières et non pas du rendement laitier au niveau des exploitations. (**Kacimi El Hassani, 2013**).

Toutefois, bien que la production laitière ait enregistré une progression positive entre 2009 et 2015, elle demeure faible eu égard aux potentialités génétiques notamment du bovin laitier moderne (BLM) (Kali *et al.*, 2018).

Selon Meklati *et al.* (2020), la baisse de production qu'a connue le pays à partir de 2016 est due à la réapparition de l'épizootie de la fièvre aphteuse en provoquant ainsi plusieurs foyers dans certaines régions du territoire en mars 2017, et juin 2018, ce qui a conduit de nombreux éleveurs à abandonner leurs élevages qui ne sont plus rentables suite à l'abattage d'un nombre important de têtes de bétail.



**Figure 1** : Evolution de la production et de la collecte de lait cru de 2000 à 2020

Source : Elaboration à partir des données statistiques du MADR (2022)

Par ailleurs, la collecte devait avoir un rôle clé dans le cadre de la politique de développement de la production laitière nationale, elle constitue la principale articulation entre la production et l'industrie laitière, (Kali *et al.*, 2011 ; Kacimi El Hassani, 2013).

Jusqu'à 1995 la collecte est assurée par les ex-unités du groupe étatique (Giplait) et a connu une forte croissance durant la période (1990-1996) résultant de l'amélioration des prix du lait cru passant ainsi de 7DA à 22DA le litre. Ensuite, le délaissement partiel de l'activité de collecte au

profit des collecteurs privés organisés autour des mini-laiteries a induit le déclin de la collecte pour la période (1996-1999) en raison de l'absence de consensus sur le prix de cession du lait cru (**Kacimi El Hassani, 2013**).

**Makhlouf et al., 2015**, ont signalé qu'entre 2000 et 2004, le taux de collecte nationale se situe en moyenne entre 5 et 7%. Ce n'est qu'à partir de 2005 que les volumes de collecte ont pratiquement doublé, puis poursuivaient leur croissance pour représenter en 2012 sept fois le volume de 2004 et 23 % de la production. Selon les mêmes auteurs l'amélioration de ce taux de collecte est favorisé par l'augmentation de la production laitière et la revalorisation du prix du lait cru payé aux producteurs, ainsi que l'extension géographique du réseau de collecte et la croissance du nombre de collecteurs privés.

Une nette évolution de la collecte de lait est enclenchée depuis 2009 jusqu'à 2014 pour chuter remarquablement en 2015. Cette évolution peut en partie s'expliquer par la revalorisation de la prime à la collecte. En effet, en 2009, la filière lait est marquée par l'augmentation des primes à destination des producteurs, collecteurs et éleveurs (**Mansour, 2015**).

La faiblesse constatée dans la collecte de lait en 2015 s'expliquerait principalement par l'implication limitée des éleveurs de bovin laitier dans ce processus de collecte vu leur important éloignement des centres de collecte et des établissements laitiers ainsi que leurs faibles rendements, ce qui a favorisé l'émergence du circuit de commercialisation informel (**Abdelli et al., 2021**).

**Selon Benyoucef (2005)**, la production de lait cru disponible dans les exploitations agricoles reste encore faiblement intégrée dans la transformation industrielle. Il faut souligner que la collecte nationale du lait cru de vache demeure relativement faible et, par conséquent, une grande partie de la production nationale, environ 38 % de ce produit passe par le circuit informel qui approvisionne directement le consommateur avec tous les risques d'une dégradation rapide de sa qualité.

Le circuit informel ne bénéficie malheureusement pas de la politique laitière (**Makhlouf et al., 2015**). En effet, l'industrie laitière n'assure la collecte et la transformation qu'à titre d'activités accessoires par rapport à la transformation du lait en poudre importé (**Djermoun et Chehat, 2012**).

Une demande plus importante de lait cru de la part des laiteries permettra de booster la production locale et l'intégration de l'ensemble des agriculteurs/éleveurs actuellement hors circuit de collecte (**Lazreg et al.,2020**).

## II. Situation de l'élevage bovin en Algérie :

### II.1. Evolution du cheptel bovin

L'élevage bovin contribue pour plus de 80% à la production nationale de lait cru, l'espèce bovine vient en première position suivie par les espèces ovines, caprines et marginalement l'espèce cameline. Dans la plupart des cas, il est mené en extensif et demeure peu productif, ce qui explique globalement sa faible contribution au fonctionnement de l'industrie laitière.

Selon **Abdelguerfi et Laour (2000)**, Au point de vue répartition au niveau du territoire, le cheptel bovin se localise dans toute la partie nord du territoire. Mais cette répartition présente des aspects différents selon les lieux considérés. Dans les régions montagneuses ce sont les bovins laitiers améliorés en mélange avec des races locales qui constituent en général l'essentiel du cheptel, plus le relief est accidenté et plus le sang local domine. Dans les plaines et les vallées fertiles, les races pures introduites (Pie-Noire, Pie-Rouge...) constituent l'essentiel du cheptel.

D'après les statistiques du ministère de l'agriculture et du développement rural, l'effectif bovin a connu une évolution notable durant la période allant de 1966 à 1986, avec un croît annuel de 2,8% de 1966 à 1976, et de 3,8% de 1976 à 1986, ensuite il a subi une régression durant les décennies 80 et 90 passant de 1 416 000 têtes en 1985 à 1 255 000 têtes en 1997, soit une diminution de 11,37%.

**Madani et Mouffok (2008)**, expliquent cette régression par le fait que de nombreux éleveurs ont dévié la vocation laitière de leur cheptel vers celle de la viande en faisant anticiper la réforme des vaches laitières, quelques fois même au bout de la 4<sup>ème</sup> lactation en raison de l'évolution du prix de la viande étant favorable sur le marché.

Depuis 1997 le gouvernement a lancé un plan de développement de la production laitière qui consistait à l'importation de 5000 vaches laitières, donc on a enregistré une progression sensible qui a fait passer le nombre de têtes à 1613040 têtes en 2001.

Entre 2001 à 2010 l'effectif bovin a connu un faible rythme d'évolution avec des fois des diminutions estimées à 6,4% en 2005 (tableau 1). Selon **Benyoucef (2005)**, la situation de faible développement de l'élevage bovin laitier s'est accentuée récemment à cause des grandes mutations subies par le domaine foncier public et de la réorganisation des exploitations agricoles.

Tableau 1 : Evolution des effectifs bovins laitiers en Algérie entre 2000 et 2020

Année	Effectif bovin (en milliers de têtes)	Effectif vaches laitières (en milliers de têtes)	% en vaches laitères
2000	1 595,4	997, 0	62,49
2001	1 613,0	1 007,2	62,44
2002	1 551,6	892,9	57,54
2003	1 560,5	833,6	53,41
2004	1 613,7	844,5	52,33
2005	1 586,0	828,8	52,25
2006	1 607,9	847,6	52,71
2007	1 633,8	859,9	52,63
2008	1 640,7	853,5	52,02
2009	1 682,4	882,2	52,43
2010	1 747,7	915, 4	52,37
2011	1790,1	940,7	52,55
2012	1843,9	966,1	52,39
2013	1909,5	1008,6	52,82
2014	2049,7	1072,5	52,32
2015	2149,5	1107,8	51,53
2016	2081,3	1066,6	51,24
2017	1895,1	971,6	51,26
2018	1816,3	942,8	51,9
2019	1780,6	927,5	52,08
2020	1740,2	908,4	52,20

Elaboration à partir des statistiques du MADR, (2022)

Entre 2010 et 2015 le croît annuel moyen a augmenté pour dépasser 3.46 %, l'effectif qui était de 1747 700 têtes en 2010 est passé à 2149 540 têtes en 2015. Après l'effectif a évolué vers la regression pour atteindre 1740 180 têtes en 2020.

Cette situation de diminution des effectifs serait probablement due au recules des rendements en fourrages. En effet, **Bouzida et al. (2010)** affirment que le niveau d'alimentation des vaches

laitières dans les élevages et l'insuffisance de l'offre fourragère sont d'importants facteurs limitants, qui contrarient le développement de la production laitière et de l'élevage algérien.

La régression des effectifs peut être attribuée aussi aux coûts exagérés de la matière première pour la fabrication d'aliments de bétail, à la sensibilité des vaches importées aux maladies (digestives, Avortements précoces, mammites, Brucelloses ....), ainsi qu'à l'orientation des éleveurs vers la production de viande (**Abdelli et al., 2021**). Selon **Bellil et Boukrif, (2021)**, les éleveurs adoptent une stratégie allant à l'encontre de l'objectif global de développement.

Ajoutant à cela, la pandémie qui vient aggraver cette situation hasardeuse avec les pénuries et les embargos à l'exportation appliqués par certains pays sur quelques produits, ce qui remet en selle la question de la sécurité alimentaire. En d'autres termes, la crise de la COVID-19 vient précipiter un bouleversement inévitable du mode de fonctionnement de la filière (**Lazreg et al., 2020**).

## **II.2 Les populations du cheptel bovin en Algérie**

Le cheptel bovin est constitué de trois types distincts :

### **II.2.1. Le Bovin Laitier de race importée dit «BLM»:**

Ce cheptel est constitué par des races à haut potentiel de production importées essentiellement d'Europe (Frisonne Française, Montbéliarde, Holstein et la Simmental). Ces races sont orientées vers la production laitière et représentent en moyenne 28% de l'effectif bovin national en 2012.

Ce type de bovin est conduit en intensif et localisé dans les zones généralement à fort potentiel d'irrigation autour des agglomérations urbaines où la production fourragère est assez importante. Il assure près de 40% de la production totale de lait de vache, il est détenu pour sa majorité par le secteur public et spécialisé principalement dans la production laitière (**Bencharif, 2001**).

Toutefois, ces races bovines introduites pour la production laitière se trouvent souvent confrontées aux fortes températures estivales auxquelles elles sont souvent inadaptées. Une partie importante de leur métabolisme est déviée pour le maintien de la température constante de l'organisme de l'animal. Ceci se fait le plus souvent aux dépens de la productivité de ces races à haut potentiel génétique (**Abdelguerfi et Laour 2000**).

**II.2.2. Le Bovin Laitier Amélioré «BLA»:**

Ce cheptel est issu soit de croisements non contrôlés entre la race locale et la race importée, ou entre les races importées elles mêmes. Il est conduit en extensif et concerne des ateliers de taille relativement réduite (1 à 6 vaches). Il est localisé dans les zones peu favorisées à couvert végétal pauvre (montagnes et forêts). Les performances zootechniques (notamment de production) du BLA restent en deçà des résultats escomptés en dépit des facultés d'adaptation qui lui sont prêtées. L'alimentation de ce type de bovin est constituée par le pâturage d'herbe de prairies avec un complément de paille.

**II.2.3. Le Bovin Laitier Local «BLL»:**

Le bovin local appartiendrait à un seul groupe dénommé la Brune de l'Atlas, dont l'ancêtre serait le *Bos mauritanicus*, cette race a subi des modifications suivant le milieu dans lequel elle vit et a donné naissance à des rameaux tels que la Guelmoise, la Cheurfa, la Sétifiene et la Chélifienne (Yakhlef *et al.*, 2002). Le BLL représente 34% de l'effectif total des vaches laitières, soit environ 300 mille têtes (Soukehal, 2013).

**II.3. Les principales contraintes liées à la production laitière et à l'élevage bovin en Algérie**

La filière lait en Algérie souffre d'un certain nombre de contraintes qui entravent son développement. Selon Attia *et al.* (2019), le niveau de connaissance des systèmes d'élevage en Algérie en termes de performances des animaux et des stratégies adoptées par les éleveurs reste faible. De ce fait, la mise en place d'un système d'information qui retrace la chaîne de valeur de la filière permettra de lever l'ombre sur les pratiques, stratégies et la typologie des acteurs. De nos jours, la production moyenne par vache est loin des potentialités théoriques des vaches importées et se retrouve aux alentours de 3500 litres/vache/an (Ghozlane *et al.* 2010 ; Makhlouf *et Moutaigne*, 2017).

**II.3.1. Les contraintes liées à l'environnement (climat, superficie)**

Les conditions pédo-hydro-climatiques constituent un facteur limitant dans le développement de l'élevage laitier. Cet handicap naturel affecte le niveau de la production fourragère qui

constitue le principal obstacle au développement de la production locale (**Lazreg et al., 2020**). Ainsi, 95% du territoire relève des conditions pluviométriques pénalisantes (**Chehat et Bir, 2008**). En effet, les précipitations sont souvent faibles et irrégulières, 5% seulement de la superficie du pays reçoit plus de 400 mm de pluie. Selon **Agoumi (2003)**, ce climat se caractérise par des contrastes importants avec des types de climats très différents et ce en relation avec les particularités géographiques et écologiques.

Selon **Beldjoudi et Daoud (2001)** près de 95% des terres sont représentés par les zones semi aride et aride, par conséquent la majorité des terres agricoles sont potentiellement affectées par les sels. Les zones les plus arrosées sont à dominance montagneuse et ne permettent pas l'intensification (**Madani, 1993**). Ces dernières détiennent la majeure partie de la population bovine locale conduite en systèmes sylvopastoraux pour la production de la viande.

L'élevage bovin laitier est fortement lié au sol pour son affouragement en vert, cependant seulement 7,2% de la SAU est consacré aux cultures fourragères qui elles même se heurtent aux optima thermiques qui ne correspondent pas aux optima hydriques et l'irrégularité des précipitations justifient le caractère aléatoire des productions fourragères. L'irrigation reste une option peu utilisée pour la production laitière, l'eau est souvent orientée vers les cultures à forte plus value.

### **II.3.2. Les contraintes liées à l'alimentation**

Le problème majeur que rencontre la production laitière est lié à l'alimentation du bétail qui constitue le premier poste de dépense pour les éleveurs (**Madani, 2000**). Elle se caractérise notamment par une offre insuffisante en ressources fourragères, ce qui se traduit par un déficit fourrager estimé à 34% (**Houmani, 1999**). Il est plus important au niveau du sud du pays, des zones montagneuses et du littoral. L'écart entre les besoins du cheptel algérien et les disponibilités fourragères s'est d'ailleurs accentué suite à l'augmentation des effectifs de l'ensemble des espèces animales, accélérant ainsi la dégradation des parcours et la composition floristique des prairies, ainsi que la diminution de leur production (**Bouzida et al., 2010**).

**Chehat et Bir (2008)**, ont noté un très faible apport en fourrages cultivés (3%), la S.A.U réservée à cette fin est étant modique (162 000 ha cultivés en fourrages récoltés en sec et moins de 40 000 ha cultivés en irrégué). On y constate la part relativement faible des prairies et parcours

dans l'offre global (14% seulement), les prairies ayant considérablement reculées 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 leur disponibilité.

Ce déficit fourrager a des répercussions négatives sur la productivité des animaux et se traduit par un recours massif aux importations de produits animaux laitiers et carnés. Cette situation découle du fait que la production et la culture des fourrages en Algérie reste, à bien des égards, une activité marginale des exploitations agricoles (**Bekhouche-Guendouz 2011**).

Au déficit fourrager, il faut ajouter la faiblesse de la qualité du fourrage qui constitue une contrainte de taille pour l'élevage bovin laitier (**Benaïssa, 2010**). La majeure partie du fourrage (70%) est composée par des espèces céréalières (orge, avoine...). La luzerne, le trèfle d'Alexandrie et le sorgho n'occupent que très peu de surfaces (**Djebbara, 2008**).

En outre les vaches laitières importées, dont l'alimentation doit être adaptée aux performances laitières, reçoivent une ration distribuée indépendamment de leur stade physiologique ou de leur niveau de production tout le long de l'année (**Kaouche et al., 2011**). Or les besoins des vaches laitières surtout les hautes productives varient au cours du cycle de production en fonction du stade de lactation. Dans la plupart des élevages en extensif le rationnement préconisé selon l'état physiologique des vaches laitières est absent sur terrain.

A défaut des fourrages verts les éleveurs sont contraints d'utiliser d'une façon excessive les foin secs et les aliments concentrés dont la composition en nutriments se répercute ainsi sur la qualité du lait.

### **II.3.3. Les contraintes liées à l'animal**

Le cheptel National est composé d'un mélange de races importées à haut potentiel, de races locales à faible potentiel et de vaches issues de croisements aléatoires. Ces deux derniers types de bovins ne sont pas constitués de races bien définies, mais plutôt de populations hétérogènes au potentiel laitier très limité. En effet, la vache locale produit en moyenne un seul veau en deux ans après 3 à 4 ans d'élevage et moins de 700 kg de lait durant 5 à 6 mois de lactation.

Quant aux races importées constituant le bovin laitier moderne, elles sont à la fois très exigeantes à l'égard des conditions d'élevage (comme l'alimentation, entretien de l'animal...) et sensibles à certaines maladies (**Snoussi, 2008**).

Il semble donc, que l'importation des vaches exigeantes et à grand gabarit a des effets néfastes sur la production animale dans les régions assez marginales où l'alimentation est rare et les conditions sont difficiles (**Abdelguerfi et laouar, 2000**). Selon les mêmes auteurs la moyenne des productions de ces troupeaux spécialisés intensifs atteint difficilement 3 000-3 500 kg de lait par vache et par an, ce qui est nettement inférieur à celui obtenu par les mêmes types génétiques en Europe.

A titre d'exemple des vaches Holstein élevées dans des conditions ne permettant l'extériorisation que le 1/3 de leur potentiel génétique, sont elles en intensif ou en extensif (**Eddebbarh, 1989**). Ces mauvais résultats peuvent s'expliquer par les températures estivales élevées et par l'insuffisance de fourrages de qualité.

#### **II.3.4. Contraintes liées à la technicité et à la formation des éleveurs**

En Algérie, plusieurs études (**Guerra L, 2009 ; Mouhous A, 2012 ; Attia K et al. 2019**) font apparaître clairement que l'élevage est pratiqué par des agriculteurs qui se basent principalement sur un savoir-faire traditionnel et ancestral que sur des techniques modernes.

Le degré de technicité des éleveurs, leur façon de se comporter avec l'animal, et l'ensemble des conditions d'élevage (alimentation, hygiène, propreté, aspect sanitaire,...) font de l'animal (en plus de son potentiel génétique) un bon ou un mauvais producteur.

Les incitations en matière de production de lait cru local, dans le cadre du FNRDA, sous forme de primes, à l'éleveur sont insuffisantes. Les subventions pour l'investissement à la ferme pour les éleveurs qui disposent de plus de 6 vaches sont à revoir suite aux dernières augmentations des prix des céréales sur le marché mondial (**Djebbara, 2008**). Evidemment, associés à d'autres paramètres (ressources fourragères, matériel génétique mal adapté, etc.) (**Lazereg et al., 2020**). En effet selon **Mansour 2015**, La maîtrise insuffisante de la conduite technique des élevages est aussi à l'origine du faible niveau de rendement.

#### **II.3.5. Contraintes liées au volet économique et commercial de la filière lait**

Les politiques entreprises par l'état pour le développement de la filière lait en Algérie ont contribué à la déstabilisation et à la faiblesse de ce secteur.

En effet parmi les facteurs freïnants on peut citer :

- La fixation du prix du lait pasteurisé conditionné produit à base de poudre de lait en défaveur de la production de lait cru. Cela s'est traduit par l'orientation des éleveurs vers la production de viande qui est plus rémunératrice. Des vaches à un âge précoce ont été réformées après leur engraissement, le lait est devenu dans ce cas un produit secondaire de l'exploitation qui ne nécessite pas des investissements lourds en termes de cultures fourragères. Selon **Ferrah (2000)**, cette politique qui perdure a causé, en partie, le manque de fourrages en Algérie, car si le prix du lait à la production valorisait correctement les fourrages, les éleveurs en cultiveraient.

Les décisions concernant la politique des prix pour l'amélioration de la production national sont caractérisées par le manque de cohérence, ce qui rend la hausse des prix à la production n'est pas encore suffisante pour entraîner, même à moyen terme, la hausse de la production (**Bedrani et al., 1997**).

- Absence ou insuffisance de la production fourragère. Cette carence a pour effet de contraindre les exploitations à recourir à des fourrages de moindre qualité et à l'utilisation des concentrés qui ont pour conséquences de déprécier la productivité des vaches laitières et de grever les coûts de production.

- L'autre politique qui a freiné le développement de l'élevage et l'amélioration de la production laitière nationale est celle de la subvention de l'Etat de la poudre de lait importée. L'industrie laitière conçue pour être un débouché pour une production laitière intensive (**Amellal, 1995**), s'est déconnectée de l'agriculture pour privilégier l'importation des matières premières (poudre de lait et matière grasse du lait anhydre).

- Une structuration insuffisante des réseaux de collecte et ce en dépit de l'existence de 19 unités de transformation relevant des offices publics, l'émergence des centres de collecte et de laiteries privées, et les efforts déployés par l'état en terme de primes octroyées à différents niveaux du secteur laitier. En effet la collecte constitue la principale articulation entre la production et l'industrie laitière. Pour l'encourager, une prime de 4 DA par litre livré à l'usine est assurée pour les collecteurs livreurs, l'éleveur aussi de son côté est encouragé avec 7 DA par litre de lait cru livré à l'industrie, et le transformateur est encouragé avec 2 DA par litre de lait cru réceptionné. Cette insuffisance dans les réseaux de collecte peut s'expliquer par la concurrence déloyale exercée par les circuits informels de distribution du lait cru et de ses dérivés.

### III. Lait et fromage à pâte molle : Composition et techniques de fabrication

#### III.1. Composition et qualité nutritionnelle du lait

Le lait est un mélange complexe, constitué à 90% d'eau, et, d'une solution vraie contenant les sucres, les protéines solubles, les minéraux, et les vitamines hydrosolubles, d'une solution colloïdale contenant les protéines en particulier les caséines et d'une émulsion de matières grasses dans l'eau. Le tableau 2 donne la composition moyenne des éléments majeurs de lait de vache.

**Tableau 2:** Composition moyenne du lait de vache (Alais et *al.*, 2008).

Élément	Composition en g/l	Etat physique des constituants
Eau	905	Eau libre (solvant) et eau liée (3,7%)
Glucides (lactose)	49	Solution
- Lipides - Matière grasse proprement dite - Lécithine (phospholipides) - Insaponifiables (stéroïls, carotènes, tocophénols)	35 34 0,5 0,5	Emulsion de globules gras (3 à 5 µ m)
- Protides - Caséines  - Protéines « solubles » (globulines, albumines) - Substances azotées non protéiques	34 27  2,5 1,5	Suspension micellaire phosphocaséinates de Ca (0,08 à 12µ m) Solution (colloïdale)  Solution (variée)
- Sels - De l'acide citrique - De l'acide phosphorique - De l'acide chlorhydrique	9 2 2,6 1,7	Solution ou état colloïdale
Constituants divers (enzymes, vitamines, gaz dissous)	Traces	
- Extrait sec total - Extrait sec non gras	127 92	

Le lait contient des nutriments essentiels et une source importante d'énergie alimentaire, de protéines de haute qualité et de matières grasses. Le lait peut apporter une contribution

significative aux besoins nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et acide pantothénique.

Le lait et les produits laitiers sont des aliments nutritifs et leur consommation permet de diversifier les régimes à base de plantes. Le lait d'origine animal peut jouer un rôle important dans l'alimentation des enfants dont les populations ne bénéficiant que d'un très faible apport en lipides et ayant un accès limité aux autres aliments d'origine animale. Il contient presque tous les éléments nutritifs nécessaires à la croissance. Le potentiel énergétique de lait est respectivement de 2720 kJ, 2090 KJ, 1460 KJ suivant qu'il est entier, demi entier ou écrémé (**Jeantet et al, 2008**).

### **III.1.1. Les Protéines du lait**

L'intérêt porté aux matières azotées du lait tient d'une part à l'excellente valeur nutritionnelle pour l'homme des protéines qui en constituent la quasi-totalité, et d'autre part au rapport étroit qui lie le rendement fromager à la teneur en matières azotées du lait (**Journet et Remond, 1980**).

L'analyse du lait permet d'évaluer que 95% de la quantité totale d'azote est présente dans les protéines dont la concentration moyenne est de 3,2%. Les composés azotés non protéiques sont principalement des protéoses, des peptones, et de l'urée. La fraction protéique se divise en deux sous fractions : les caséines et les protéines du lactosérum (**Journet et Remond, 1980 ; Amiot et al., 2002**). La structure et les propriétés de la micelle de caséine ont été largement étudiées en raison de son rôle déterminant dans les propriétés physico-chimiques du lait et des produits laitiers.

Qualitativement, les protéines du lait ont une efficacité nutritionnelle élevée, elles ont l'avantage de posséder une bonne valeur biologique, un bon équilibre en acides aminés indispensables et une digestibilité très élevée (90 à 96 % pour leur coefficient de digestibilité apparente). Les caséines sont pauvres en acides aminés soufrés, ce qui est compensé par la richesse en lactoglobulines et en lactalbumine.

### **III.1.2. La matière grasse du lait**

Les matières grasses laitières constituent une des principales sources d'acides gras dans l'alimentation humaine. Elles sont composées en moyenne de 70% d'acides gras saturés (AGS),

26% d'acide gras mono-insaturés (AGMI) et de 4% d'acides gras polyinsaturés (AGPI) (Fretin, 2016). Les principaux acides gras du lait sont portés dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Principaux acides gras du lait (Mahaut et al., 2003)**

	Nom et nombre d'atomes de carbone	g.100g <sup>-1</sup> des acides gras totaux	Point de fusion (°C)
<b>1 – Acides gras saturés</b>			
	Butyrique C4	3- 4	-8
	Caproïque C6	2- 5	-3
	Caprylique C8	1-1,5	+16
	Caprique C10	2-3	+30
	Laurique C12	3-4	+42
	Myristique C14	11	+54
	Palmitique C16	25-30	+62
	Stéarique C18	12	+70
<b>2 – Acides gras insaturés</b>			
<b>Monoinsaturés</b>	Palmitoléique C16 : 1	2	+0,5
	Oléique C18 : 1	23	+16
	Vaccénique C18 : 1	2 - 3	+43
<b>polyinsaturés</b>	Linoléique C 18 : 2	2	
	Linoléénique C18 : 3	0,5	

Les acides gras (AG) sont les constituants majeurs des lipides du lait, on trouve aussi des phospholipides (1%) et notamment des sphingolipides et des composés liposolubles tels que les vitamines liposolubles A, D, E, K. Plus de 400 acides gras différents constituent la matière grasse laitière avec des degrés de saturation et de longueurs de chaînes très différentes et variés.

La matière grasse du lait se distingue notamment par sa richesse en acides gras saturés à chaînes courtes et moyenne (13% dans le lait), sa richesse exceptionnelle en acide myristique (entre 9 et 12% des AG totaux), ses acides gras mono-insaturés dont l'acide oléique (30% des AG totaux) mais aussi des CLA (Acides gras à chaîne conjugués) (Soustere et al., 2011).

**III.1.3. Le lactose**

Le lactose est le principal glucide dans le lait de la plupart des mammifères. La teneur en lactose du lait de vache varie selon la race de la vache, les animaux individuels, l'infection du pis (mammité) et le stade de lactation. La concentration de lactose diminue progressivement et significativement pendant la lactation. La concentration de lactose dans le lait est inversement proportionnelle aux concentrations de lipides et de protéines (Fox et al., 2015). Le lactose apporte de l'énergie et représente environ 30% de la valeur calorique du lait.

C'est un glucide lent intéressant en alimentation humaine vis-à-vis des problèmes liés à l'hyperconsommation de sucre rapides. Il renforce l'absorption intestinale de nombreux minéraux, en particulier le calcium. Il favorise par ailleurs la croissance des bactéries lactiques bénéfiques dans le colon. Le lactose est en pratique la seule source de galactose, qui est un constituant des tissus nerveux (Ellies-Oury, 2014).

**III.1.4. Les sels minéraux**

Les sels minéraux sont des éléments mineurs dans la composition du lait (9 g/l), ils sont des éléments clé de la stabilité de la micelle de caséine. L'élément majeur de ce groupe est le calcium avec une concentration moyenne de 1200 mg/l. Les minéraux du lait sont répartis entre sa phase aqueuse et sa phase micellaire (Brulé et al., 1974 ; Gaucheron, 2005). Le lait et les produits laitiers sont les principales sources alimentaires de calcium et phosphore, pour lesquels ils couvrent plus de la moitié de nos besoins journaliers.

Ce sont des éléments plastiques intervenants dans l'ossification, et leur apport est crucial pour les sujets jeunes et âgés. Les minéraux, entièrement apportés par notre alimentation, ont un rôle structural et fonctionnel. Ils sont souvent impliqués dans des mécanismes physiologiques (régulation nerveuse ou enzymatique, contraction musculaire, etc.).

Les composants majeurs sont : le potassium, le calcium, le sodium, le magnésium, le phosphate, le citrate et les chlorures. Les oligoéléments (tels que le zinc, le fer, le cuivre, l'iode le fluor etc...) dont les teneurs sont variables se répartissent également selon leur nature et les conditions du milieu entre la phase solvante et les éléments dispersés des micelles de caséines et globules gras (Mahaut et al., 2003).

**III.1.5. Les vitamines**

Le lait apporte un complément vitaminique important dans une ration alimentaire, l'intérêt vitaminique réside dans l'apport en vitamine A et vitamines du groupe B, principalement B1, B2, B6, B12 et l'acide pantothénique (Veisseyre, 1979).

D'après Mahaut *et al.* (2003), les vitamines hydrosolubles du groupe B se trouvent à des taux faiblement dépendants des influences extérieures et ont pour principale origine la biosynthèse par les microorganismes, tandis que les vitamines liposolubles, sont présentes en proportions variables du fait des influences de l'alimentation et de l'ensoleillement.

**III.1.6. Les enzymes**

Elles ont pour origine l'excrétion et la sécrétion par le tissu mammaire, ou la sécrétion par les microorganismes, leur activité dépend du pH et de la température, elles sont détruites en général à 70°C (Vierling, 1999). Parmi les enzymes du lait qui présentent un intérêt particulier, on peut citer : La lactoperoxydase : exerce une activité inhibitrice sur la croissance de la flore bactérienne des laits crus et dont la thermorésistance permet de reconnaître le degré de chauffage des laits pasteurisés ; La catalase : son taux est lié aux leucocytes, permet de reconnaître les laits de mammites ou la présence de colostrum ; La lipase ou lipoprotéine lipase : donne le goût de rance suite à son action sur les triglycérides ; et la protéase alcaline ou la plasmine d'origine sanguine, responsable de la dégradation des caséines  $\beta$  (Mahaut *et al.*, 2003).

**III.2. Fromage à pâte molle****III.2.1. Définition**

Les pâtes molles constituent une vaste famille de fromages aux technologies de fabrication très diversifiées et originales de France pour le plus grand nombre. Cette famille regroupe aussi bien des produits traditionnels représentés par de nombreux fromages d'appellation d'origine, que des produits industriels plus modernes qui ont été développés plus récemment par ce secteur de l'industrie fromagère qui s'est avéré le plus innovant et le plus concurrentiel (Eck et Gillis, 2006).

**III.2.2. Valeur nutritionnelle**

Comme la plupart des fromages, le camembert a une valeur énergétique élevée (en raison de sa haute teneur en matières grasses) et contient des protéines, des acides aminés, du calcium, du phosphore et des vitamines (A, B, E qui contribuent toutes à sa valeur nutritionnelle). D'autre part, il a une teneur élevée en acides gras saturés, en cholestérol (75 mg /100g) et en sels qui sont tous considérés comme négatifs d'un point de vue nutritionnel (**Preedy et al., 2014**).

**III.2.3. Les étapes clés de la fabrication du fromage à pâte molle**

La transformation du lait en fromage comporte, trois étapes principales : la coagulation, l'égouttage et l'affinage.

**III.2.3.1. La coagulation**

La coagulation du lait correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine. Les micelles de caséine doivent leur stabilité à deux facteurs: la charge de surface et le degré d'hydratation.

La coagulation du lait résulte d'un changement irréversible du lait de l'état liquide à l'état semi solide appelé gel ou coagulum (**Cecchinato et al., 2012**). Il s'agit de l'étape la plus importante pour réussir un fromage. En effet, les caractéristiques physicochimiques du gel conditionnent l'aptitude à l'égouttage et les caractéristiques finales du fromage (**Hsieh et Pan, 2012**).

Les mécanismes de la formation du coagulum diffèrent totalement suivant que ces modifications sont induites par acidification ou par action d'enzymes coagulantes (**Lefebvre-Cases et al., 1998**).

Dans les techniques fromagères classiques, les deux modes de coagulation ne sont pas utilisés séparément, la coagulation est en fait mixte. Les fromages de type pâtes fraîches et pâtes molles à caractère lactique (Camembert traditionnel) ont une coagulation à caractère mixte mais à large dominance acide (**Ronez, 2012**).

**III.2.3.1.1. La coagulation acide**

La coagulation par voie acide est provoquée par le ferment lactique qui transforme le lactose en acide lactique (**Lapointe-Vignola, 2002**). La micelle de caséine est stable au pH normal du lait

et à température ambiante mais l'acidification du lait peut conduire à différents résultats suivant les conditions utilisées (Le Feunteun, 2007).

L'acidification du lait induit de nombreux changements des propriétés physicochimiques dans la matrice. La charge des particules, leur composition minérale et protéique, leur hydratation et donc leur taille varient durant la chute du pH (Fox et al., 1998).

- De pH initial ~ 6.8 à pH = 6,0-5,8: Cette phase est principalement caractérisée par un début de solubilisation du phosphate de calcium colloïdal (PCC) et par une réduction d'hydratation des micelles de caséines. La charge négative de surface des micelles diminue avec l'abaissement du pH (Le Feunteun, 2007). A la fin de cette étape, l'hydratation des micelles a diminué d'environ 15% (Vetier et al., 2000), causant une réduction du diamètre moyen des particules d'environ 10 nm (Alexander et Dalgleish, 2004). Ce phénomène est généralement attribué à l'attraction électrostatique des caséines  $\kappa$  en surface des micelles (Vetier et al., 2000).
- De pH = 6,0-5,8 à 5,2-5,0 : La solubilisation du phosphate de calcium devient plus rapide, à pH ~ 5,1 tout le phosphate de calcium colloïdal initialement contenu dans les micelles a été relargué (Gastaldi et al., 1996). Les particules changent nécessairement de structure interne durant cette phase. Cette étape de « transition structurale » serait d'ailleurs la cause de l'augmentation de l'hydratation.
- De pH = 5,2-5,0 à pH ~ 4,6 : la taille des agrégats augmente indiquant le début de la phase d'agrégation (Alexander et Dalgleish, 2004). Dans le même temps l'hydratation chute de nouveau par renforcement des interactions inter-protéines jusqu'à la neutralisation globale des charges à pH ~ 4,6, c'est-à-dire au pH isoélectrique des caséines (Vetier et al., 2000).

#### III.2.3.1.2. Coagulation enzymatique

La coagulation enzymatique du lait implique une modification des micelles de caséine via une protéolyse limitée par des protéinases sélectionnées, appelées présures, suivie d'une agrégation induite par le calcium des micelles modifiées par la présure. Les micelles de caséine sont stabilisées par la caséine  $\kappa$ , qui représente 12 à 15% de la caséine totale, elle est située principalement à la surface des micelles de telle sorte que sa région N-terminale hydrophobe réagit de manière hydrophobe avec la caséine  $\alpha_1$  sensible au calcium, les caséines  $\alpha_2$  et  $\beta$ . Tandis que sa région

hydrophile C-terminale fait saillie dans l'environnement aqueux environnant, stabilisant les micelles par une charge de surface négative et une stabilisation stérique (Fox et al., 2015).

La coagulation enzymatique comporte 3 principales étapes:

- La phase enzymatique qui correspond à l'hydrolyse de la caséine  $\kappa$  et à la libération du caséino-macro peptide (CMP). L'hydrolyse de la caséine par l'enzyme coagulante se fait au niveau de la liaison peptidique Phe105-Met106 située entre la zone hydrophobe et la zone hydrophile de la protéine. Il résulte de cette hydrolyse, la production de 2 segments : la paracaséine  $\kappa$  (segment N-Terminal 1-105) qui est hydrophobe et le CMP (segment C-terminal 106-169) qui est hydrophile. La paracaséine  $\kappa$  reste accrochée à la micelle tandis que le CMP est libéré dans le lactosérum (Dagleish et Corredig, 2012; Sandra et al., 2007; Walstra et al., 2006).
- La libération du CMP entraîne une diminution de la charge de surface des micelles et diminue leurs forces répulsives et leur état d'hydratation. Lorsque 80 à 90 % de la caséine  $\kappa$  est hydrolysée, les micelles de caséine ne sont plus stables (Dagleish, 1980; Fox et al., 1998; Sandra et al., 2007). A ce stade, les micelles de caséine se rapprochent et les interactions hydrophobes provoquent une liaison entre les particules. L'ajout d'ions calcium, en abaissant le pH du lait et en diminuant la charge de surface des micelles (en masquant les résidus d'acides aminés chargés négativement) facilitent l'agrégation des micelles de caséine (Sandra et al., 2007; Udabage et al., 2001).
- La structure interne de la micelle et la présence de phosphate de calcium colloïdal devient de plus en plus importantes lorsque les réarrangements inter-particulaires se produisent et que les micelles commencent à « fusionner » (Dagleish et Corredig, 2012). Une perte partielle de calcium colloïdal peut réduire les interactions électrostatiques entre les micelles de caséine et accélérer la gélification. Les liaisons qui interviennent dans la formation du gel sont des liaisons de type électrostatique et hydrophobe (Dagleish, 1980 ; Dagleish et Corredig, 2012).

Ces étapes sont complétées par la réticulation du gel, phase au cours de laquelle, le gel se restructure et s'organise. De nouvelles liaisons électrostatiques et hydrophobes s'établissent entre les micelles de caséines modifiées. Cette phase correspond au durcissement du gel et à la synérèse (Banks et Horne, 2003).

### **III.2.3.1.3. La coagulation mixte**

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite (**Mahaut et al., 2003**).

### **III.2.3.2. L'égouttage**

La synérèse est un phénomène biochimique et physicochimique suivant lequel un caillé formé soit par voie enzymatique soit par voie lactique se contracte continuellement et expulse spontanément le lactosérum. L'égouttage permet d'accélérer la synérèse puis de séparer le lactosérum du caillé. Lors de cette étape, la plus grande partie des éléments solubles est éliminée dans le lactosérum. On peut considérer qu'il s'agit d'une déshydratation partielle du caillé.

Le caillé a donc une composition variable selon la technique d'égouttage utilisée. L'égouttage a par conséquent une grande incidence sur le type de fromage qu'on cherche à produire. Si l'exsudation intervient avant, pendant ou après l'acidification la structure du caillé sera différente (**Lapointe-Vignola, 2002**).

Selon **Edima, (2007)** l'expulsion du lactosérum hors du gel est favorisée par des facteurs mécaniques :

- Le découpage du caillé qui augmente les surfaces d'exsudation.
- Le brassage qui consiste à agiter modérément dans le lactosérum les grains du caillé obtenus après découpage afin de maintenir libres les surfaces d'exsudation.

### **III.2.3.3. L'affinage**

L'affinage est le processus ultime de fabrication du fromage. Cette opération a lieu dans une pièce appelée hâloir, Elle est maintenue à une température et à une hygrométrie bien précises.

Il correspond à une digestion enzymatique des constituants du caillé égoutté qui lui conférera à la fin une texture et un saveur caractéristique selon le type de fromage recherché, plusieurs types de dégradations s'effectuent simultanément ou successivement dans un caillé en voie de maturation. Il y a donc la fermentation du lactose, l'hydrolyse des protéines et la dégradation de la matière grasse. Toutes ces transformations que subit le substrat font évoluer sa

texture et sa flaveur, qui atteindront un degré optimal après une certaine période d'affinage (Lapointe-Vignola, 2002).

#### III.2.4. Les enzymes coagulantes du lait

Un certain nombre d'enzymes d'origine animale, végétale, et microbienne ont la propriété de coaguler le lait, la présure d'origine animale constituée principalement de Chymosine est le coagulant le plus utilisé (ST- Gelais et Tirard-Collet, 2002).

Par ailleurs, de nombreuses recherches sont menées depuis des dizaines d'années en vue de trouver des succédanés de présure suite à une pénurie croissante de cette dernière. En outre certaines populations refusent aussi de consommer des fromages à base de présure animale, comme en Inde et en Israël. Dans le monde musulman, l'utilisation de la présure porcine est hors de question, ce qui constitue une autre bonne raison pour trouver des produits de substitution convenable (Gosta, 1995).

Différentes protéases d'origines diverses autres que celles obtenues dans la présure, ont fait l'objet d'expérimentation et d'utilisation en pratique : végétales (Lopiero et al., 2002 ; Silva et al., 2003 ; Gagaoua et al., 2015 ; Emmanuel et al., 2012) ; animales (Nouani et al., 2002 ; El Beltagy et al., 2004) et microbiennes ( Narwal et al., 2016 ; He et al., 2011).

Les substrats de plantes ont été les premiers à utiliser pour la coagulation du lait, en effet les enzymes sont extraites par macération de différentes parties des plantes supérieures (Ramet, 1997).

Parmi les espèces de climat tempéré : L'extrait de fleurs séchées du chardon (*Cynara cardunculus*) a été employé avec succès depuis plusieurs siècles au Portugal et dans quelques régions d'Espagne pour la fabrication de fromages traditionnels (Sousa et Malcata, 2002), les feuilles et tiges du gaillet, et les feuilles de l'artichaut. Dans les régions chaudes : les fiscines provenant du latex du figuier, la papaïne, issu du papayer et la broméline de l'ananas (Ramet, 1997).

*Withania coagulans* contient une protéase dite « présure indienne », présente dans le jus des fruits frais, elle coagule le lait dans des proportions analogues à celle de la présure de veau, son efficacité est encore renforcée par mélange avec la papaïne. Le caractère amer du fromage obtenu avec *Withania* seul est atténué en présence de papaïne (Froc, 2001).

Des études récentes ont porté sur une nouvelle protéase : la lettucine, cette enzyme purifiée des feuilles de laitue (*Lactuca sativa*), possède un pouvoir coagulant du lait bien qu'elle agisse sur des liaisons différentes de la liaison Phe 105- Met 106 de la caséine  $\kappa$  (**Lopiero et al., 2002**).

Par ailleurs des protéases d'origine animale ont été extraites à partir des muqueuses gastriques de certains mammifères. Dans cette catégorie sont incluses les pepsines bovines (**Brown et al., 1988**), ovines (**Moschopoulou, 2011**), porcines et aviaires. En Algérie des travaux ont été réalisés dans le but de substituer la présure par des succédanés, comme dans le cas de **Benyahia (2013)** pour la pepsine du poulet ; **Boudjnah- Haroun, (2012)** et **Mahboub et al, (2010)** pour la pepsine extraite des caillettes de chamelle et **Slamani (2003)** pour la pepsine ovine, qui ont montré qu'on peut utiliser ces protéases dans la coagulation du lait avec succès. De même **Nouani et al., (2002)**, ont mené des essais sur l'extrait coagulant du Merlan, et son introduction dans la fabrication de fromage de type Edam, a donné des résultats satisfaisants.

De multiples travaux ont été effectués sur la recherche d'enzymes bactériennes, parmi ces bactéries on peut citer : *Streptococcus liquifaciens*, *Micrococcus caseolyticus*, *Bacillus cereus*, et *Bacillus coagulans*. Leurs protéases coagulantes présentent de nombreux inconvénients tels que la non spécificité de l'hydrolyse, et la protéolyse excessive qui a pour conséquence un faible rendement fromager et une modification des caractères organoleptiques des fromages (**Entage et al., 1983 ; Ernstrom, 1983**).

Selon **Gaurssaud (1999)**, plusieurs types de moisissures ont été sélectionnées, et dont les propriétés coagulantes et protéolytiques de leurs enzymes, se rapprochent le plus de celles de la présure, parmi ces moisissures on trouve : *Endothia parasitica*, *Mucor miehei*, et *Mucor pusillus*.

Ainsi, divers microorganismes ont été utilisés pour la production de la chymosine recombinante dont *E.coli* (**Ross et al, 2000**), *Saccharomyces cerevisia* (**Goff et al., 1984**), *Proteus mirabilis* (**Klessen et al., 1989**).

## IV. Facteurs de variation de la production et de la composition du lait

Les principaux facteurs de variation de la production et de la composition chimique du lait sont bien connus. Ils sont liés à l'animal (race, espèce, stade physiologique, état sanitaire) ou au milieu (saison, alimentation, traite) (**Hoden et al., 1991 ; Pougheon et Gourssaud., 2007**).

### IV.1. Facteurs liés à l'animal

#### IV.1.1. La race

L'effet de la race sur la variabilité de la composition du lait a été discuté par de nombreux auteurs : **Soyeurt et al. (2006), Soyeurt et Gengler (2008)**. La génétique des vaches influence la production laitière sur plusieurs caractères : la quantité, la qualité et la durée de lactation (**Cauty et Perreau, 2003**).

**Martin et al. (2000)**, ont rapporté que les vaches de race Montbéliarde ont un lait plus riche en matières protéiques que celui de la race Holstein, et il est de ce fait caractérisé par une meilleure aptitude à la coagulation et au rendement fromager. De même que les taux de caséines et de calcium ont été supérieurs chez la Montbéliarde et chez la tarentaise comparativement aux pie noirs (**Macheboeuf et al., 1993**).

Selon les mêmes auteurs, le lait produit par la vache Montbéliarde est plus riche en matières grasses que celui produit par les vaches Holstein. Par ailleurs **Pougheon et Gourssaud (2007)**, affirment que la sélection sur la quantité de lait lui réduit sa richesse, alors que la sélection sur les quantités de matières grasse permet de maintenir les taux à un niveau génétique plus constant.

#### IV.1.2. Numéro de lactation et âge au premier vêlage

Plusieurs auteurs ont confirmé que la quantité de lait et la quantité de matière grasse, augmentent avec l'âge au premier vêlage jusqu'à un maximum puis diminuent (**Cooper et al. 1982**). En effet les vaches atteignent leur maximum de production vers la 4<sup>ème</sup> et la 5<sup>ème</sup> lactation (**Ray et al. 1992**). En outre **Barash et al. (2001)**, ont noté que l'effet du numéro de lactation est plus important sur la quantité de lait que sur la production des protéines.

Le rapport caséine / protéine diminue significativement avec l'âge, en particulier pour les lactations de rang élevé, en effet cette diminution est attribuée selon **Coulon et al. (1998)**, à

l'altération des capacités de synthèse du tissu sécréteur et l'augmentation de la perméabilité tissulaire en particulier sous l'effet des mammites subies au cours des lactations précédentes.

Par ailleurs, les caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés, en outre, les deux taux, protéique et butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives (**Meyer et Dennis., 1999**).

#### **IV.1.3. Stade de lactation**

Le stade de lactation a lui aussi une influence sur la composition du lait, en raison de l'effet dilution, les périodes où la quantité de lait est importante seront aussi celles où les taux seront les plus faibles (**Cauty et Perreau, 2003**).

Ce facteur est marqué, principalement lié à la mobilisation des réserves lipidiques en début de lactation, mais celle-ci ne dure que quelques semaines par an et par vache, notamment chez les plus fortes productrices (**Chilliard et al., 2007**). C'est au pic de lactation que le taux butyreux est plus faible, celui-ci s'accroît ensuite jusqu'à la fin de la lactation, cette évolution est due en partie à l'avancement du stade de gestation qui diminue la persistance de la production laitière (**Alais, 1984 ; Coulon et al., 1991**)

Le taux protéique est très élevé au vêlage (taux important d'immunoglobulines), ensuite il diminue pour atteindre son plus bas niveau au pic de lactation, après il recommence à augmenter jusqu'à la fin de lactation et cela de façon plus accentuée que la sécrétion de lait est plus faible (**Coulon et al., 1997**).

#### **IV.1.4. L'état de santé de l'animal**

La sensibilité à la maladie est variable selon les individus et le niveau de production : plus il est élevé plus l'animal est sensible. La structure d'une population est également importante, les animaux les plus âgés étant porteurs de plus de germes que les jeunes (**Cauty et Perreau, 2003**).

D'après **Le Roux (1999)**, les mammites viennent en tête de liste des infections des vaches laitières, la prolifération bactérienne déclenche une réaction inflammatoire de défense entraînant des lésions et modifications des tissus. L'altération et la destruction des cellules de l'épithélium sécrétoire et l'augmentation des perméabilités vasculaires et tissulaires facilitent le passage de

constituants du sérum sanguin dans le lait (**Brulé et al., 2008**). Une étude sur les effets des mammites a montré que celles-ci provoquaient une diminution du taux en matière grasse (jusqu'à 5 à 9%) (**Serieys et al., 1987 ; Stokes et al., 2000**).

Le lait provenant de vaches atteintes de mammites, présente un rendement fromager diminué et des difficultés de coagulation. D'autres problèmes pathologiques peuvent affecter les bovins et sont d'ampleur non négligeable sur leur santé et rendements laitier, comme l'acidose latente qui est l'un des principaux problèmes de la nutrition des ruminants laitiers à fort potentiel (**Peyraud et al., 2006**).

Parmi les autres maladies rencontrées en élevage bovin, on peut citer aussi: les boiteries, et les parasitoses comme la toxoplasmose dont l'impact sur la production laitière est certain.

## **IV.2. Facteurs liés au milieu**

### **IV.2.1. Effet de la saison de vêlage**

De nombreux travaux réalisés dans différents pays et sur différentes races, ont montré que la saison de vêlage a un effet significatif sur les quantités de lait, du taux butyreux, et du taux protéique (**Barash et al., 1996**)

Par ailleurs deux grandes saisons de vêlage ont été définies pour les vaches pie noires : la saison favorable où on enregistre une production maximale située en novembre et décembre, respectivement pour les vaches primipares et multipares et la saison défavorable située en mars pour les primipares et en juillet pour les multipares (**Goodall, 1983**). Les résultats sont similaires pour les taux butyreux et protéiques (**Barash et al., 1996 ; Tekerli et Gündogan, 2005**).

**Debry (2007)**, a rapporté que généralement le taux butyreux passe par un minimum en période de juin – juillet, et par un maximum à la fin de l'automne, alors que la teneur en protéines passe par deux minimums, l'un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été, et deux maximums : à la mise à l'herbe, et à la fin de la période de pâturage. Il est important de noter aussi que le taux butyreux et le taux protéiques varient en fonction de la photopériode, ils sont plus faibles lors des jours les plus longs.

**IV.2.2. Nombre de traites**

L'augmentation du nombre de traites par jour, entraîne une élévation de la quantité de lait accompagnée d'une diminution du taux butyreux et de protéines (**Kerst et Kristopher, 1997 ; Bernadette et al., 2002 ; Dahl et al., 2004**). En effet les vaches traites trois fois par jour produisent 19,6% de lait de plus que celles traites une fois par jour (**Patton et al., 2006**).

La traite des vaches une seule fois par jour est à l'origine d'une diminution de la production laitière de l'ordre de 20 à 30% et d'une augmentation des taux butyreux (plus de 2,8 g/l) et protéique (plus de 1,5 g/l) (**Coulon et al., 2005**).

**IV.2.3. L'alimentation**

Le niveau d'alimentation est l'un des facteurs d'élevage qui affecte la production et la composition du lait chez la vache laitière.

**IV.2.3.1. Influence sur le taux protéique****IV.2.3.1.1. Effet du niveau et de la nature des apports énergétiques**

Le niveau d'apport énergétique reste le principal facteur de variation du taux protéique (**Peyraud, 2000 ; Bocquier et Caja, 2001 ; Stoll, 2002**). De même qu'un apport supplémentaire d'énergie entraîne :

- Une élévation de l'acide propionique (C3) au détriment de l'acide acétique ;
- Une augmentation de la quantité de protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne (PDIM) grâce à une amélioration des synthèses d'acides aminés dans le rumen. Cette synthèse est stimulée par la sécrétion d'insuline qui inhibe également l'utilisation des acides aminés dans la néoglucogenèse (**Coulon, 1991 ; Enjalbert, 1993**).

Selon **Wattiaux (1998)**, les rations riches en concentrés risquent de faire baisser le taux protéique et entraîner secondairement une réorientation des flux d'énergie vers le dépôt de gras corporel. Par ailleurs les rations constituées uniquement d'herbe sont souvent à l'origine de la diminution du taux protéique, compte tenu de leur carence en énergie fermentescible d'une part et de leur excès en matières azotées d'autre part (**Chatelier et al., 2000**).

Agabriel *et al.* (2001) ont rapporté aussi qu'un régime à base d'herbe pâturée entraîne l'augmentation de la teneur en urée dans le lait.

#### IV.2.3.1.2. Effet du niveau et de la nature des apports protéiques

Un déficit des apports protéiques dans la ration de la vache laitière peut entraîner une forte baisse du taux protéique dans le lait, en effet **Stoll (2003)**, explique cette baisse par le manque de matières azotées pour les microorganismes du rumen, tout en réduisant leur activité, avec pour conséquence une baisse de la digestibilité de la ration et ainsi une diminution des apports énergétiques, de ce fait la synthèse des protéines microbiennes est ralenti, produisant moins de protéines pour le lait.

A l'inverse une meilleure disponibilité de l'azote dégradable accroît l'activité cellulolytique et améliore la digestibilité de la ration ainsi que la prise alimentaire, ce qui accroît la production laitière et le taux protéique (**Faverdin *et al.*, 2003**).

Il est toutefois intéressant de noter que selon **Araba (2006)**, l'amélioration du profil en acides aminés limitants, en particulier en méthionine et en lysine, digestible dans l'intestin permet d'augmenter la teneur du lait en protéines et en caséines sans avoir d'effet significatif sur le volume du lait produit ou sur le taux butyreux.

#### IV.2.3.1.3. Apport de matières grasses

L'apport des lipides à la ration a un effet dépresseur sur le taux protéique (lié notamment à une baisse de sécrétion de caséines) (**Enjalbert, 1993 ; Wolter, 1997**).

#### IV.2.3.2. Influence sur le taux butyreux

Le taux butyreux est de loin l'élément le plus sensible à l'alimentation, une grande partie de cette variation peut être attribuée aux modifications survenues dans les acides gras produits par la fermentation du rumen. Afin d'obtenir un taux butyreux élevé il faut amener un rapport acétate (C2) / propionate (C3) dans le rumen élevé.

#### IV.2.3.2.1. Effet de la nature et du niveau des apports énergétiques

La sous-alimentation entraîne un accroissement du taux butyreux et une diminution de la quantité de lait produite, avec une élévation des acides gras à chaîne longue et une diminution des acides gras à chaîne courte, ce taux élevé est maintenu tant que la vache compense le niveau d'alimentation par une mobilisation de ses lipides corporels (**Remond, 1987 ; Enjalbert, 1993**).

Parallèlement, une ration riche en concentré (au-delà de 40%) provoque une baisse du taux butyreux dans le lait, cela est expliqué selon **Sauvant (2003)**, par une diminution de la salivation due au manque de fibrosité, et par la suite la diminution du pouvoir tampon, et la baisse du pH du rumen entraînant ainsi une perturbation de la flore microbienne, une élévation de l'acide propionique favorable à la formation de tissus corporels et une chute dans les proportions d'acide acétique favorable aux taux de matière grasse.

La nature des glucides peut influencer aussi la composition, en effet l'amidon de maïs est fermenté moins rapidement que celui d'autres céréales avec pour conséquence un taux butyreux qui ne subit pas trop de variations (**Stoll, 2003**).

Par contre des proportions élevées en glucides fermentescibles comme le sucre de la betterave, et la faible fibrosité de la ration, conduisent à la formation excessive d'acide propionique dans la panse au dépend de l'acide acétique avec pour conséquence, une réduction du taux de matières grasses (**Doreau et Sauvant, 1989 ; Stoll, 2003**).

Selon **Araba, (2006)** le taux butyreux est plus influencé par l'orge ou l'avoine dont l'amidon est rapidement dégradé par la microflore du rumen que le maïs dont l'amidon est dégradé plus lentement.

**Agabriel et al., (1991)**, ont rapporté que la mise à l'herbe précoce et brusque sur des pâturages très jeunes, peut entraîner des diminutions du taux butyreux, contrairement aux régimes hivernaux (ensilages de maïs) qui provoquent des teneurs élevées en matières grasses.

La consommation d'herbe jeune avec apport d'une forte ration d'aliments concentrés présente également une action dépressive sur le taux butyreux, ceci est attribué à la teneur insuffisante de la ration en cellulose et surtout au manque de structure grossière. (**Veisseyere, 1979**).

**Agabriel et al. (2001)**, affirment aussi que les régimes à base d'herbe pâturée, peut entraîner l'augmentation de la proportion des acides gras longs et des acides gras insaturés, particulièrement en printemps.

#### **IV.2.3.2.2. Effet du niveau et de la nature des apports protéiques**

Le tourteau de colza représente une bonne source en acides aminés et notamment en méthionine : l'introduction de ce tourteau dans une ration à base d'ensilage de maïs fortement déficitaire en matières azotées fermentescibles a permis une légère augmentation de la production laitière, le maintien du taux protéique et la réduction du taux butyreux.

#### **IV.2.3.2.3. Effet de l'apport en matières grasses**

L'addition de matières grasses dans la ration induit le plus souvent une baisse du taux butyreux, elle est due à une perturbation des fermentations ruminales, mais elle influence la composition en acides gras de la matière grasse du lait (**Debry, 2007**).

Selon **Stoll, (2003)** l'adjonction des graisses dans la ration peut avoir un effet bénéfique sur le taux de matière grasse du lait, dans le cas des rations pauvres en graisses composées de foin, de betteraves ou d'ensilage d'herbe, mais peut avoir un effet négatif avec des rations riches en graisses (comme l'ensilage de maïs). Par ailleurs le même auteur signale que des graisses sous forme d'huile sont à éviter sous peine d'entraver la digestion de la cellulose et ainsi d'induire une baisse du taux butyreux du lait.

L'apport de concentrés ou d'oléagineux (lin, tournesol ou colza) semble conduire à une réduction du TB mais n'a pas d'effet sur le TP, en particulier lorsque les vaches sont au pâturage. L'apport important d'AG polyinsaturés par la supplémentation lipidique peut inhiber la synthèse des lipides au niveau de la mamelle, entraînant une réduction du TB.

Une quantité trop importante de lipides dans la ration peut également entraîner une diminution de la quantité de matière sèche ingérée et de l'apport énergétique (**Soulat, 2020**).

## **I. Démarche générale et choix des régions d'étude**

Les deux objectifs principaux de cette étude étaient d'une part, évaluer les effets des facteurs de production (race, stade de lactation, rang de lactation et système d'élevage) sur la production, la qualité physico-chimique du lait et les profils en acides gras de sa matière grasse, et d'autre part, analyser les variations des principales caractéristiques de la qualité des fromages affinés en fonction des conditions de production du lait et des pratiques fromagères.

Le choix des deux régions d'étude a été motivé pour leur vocation agricole et surtout par l'élevage bovin, mais aussi pour apporter des réponses à l'une des problématiques nationales liées à la qualité et la production laitière dans les deux principaux systèmes d'élevage en Algérie.

Une enquête basée sur un questionnaire détaillé (Annexe 6) et complété par les éleveurs a été menée sur 30 élevages bovins laitiers de différentes tailles afin de recueillir le maximum d'informations liées à la composition des troupeaux, les caractéristiques des vaches laitières et leur conduite d'élevage en particulier leur alimentation.

Le tri est porté sur un échantillon de fermes qui représente deux zones écologiques : la montagne et la plaine avec 2 exploitations d'élevage étatiques disposant d'un nombre important de vaches laitières de races Holstein et Montbéliarde. Les deux se situent dans une zone de plaine : Bir Ould Khelifa, et Draa Ben Khedda dans les wilayas de Ain Defla et Tizi Ouzou respectivement. Dans les deux fermes les vaches sont conduites en système intensif.

Les autres fermes sont de type familial situées toutes dans la zone de montagne de la région de Tizi Ouzou où les vaches sont conduites en système extensif.

Le choix des fermes d'étude est basé sur les critères suivants :

- Eleveurs agréés par l'état
- Coopération des éleveurs
- Disponibilité des races bovines importées et locales
- Présence de vaches saines et en cours de lactation en nombre suffisant.

### **I.1. Description des deux régions d'étude**

#### **I.1.1. Wilaya de Tizi Ouzou**

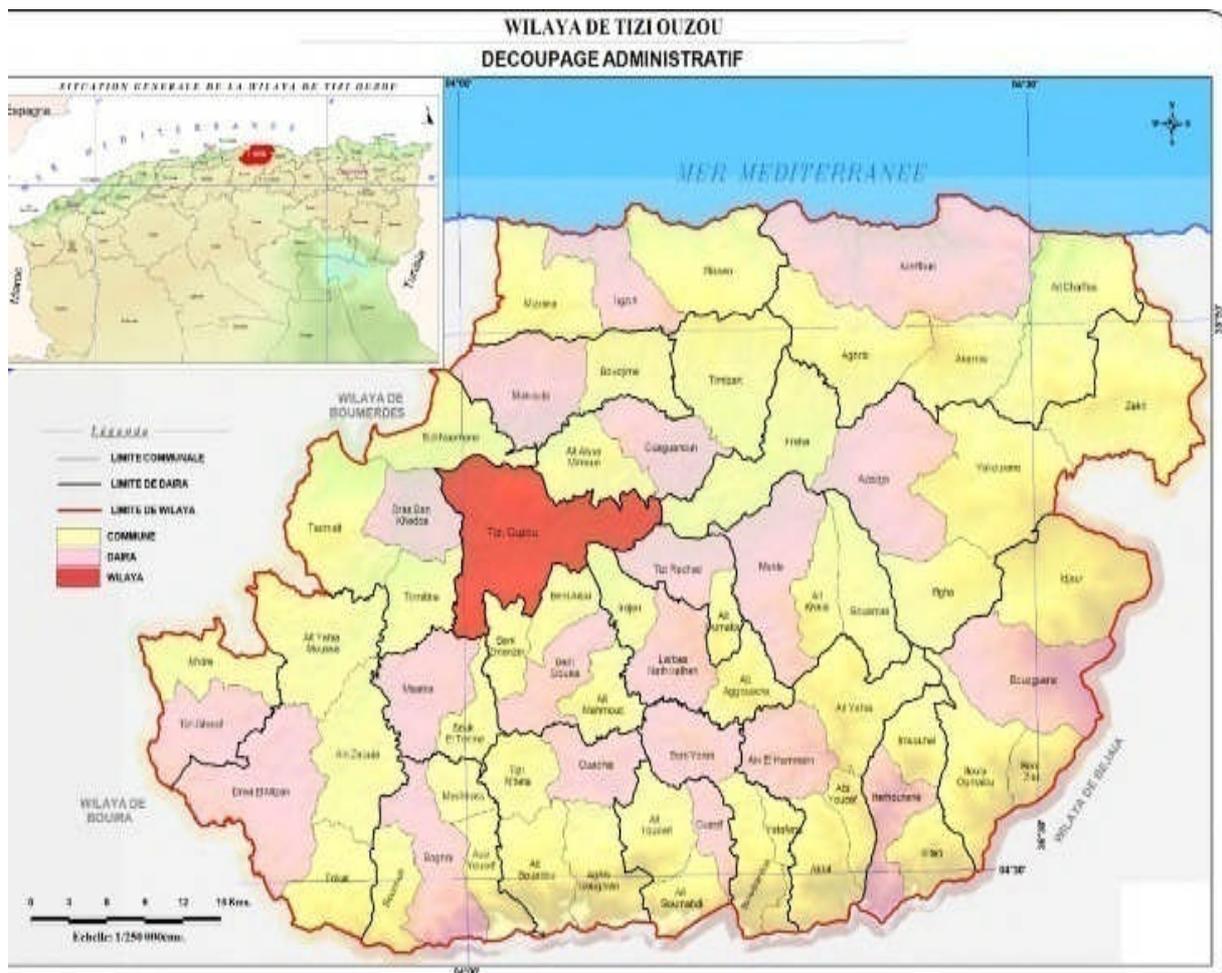
La région de Tizi Ouzou se situe dans la partie nord centre de l'Algérie, à 100 Km à l'Est d'Alger. Elle s'étend sur une superficie de 2958 Km<sup>2</sup>. C'est une vaste région montagneuse,

constituée d'un massif montagneux (le Djurdjura) qui culmine à 2308 m d'altitude, d'une chaîne côtière représentée par de hautes collines de 500 à 1000 m d'altitude et de 12 à 25 % de pente ainsi que d'une vallée (Sébaou) qui se caractérise par des terres dont la pente est inférieure à 12% et d'altitude ne dépassant pas les 500 m.

Elle est délimitée au nord par la mer méditerranée, au sud par la wilaya de Bouira, à l'Est par la wilaya de Bejaia, et à l'ouest par la wilaya de Boumerdes.

Le climat est de type méditerranéen et se caractérise par deux saisons bien contrastées : un hiver humide et froid et un été sec et chaud. Les précipitations varient en général entre 600 et 1000 mm/an, la neige tombe principalement sur les régions de montagne, les gelées sont fréquentes en février à travers la totalité du territoire de la wilaya.

La SAU de la wilaya est de 94 537 ha, soit 31 % de la superficie totale. Près de la moitié (48 %) de la superficie de la wilaya est occupée par la végétation naturelle. Ces surfaces se subdivisent en pacages et parcours localisés dans les zones de montagnes et les exploitations forestières.



1

**Figure 2 :** Situation géographique de la wilaya de Tizi Ouzou (Anonyme 2, 2019)

### I.1.2. La wilaya de Ain Defla

La wilaya de Ain Defla se situe au centre de l'Algérie à 145 km au sud-ouest d'Alger dans une zone relais entre l'Est et l'Ouest du pays. Elle fait partie de la région du périmètre irrigué du grand Chellif.

Elle est délimitée par :

- La wilaya de Tipaza au nord.
- La wilaya de Blida au nord-est.
- La wilaya de Médéa à l'est.
- La wilaya de Tissemsilt au sud

- La wilaya de Chlef à l'ouest

Concernant sa climatologie et sa pluviométrie, bien qu'elle ne se trouve à vol d'oiseau qu'à 12 Km de la mer, au Nord de Tacheta Zougagha, elle se caractérise par un climat continental caractérisé par toute sa rigueur. Elle est parfaitement matérialisée par la courbe de 500 - 600 mm de pluie/an qui entoure la vallée sur la carte de pluviométrie.

En hiver, les amplitudes thermiques peuvent être importantes : + 20°C, il arrive que les températures soient égales ou inférieures à 0° la nuit au mois de Janvier. Les écarts de températures saisonnières sont importants, en effet au mois d'août le maximum peut atteindre 48°C, c'est une des régions sub-littorales les plus chaudes de l'Algérie pendant la saison estivale. La wilaya de Ain Defla est une région à vocation agricole, considérée comme un des plus importants bassins laitier d'Algérie, son effectif bovin total est estimé à 26941 têtes (**Anonyme 3, 2019**). Le climat de la wilaya est de type méditerranéen semi-aride, avec un caractère de continentalité très marqué. La pluviométrie varie entre 500 à 600 mm/an.

Ain Defla recouvre une superficie agricole totale de 235.611 ha (52% de la superficie totale de la wilaya). La superficie agricole utile est de 181.676 ha (77% de la superficie agricole totale). Les terres appartenant au domaine public représentent 22 % de la superficie totale, celles appartenant au domaine privé 78%.

L'agriculture est la principale activité des habitants. La wilaya est classée au premier rang national dans la production de la pomme de terre dont elle alimente 30 % du marché national.



Figure 3 : Situation géographique de la wilaya de Aïn Defla (Anonyme 3, 2019)

## I.2. Présentation des fermes et sites d'études du lait et des fromages

### I.2.1. Présentation de la Ferme EURL SEA de Draa Ben Khedda

#### I.2.1.1. Création de la ferme et situation géographique

La ferme pilote de « Draâ Ben Khedda » a été créée en 1969 dans le cadre du développement national des productions animales, mais ne fut fonctionnelle qu'en 1970. Par la suite, elle fut érigée le 13 octobre 1998 au statut de société d'exploitation agricole « EURL SEA », munie d'un registre de commerce. Sa vocation principale est la production laitière ainsi que la production des veaux, génisses et secondairement la production d'agrumes et de pomme de terre.

Elle est située dans la commune de Draâ Ben Khedda, à 10 Km du chef-lieu de la Wilaya de Tizi-Ouzou et à 90 Km à l'est d'Alger. Elle est limitée au nord par l'oued « sébaou », à l'est par

la cité « Touares », à l'ouest par « Oued Boughedoura » et au sud par la chaîne montagneuse de « Sidi Ali Bounab ».

#### **I.2.1.2. Les ressources hydriques de la ferme**

La ferme n'a pas de problèmes d'approvisionnement en eau puisqu'elle dispose de :

- 3 puits de 2 à 3 L/S, profondeur de 13m.
- 4 puits de 45 L/S, profondeur de 30m.
- 2 Oueds, Sebaou à sa limite Nord et Bouguedoura à sa limite Ouest.

Donc la ferme peut refouler environ 135 L/S d'eaux souterraines en plus de celles venant des 2 oueds, ce qui assure l'irrigation des cultures pendant presque toute l'année.

#### **I.2.1.3. Le Capital Foncier et spéculations végétales**

La ferme EURL SEA de Draa Ben Khedda est dotée d'une superficie agricole totale (SAT) de 219 ha dont :

- 206 ha en superficie agricole utile (SAU) avec 100 ha en irriguée ;
- Le reste soit 13 ha environ sont occupés par les différentes infrastructures et parcours.

La superficie agricole utile est répartie comme suit :

- 60 ha destinés aux céréales (blé dur)
- 30,5 ha destinés pour les cultures pérennes soit :
  - 22,8 pour les orangers
  - 1 ha pour les citronniers
  - 1 ha pour les oliviers
- 116 ha sont réservés pour les cultures fourragères

#### **I.2.1.4. Bâtiment d'élevage et infrastructures**

La ferme est constituée de plusieurs bâtiments qui sont répartis comme suit :

- L'étable principale pour les vaches laitières d'une capacité de 200 têtes ;
- Une étable d'une capacité de 20 têtes pour les vaches en instance de vêlage ;

- Deux étables, une pour les génisses d'une capacité de 500 têtes et l'autre pour les tourillons d'une capacité de 200 têtes ;
- La dernière étable est réservée pour les taureaux d'une capacité de 30 têtes.
- Une nurserie pour les veaux (d'un jour à 4 mois), comportant 20 petits boxes d'une capacité allant de 1 à 4 têtes pour chacun (selon l'âge des veaux).
- Une salle de traite avec une cuve de réfrigération
- Une salle de mise bas.

La ferme pratique l'élevage bovin de races importées (Holstein et Montbéliarde) d'un effectif de 480 têtes dont 251 vaches laitières et le reste réparti entre veaux, vêles, génisses, taurillons.

#### **I.2.1.5. Conduite alimentaire**

L'alimentation dépend de la disponibilité des aliments et de l'état physiologique de l'animal. La ration des vaches laitières est composée d'une ration de base (fourrage vert, sec ou ensilé) et d'un concentré distribué selon un rationnement.

Durant la période d'étude la ration est composée de :

- Concentré à raison de 10 Kg /J par vache répartis en 2 reprises.
- L'ensilage de ray- gras d'Italie : 40 Kg /J par vache réparties en 2 reprises.
- Trèfle 20 Kg/j par vache
- Le foin d'avoine : 2 Kg/j par vache.

L'abreuvement est assuré par des abreuvoirs automatiques et collectifs qui assurent un abreuvement permanent et à volonté pour les vaches.

Les vaches laitières sont en stabulation libre permanente.

#### **I.2.2. Présentation de la ferme Bessami de Bir Ould Khelifa**

##### **I.2.2.1. Création de la ferme et situation géographique**

La ferme pilote Bessami est une entreprise publique à caractère agricole et commercial, sise dans la commune de Bir Ould Khelifa de la wilaya de Ain Defla. Elle est placée sous la tutelle du ministère de l'agriculture, ses activités principales sont : la céréaliculture l'arboriculture (pommiers, oliviers et poiriers), ainsi que l'élevage bovin.

**I.2.2.2. Le capital foncier et spéculations végétales**

La ferme pilote Bessami est pourvue d'une surface agricole totale de 1500,6 ha, dont 1482,2 ha de surface agricole utile présentant 360 ha irriguées. Les terres cultivables sont réparties comme suit :

- ✓ 561 ha pour la céréaliculture ;
- ✓ 201 ha pour l'arboriculture ;
- ✓ 163 ha de fourrages secs d'avoine ;
- ✓ 90 ha de fourrages verts : orge fourragère, trèfle et luzerne ;

Le reste constitue des prairies naturelles

**I.2.2.3. Ressources hydriques**

La ferme est dotée de 2 puits et 03 forages dont 02 ont une capacité de 12 litres/s chacun, et l'autre de 07 litres /s.

**I.2.2.4. Caractéristiques des troupeaux**

Actuellement l'effectif bovin est de 164 têtes, dont 71 vaches laitières, 01 taureau, 55 génisses, 07 vêles, 27 tourillons, et 03 veaux. L'ensemble est constitué de deux races seulement : la Montbéliarde pie rouge et la Prim'Holstein pie noir. Le troupeau est issu soit de génisses pleines importées ou de croisement au sein de l'exploitation.

**I.2.2.5. Conduite de l'alimentation**

La conduite alimentaire pour les vaches étudiées est la même que celle des autres vaches en lactation de la ferme. Le rationnement pendant l'étude coïncide avec la mise en pâturage, se situe entre le mois de février et mai (hiver-printemps)

Les aliments et l'eau d'abreuvement sont distribués dans l'ordre chronologique suivant :

- Abreuvement très tôt le matin.
- Distribution du concentré B17 (spécial vache laitière), à raison de 2,5kg /vache et 0,9 kg/vache de son de blé à 5h 00 du matin.
- Traite à 5h30mn.
- Distribution du foin d'avoine (4kg/vache) et la paille (4 kg/vache) à 6h00.

- A 10h00 jusqu'à 13h00 pâturage sur l'orge ou des fois le fourrage est distribué à l'auge (4,4 Kg/v/j)
- Distribution de 2,5 kg/ vache de concentré B17 et 0,9 kg/vache de son de blé à 14h00.
- Abreuvement à 14h 30mn.
- Traite à 16h00.
- Distribution de 4kg de foin d'avoine et de 4 kg de paille par vache.
- Abreuvement à 20h00.

### **I.2.3. Présentation des fermes familiales de montagne**

Les exploitations privées ont été choisies sur la base d'une liste des éleveurs obtenue à partir des services de la DSA de Tizi Ouzou, les critères de choix sont :

- ✓ Présences d'un nombre suffisant de vaches en lactation
- ✓ Présence des races importées et de la race locale
- ✓ Accords des éleveurs à nous recevoir pour l'enquête et les prélèvements de lait.

#### **I.2.3.1. La ferme Alma Guechtoum :**

Située dans la commune d'Akerrou dans la daïra d'Azeffoun (Tizi Ouzou).

Ce village est caractérisé essentiellement par l'élevage traditionnel de type familial, dont le cheptel est composé au moins de 3 à 4 vaches par famille dominé par la race locale. Les animaux s'adaptent aux reliefs de ce village, dépourvu des espaces suffisants de pâturage, constituant des montagnes rocheuses avec une maigre végétation et la forêt comme refuge pour une certaine durée avant de regagner leurs propres étables.

La ferme choisie est dotée d'une seule étable contenant 16 têtes dont 3 vaches de race locale, 9 vaches de race Holstein, 1 taureau et 3 veaux.

#### **I.2.3.2. La ferme Mellal :**

Située à Yakouren, à 46 Km à l'est de Tizi Ouzou, et 11Km à l'est d'Azazga,

La ferme est constituée de 2 Hangars regroupant 21 têtes dont 13 vaches laitières (5 de race locale et 8 de race Holstein), 2 taureaux, 4 veaux et 2 génisses.

**I.2.3.3. La ferme Madjdoub :**

Située dans la commune d'Aghrib qui est une commune appartenant à la daïra d'Azeffoun, à 45 km au nord de Tizi-Ouzou, limitée vers le nord par la commune d'Azeffoun, vers l'est par la commune d'Akarou, vers l'ouest par Timizart, et vers le sud par la daïra d'Azazga

Cette ferme familiale pratique l'élevage bovin avec un effectif de 27 têtes dont 10 vaches laitières de race Holstein, 4 vaches de race locale et 6 vaches de race Montbéliarde, 4 taureaux, 2 veaux et 3 génisses.

**I.2.3.4. La ferme Saadi**

Située à Tamgout, dans la commune d'Akerrou dans la daïra d'Azeffoun. L'élevage bovin est pratiqué dans cette ferme avec un effectif de 20 têtes dont 9 vaches laitières de race Holstein, 6 vaches de race locale, 2 taureaux et 3 veaux.

**I.2.3.5. La ferme Sayah**

Située à Yakouren, à 46 Km à l'est de Tizi Ouzou, et 11Km à l'est d'Azazga. L'élevage bovin est pratiqué dans une ferme amiliale composée d'un hangar avec un effectif de 15 têtes dont 6 vaches de race Holstein, 2 de race Montbéliarde, 3 de race locale, 1 taureau et 2 veaux et une génisse.

**I.2.4. Présentation de la Fromagerie artisanale Ait Abdelmalek**

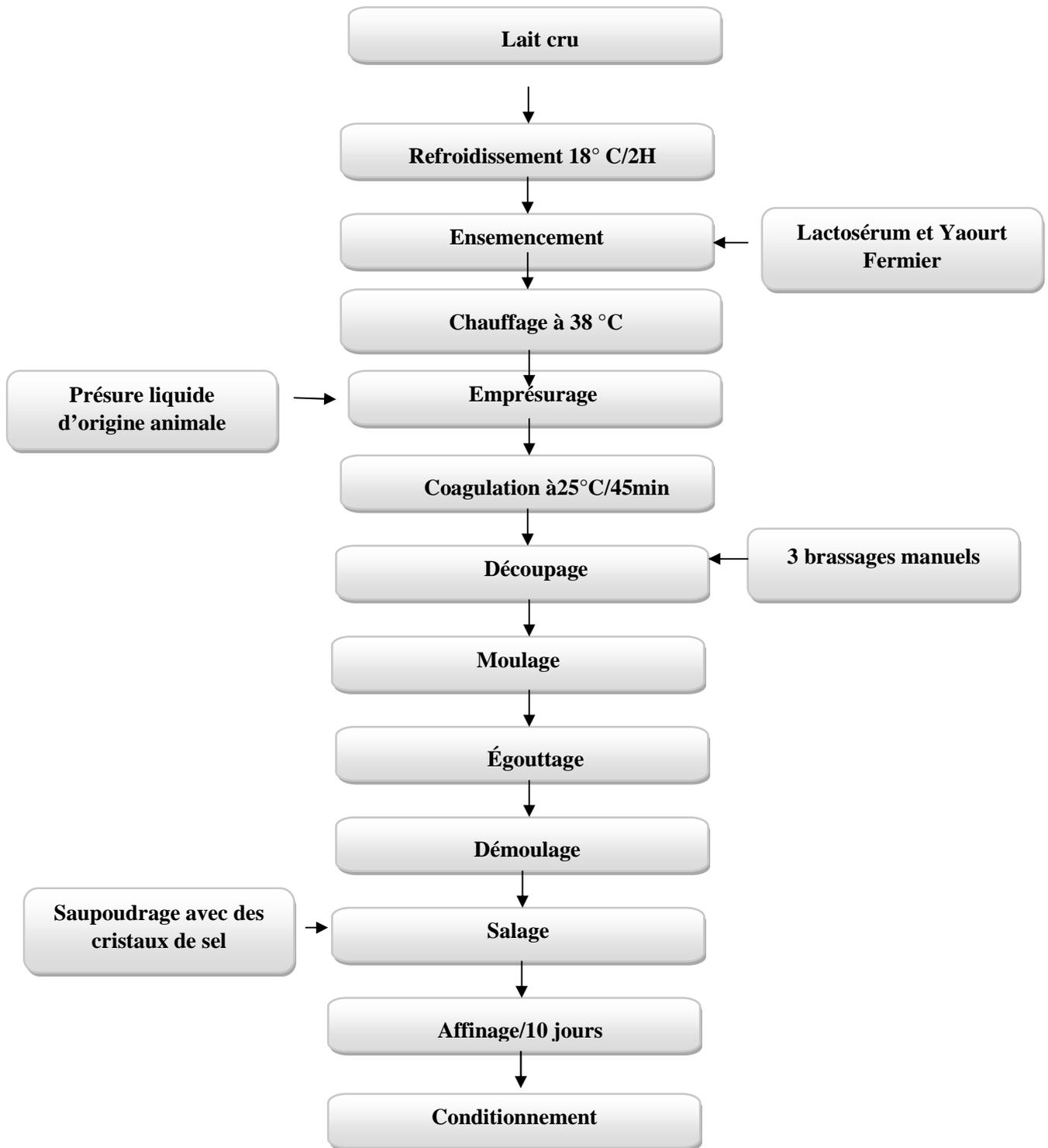
C'est une unité artisanale et familiale créée par deux éleveurs de la famille Ait Abdelmalek en 2000, située au sommet de la montagne dans la commune d'Ouacif dans le village de Bou Abderrahmane. L'unité s'occupe de la transformation et de la production de plusieurs produits laitiers (fromages, yaourt..), et autres produits comme les différentes confitures aux figes sèches, lait, figuier de barbarie.

L'unité dispose de son propre cheptel bovin et caprin, dont le lait sert pour la production des différents produits laitiers. Il n'y a pas de distributeur spécifique pour la commercialisation de ces produits, c'est le propriétaire lui-même qui en assure la distribution d'autant plus qu'il dispose de moyens de transport appropriés.

Les fromages sont principalement commercialisés sur la ville d'Alger, sous le nom de Saint Amour. Ils sont les fournisseurs de l'hôtel« SOFITEL » principalement, de restaurant Algérois « UNIVERSITE », hôtel restaurant « MESQUELIL » et de nombreux particuliers.

#### **I.2.4.1. Diagramme de fabrication du fromage à pâte molle « Saint Amour »**

Le diagramme de fabrication du fromage à pâte molle suivi par cette unité est illustré dans la figure 4.



**Figure 4 :** Diagramme de fabrication du Fromage « Saint Amour »  
Elaboration par l'auteur, (2021)

**I.2.5. Présentation de l'unité EURL STLD**

L'unité EURL STLD « Société de Transformation de Lait et Dérivés » ou laiterie Fromagerie « Le Fermier » est une industrie laitière créée le 16 avril 2004, c'est une entreprise à caractère privé située à la zone d'activité de Draa Ben Khedda à Tizi-Ouzou et compte un effectif de 106 employés. L'unité STLD comprend un nombre de 524 éleveurs détenant 3222 vaches laitières, et 27 collecteurs.

La laiterie produit une large gamme de produits à partir de lait cru, environ 70000 litres de lait sont transformés par jour. Leurs produits fabriqués sont :

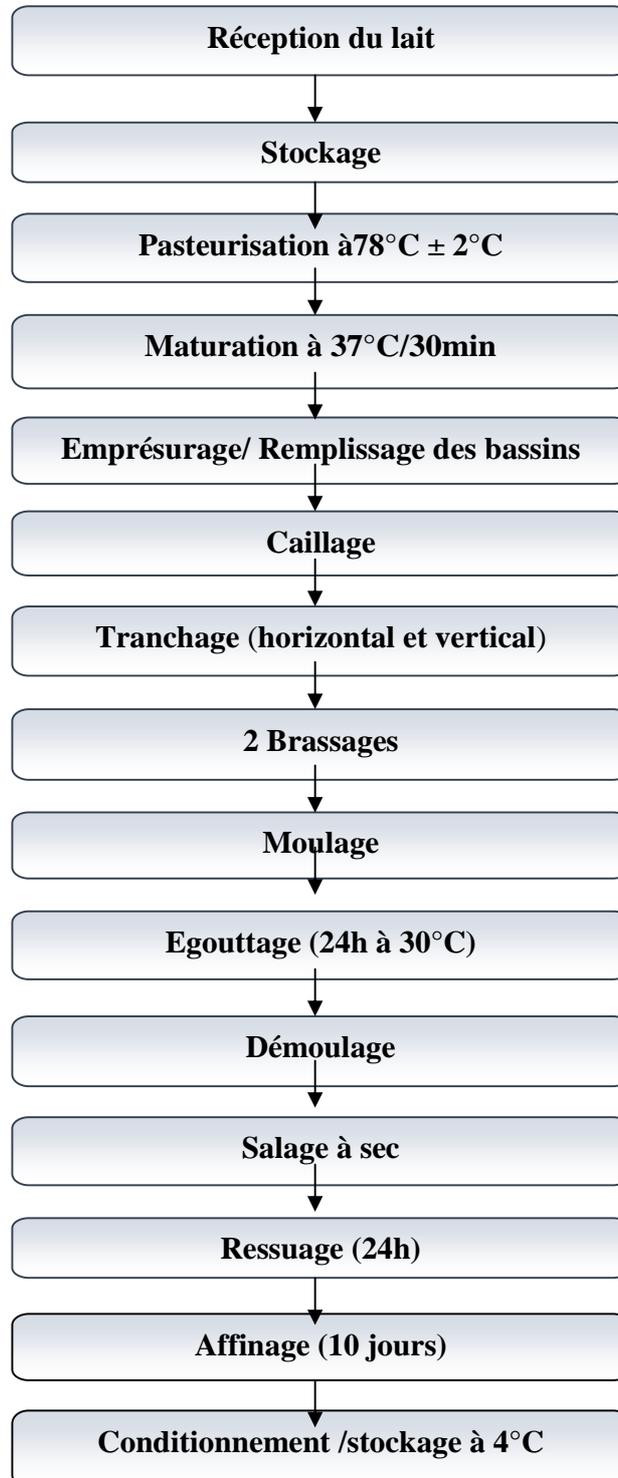
- Lait de vache pasteurisé conditionné (entier et écrémé) ;
- Lait de vache pasteurisé fermenté « L'ben » ;
- Lait de vache pasteurisé Caillé « Raib » ;
- Camembert au lait de vache « Le fermier » ;
- Camembert au lait de chèvre « Le chèvre fermier » ;
- Fromage à pâte pressée, Edam et le gouda « Le fermier » ;
- La préparation fromagère alimentaire (fondu Barre et Pot).

L'unité comprend :

- Un bloc administratif ;
- Une cantine ;
- Une salle de réception des collectes de lait ;
- Un laboratoire d'analyses microbiologiques et physico-chimiques ;
- Une salle de pasteurisation ;
- Un atelier de production pâte molle ;
- Un hâloir d'affinage et conditionnement ;
- Un atelier lait.

Le lait destiné à la fabrication du fromage à pâte molle de type camembert est un lait de mélange provenant des éleveurs de la région de Tizi Ouzou, ayant subi seulement une pasteurisation. Le diagramme de fabrication du fromage « Le Fermier est illustré dans la figure 5.

## I.2.5.1. Diagramme de fabrication du camembert « Le Fermier »



**Figure 5 :** Diagramme de fabrication du fromage « Le Fermier »  
Elaboration par l'auteur, (2021)

## II. Les études réalisées :

### II.1. Effet de la race

L'effet de la race a été étudié d'une part sur les deux races importées : Holstein et Montbéliarde conduites ensemble en système intensif dans une ferme étatique (ferme Bessami Djillali) située dans la wilaya de Ain Defla, et d'autre part sur la race Holstein et la race locale conduites en système extensif de montagne dans la région de Tizi Ouzou (Tableau 4). Au total 88 échantillons de lait ont été prélevés à la traite du matin sur l'ensemble des vaches laitières choisies pour cette étude (en système intensif : 18 prélèvements pour la Montbéliarde, et 18 pour la Holstein ; en système extensif : 36 prélèvements de la Holstein et 16 autres pour la race locale)

.Les vaches étudiées dans les deux types de ferme sont des multipares et en milieu de lactation. La composition raciale des fermes retenues pour l'étude de la race est donnée dans le tableau 4.

**Tableau 4** : Caractéristiques des fermes retenues pour l'étude de l'effet de la race

Région	Tizi Ouzou					Ain Defla	Total (têtes)
Ferme	Alma Guechtoum (Akerou)	Madjdoub (Aghrib)	Saadi (Tamgout)	Sayah (Yakouren)	mellal (Yakouren)	Bessami (Bir Ould Khelifa)	
Holstein (têtes)	9	10	9	6	8	40	82
Montbéliarde (têtes)	-	6	-	2	-	30	38
Race locale (têtes)	6	4	6	3	5	-	24

### II.2. Effet du stade de lactation

Pour la répartition des animaux selon leur stade de lactation, le choix est porté sur 36 vaches laitières de races Montbéliarde et Holstein conduites dans les mêmes conditions d'élevage en intensif (16 vaches pour chacune des races). Toutes les vaches étaient des multipares d'âge compris entre 4 ans à 6 ans, et alimentées avec la même ration déjà indiquée pour la ferme Bessami Djillali.

Les prélèvements de lait étalés tout au long du stade de lactation, ont été effectués sur le lait de mélange séparément des vaches en début de lactation (entre le 1<sup>er</sup> mois et 2<sup>ème</sup> mois de lactation), en milieu de lactation (entre le 3<sup>ème</sup> mois et le 5<sup>ème</sup> mois de lactation) et en fin de lactation (entre

le 6<sup>ème</sup> mois et le 9<sup>ème</sup> mois de lactation) avec 12 échantillons de lait de mélange pour chaque stade.

### **II.3. Effet du numéro de lactation :**

Cette étude a été réalisée dans la région de Khemis-Miliana, au niveau de la ferme (Bessami Djillali). Elle a concerné 36 vaches laitières de races Holstein et Montbéliarde en milieu de lactation, réparties équitablement en deux lots selon leur rang de lactation : primipares (9 vaches de race Holstein et 9 Montbéliarde) et les multipares en 2<sup>ème</sup> lactation (9 vaches de race Holstein et 9 Montbéliarde). Les prélèvements sont au nombre de 54 pour chaque numéro répartis en 3 reprises. Les animaux sont conduits en intensif et sont nourris à l'auge selon leur besoins physiologique. L'alimentation est composée de foin d'avoine, d'orge en vert, de concentré B17 et d'eau d'abreuvement.

### **II.4. Effet du système d'élevage :**

Pour évaluer l'effet du système d'élevage, sur la qualité du lait bovin nous avons procédé à des enquêtes sur terrains menées entre novembre et janvier auprès de 30 éleveurs dans la région de Tizi Ouzou. La démarche a été réalisée à l'aide d'un questionnaire (annexe 6) servant de base pour les discussions avec les éleveurs afin de recueillir le maximum d'informations sur la structure de l'exploitation (foncier, bâtiment d'élevage, équipements disponibles, ressources hydriques ...), les effectifs, la conduite du troupeau (régime alimentaire, cultures fourragères, pâturage, traite, hygiène et prophylaxie...), et le volet commercial (ventes et achats des produits agricoles, livraison des produits de l'exploitation...).

Compte tenu de l'objectif fixé, deux types de fermes ont été choisis dans la région d'étude, l'une est située dans la zone de plaine de Draa Ben Khedda (altitude 56 m au-dessus du niveau de la mer). Il s'agit d'une ferme étatique possédant un grand nombre de vaches composées de différentes races importées conduites en intensif. Dans cette ferme, la race animale prédominante est essentiellement la race Holstein. Tous les animaux sélectionnés pour l'échantillonnage (50 vaches Holstein) étaient des multipares au milieu de la lactation (caractéristiques dans le tableau 5).

Les animaux sont maintenus dans les mêmes conditions d'élevage. Les vaches sont traites deux fois par jour à 6 heures et à 18 heures dans la salle de traite et le rendement laitier est

enregistré automatiquement pour chaque animal. Le troupeau reçoit un régime standard préparé sous forme d'une ration totale mélangée à base de fourrages et complétée par un aliment concentré commercial afin d'augmenter le niveau de production des vaches (tableaux 6 et 7), offert 2 fois par jour durant la traite. Les animaux ont accès à l'eau ad-libitum.

Les 4 autres fermes sont situées en zone de montagne à une altitude de 1500 m au-dessus du niveau de la mer. Un total de 36 vaches multipares a été choisi, toutes au milieu de lactation (tableau 5). Les vaches sont traitées à la main deux fois par jour, le matin à 6h00 avant de sortir au pâturage, et à 17h00 lorsqu'elles reviennent à l'étable. Dans ces fermes, les vaches ne recevaient pas d'aliments concentrés durant notre étude qui a coïncidé avec le printemps mais sont complémentés avec du foin et de l'orge lorsque cela est nécessaire et sont adaptées tout au long de l'année à l'environnement des parcours de montagne.

**Tableau 5** : Les principales caractéristiques des deux fermes étudiées

	S <sub>1</sub> (zone de plaine)	S <sub>2</sub> (zone de Montagne)
Races	Holstein ( <b>H1</b> )	Holstein ( <b>H2</b> )
Nombre de fermes	01	04
Nombre total de vaches	250 têtes	Max 20 têtes / Ferme
Nombre de vaches échantillonnées	50	36
Jours de lactation	150	130
Poids vif moyen (kg)	500-650	500-600
Système de traite	Salle de traite	Traite manuelle
Mode de stabulation	Libre (stabulation libre)	Libre
Ration	Alimentation rationnée	Pâturage
concentré (Kg/animal/jour)	10	-

S<sub>1</sub> : Système intensif ; S<sub>2</sub> : Système extensif

D'après l'enquête auprès des éleveurs et les observations sur le terrain en se basant sur l'approche de **Collomb et al. (1999)**, en prenant une surface clôturée aussi homogène que possible, les principales espèces fourragères de la région sont *Rosa sempervirens*, *Phillyrea angustifolia*, *Cytisus spinosus*, *Myrtus communis*, *Asphodelus microcarpus*, *Sinapis arvensis*,

*Hedysarum flexuosum*, *Pistacia lentiscus*, *Rubus fruticosus*, *Inula viscosa*, *Dittrichia viscosa*, *Erica arborca*, et *Lavandula stæchas*.

**Tableau 6** : Composition de la ration alimentaire des vaches H1

Composition	Quantité
<b>Composants de la ration (Kg/vache/jour)</b>	
Ensilage de ray-grass	40
Trèfle en vert	20
Foin d'avoine	2
Concentré	10
<b>Composition du concentré en %</b>	
Grains de maïs	50
Son de blé	22
Tourteaux de soja	25
Mélange minéraux-vitamines*	3

\* Composition par kg: 9000, 7000 mg de calcium et phosphore; 60, 12, 144, 0,6, 0,3, 1,5, 108 mg de fer, cuivre, zinc, cobalt, sélénium, iode et manganèse respectivement; 15000 IU vitamine A; 2000 IU vitamine D3; 30 IU vitamine E.

Les résultats d'analyse des fourrages et du concentré distribués à la ferme étatique de Draa Ben Khedda sont présentés dans le tableau

**Tableau 7** : Composition chimique des composants de la ration des H1

Composants de la ration	MS	Cendres	Pr	MG	CB
	%		% MS		
Ensilage de Ray grass	15.7	09.1	13.2	2.98	27.6
Trèfle vert	13.5	12.65	21.8	2.8	23.5
Foin d'avoine	87.02	7.8	6.8	2.05	43.2
Concentré	88.32	5.57	22.28	03.7	10.91

## **II.5. Influence des paramètres de production sur la qualité des fromages à pâte molle**

L'étude de l'influence des facteurs de production sur la qualité des fromages à pâte molle a été menée durant la période du printemps 2021 dans la région de Tizi Ouzou en faisant le choix sur deux unités de production (artisanale et industrielle). Des prélèvements du lait de mélange étalés sur une période de deux mois, ont été réalisés sur 86 vaches de race Holstein (50 vaches dans le système intensif et 36 dans le système extensif de montagne avec 150 et 108 échantillons prélevés respectivement pour les deux lots) à la traite du matin. Des fromages à pâte molle artisanaux et industriels ont été prélevés au nombre de 58 échantillons pour évaluer l'effet du système d'élevage et les pratiques fromagères sur la qualité physico-chimique, sensorielle et profils en acides gras de ces produits.

Les données ont été obtenues à partir des enquêtes effectuées sur la base d'un questionnaire et des observations directes sur terrain auprès des éleveurs et des producteurs de fromage.

## **III. Méthodes analytiques :**

Les prélèvements de lait individuels ou de mélange (selon le facteur influant étudié) ont été réalisés à la traite du matin pendant la période de février à avril durant 4 années successives (2017 à 2021) afin de trouver des animaux alimentés en pâturage et réduire l'effet de saison. Les échantillons de lait ont été recueillis avec soin en respectant les règles d'hygiène dans des flacons stérilisés, identifiés par des étiquettes portant le n° d'identification de la vache, et la date de prélèvement. Aussitôt prélevé le lait est réservé à 4°C pour subir les différentes analyses.

### **III.1. Analyses physico-chimiques du lait :**

#### **III.1.1. Mesure de l'acidité Dornic :**

L'acidité est déterminée selon la norme NF V 04- 206 (AFNOR, 1986), (Annexe n°1), elle est exprimée conventionnellement en ° D.

#### **III.1.2. Mesure du pH initial :**

Le pH du lait est déterminé à l'aide d'un pH-mètre étalonné dès son arrivée au laboratoire, le lait est ramené d'abord à une température de 20°C (Annexe 1).

**III.1.3.Densité :**

La densité est déterminée par aréométrie à 20°C, selon la norme NF, V 04-204 (AFNOR, 1986) (annexe 1). Elle est exprimée en gramme par ml de lait.

**III.1.4.Extrait sec total**

L'extrait sec total est obtenu par la dessiccation du lait, par évaporation d'une certaine quantité d'eau et pesée du résidu sec. Elle est mesurée à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge, muni d'une balance permettant la lecture directe de la matière sèche exprimée en gramme pour 100 ml de lait (annexe 1).

L'extrait sec dégraissé (ESD) est déduit directement à partir de l'extrait sec total (EST) et de la matière grasse (MG) du lait par la formule :  $EST (g/l) - MG (g/l)$

**III.1.5.Détermination de la teneur en lactose du lait**

La teneur en lactose du lait est déterminée à l'aide de l'appareil MilkoScan™ FT120 (Annexe 1)

Le MilkoScan™ FT 120 est un spectrophotomètre à FTIR (Fourier Transform Infra Red Spectrophotometer) automatique de grande capacité (120 échantillons analysés par heure). Il utilise la technologie d'absorption spectroscopique en moyen infrarouge à transformée de Fourier (capacité : 3 - 10  $\mu m$  correspondant à 1000 – 5000  $cm^{-1}$ ).

Le MilkoScan™ 120 permet d'assurer le paiement du lait mais aussi d'optimiser l'utilisation des produits intermédiaires et de contrôler la qualité des produits finis. Avec la configuration de base, il est possible d'analyser avec précision les paramètres suivants : matières grasses, protéines, lactose, extrait sec total et extrait sec dégraissé. Les résultats sont enregistrés et affichés en % sur l'écran.

**III.1.6.Matière grasse (taux butyreux) et acides gras :**

Le dosage de la matière grasse du lait est réalisé selon la méthode conventionnelle acido-butyrométrique, de Gerber : norme NF, V 04-210 (AFNOR, 1986) (annexe 1), elle est exprimée en g/l de lait. Les acides gras du lait sont déduits à partir de la matière grasse en utilisant un facteur de conversion (0,945) dérivé de la proportion des acides gras contenus dans les matières grasses du lait et des produits laitiers (Paule et Southgate,1978).

### III.1.7. Analyse des acides gras de la matière grasse du lait :

L'étude des profils en acides gras du lait par chromatographie en phase gazeuse nous renseigne sur leur quantité, et leur qualité, ce qui peut nous rendre compte de leur nature et leur origine. Cette analyse de composition en acides gras représente donc une caractéristique d'identité de la matière grasse du lait.

#### III.1.7.1. Extraction de la matière grasse :

L'extraction de la matière grasse à partir des échantillons de lait individuels est réalisée par l'extraction Ethéro-ammoniacale selon la méthode de Röse-Gottlieb NF EN ISO 1211 (AFNOR, 1986) (Annexe 1). Pour les laits de mélange, la matière grasse a été extraite par centrifugation en suivant la méthode de Larsen *et al.* (2013) (Annexe 1).

#### III.1.7.2. Préparation des esters méthyliques :

Les esters méthyliques sont obtenus à partir des triglycérides du lait d'abord par saponification en présence de la soude méthalonique, puis estérification des acides gras en présence de HCL méthalonique selon la méthode NF T60-233 (AFNOR, 2000) (Annexe 1).

#### III.1.7.3. Analyse des esters méthyliques par chromatographie en phase gazeuse :

Les conditions de chromatographie en phase gazeuse doivent permettre de séparer efficacement les esters méthyliques des acides C4 : 0 à C 22:n.

Les esters d'acides gras méthylés du lait ont été analysés par la méthode de chromatographie en phase gazeuse (GC) à l'aide d'un instrument Agilent technologies 6890A (USA) équipé d'un détecteur à ionisation de flamme, d'un injecteur à splitless et d'une colonne capillaire Omegawax (30 m × 0,25 mm x 0,25 µm d'épaisseur de film). Pour l'identification des AG, les pics obtenus ont été comparés à ceux d'un échantillon standard (d'un mélange de 37 composants d'EAGM (esters d'acides gras méthylés) Supelco analytique, USA). L'identification des EAGM a été confirmée par une analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS) à l'aide d'un spectromètre Agilent 5975C XL ET / CI MSD Chem Station, doté d'un détecteur à trois axes couplé à un chromatographe en phase gazeuse Agilent 7890A. En FID comme en GC-MS, les conditions de température sont comme suite :

Isotherme à 50 °C pendant 1 min ;

Elévation à 150 °C de 30 °C/min ;

2<sup>ème</sup> Elévation de température à 250 °C à raison de 5° C/min ;

Maintien de cette dernière température pendant 10 minutes.

Le détecteur et l'injecteur fonctionnaient en mode splitless à 260 °C; le gaz vecteur est l'hélium à un débit constant fixé à 1 ml/min.

En GC-MS, 0,5µl des EAGM dans l'Hexane a été injectés dans la colonne capillaire de VF-WAX ms (30 m x 0,25 m x 0,25 m d'épaisseur de film). La gamme de masse balayée (EI à 70 eV) allait de  $m/z = 40$  à  $m/z = 450$ . L'identification des AG a été réalisée en comparant leurs temps de rétention chromatographiques et leurs spectres de masse MS avec ceux des banques de bibliothèques spectrales (Wiley 275.L et Pal 600K).

### III.1.8. Teneur en protéines du lait

Le taux protéique a été déterminé après obtention du taux d'azote total en appliquant la méthode de Kjeldhal selon la norme : NF V04-211 (**AFNOR, 1986**) (Annexe 1).

### III.1.9. Détermination du nombre de cellules somatiques dans les échantillons de lait

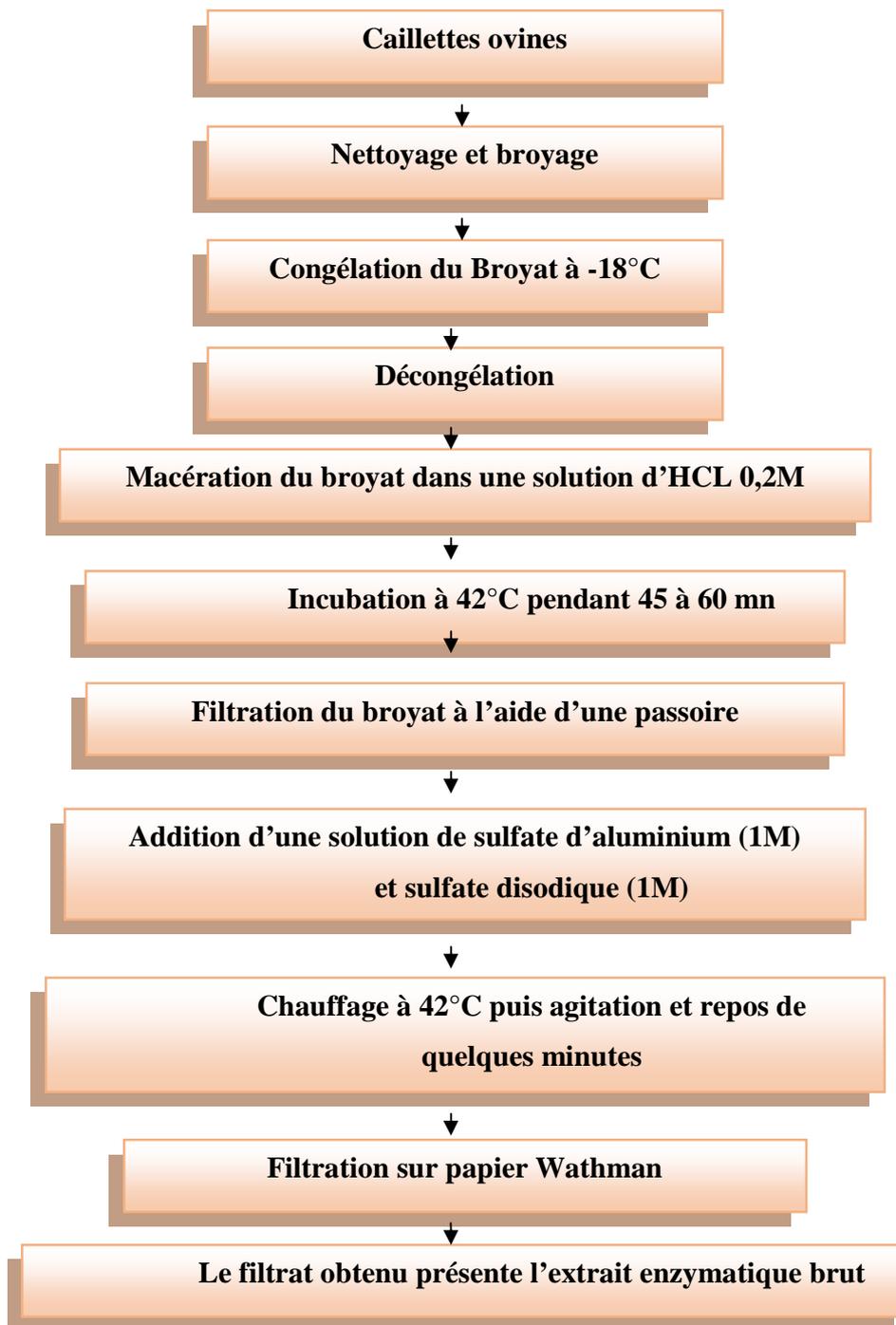
L'appareil utilisé est le Fossomatic 5000 (Cytométrie de flux Foss – Denmark) à une cadence de 500 échantillons par heure. La méthode est basée sur le fait que les cellules somatiques (globules blancs et cellules épithéliales) sont des particules qui ont une intensité de fluorescence minimale due à la coloration de l'ADN cellulaire (Annexe 1)

### III.1.10. Aptitude à la coagulation

L'aptitude à la coagulation des différents laits prélevés, est évaluée par la détermination du temps de coagulation par la présure de référence et la pepsine ovine selon un procédé modifié de **Berridge (1952)** rapporté par **Collin et al. (1977)** dont le principe est basé sur l'addition de 1 ml de la solution enzymatique d'abord à 10 ml de substrat de Berridge (lait témoin), (Annexe1), puis à 10 ml de lait testé, préalablement ramenés à 30°C, l'intervalle de temps compris entre l'introduction de la solution enzymatique et l'apparition des premiers flocons visibles sur la paroi interne des tubes en verre est définis comme le temps de coagulation.

Chaque échantillon de lait doit subir au minimum 3 essais pour pouvoir apprécier le temps de coagulation. La pepsine ovine est préparée selon le Protocole expérimental de **Valles et Furet**,

(1977), présenté dans la figure 6, elle présente une force de coagulation de 1/1714,28 et une teneur en protéines de 2 mg/ml.



**Figure 6** : Les étapes d'extraction de la pepsine ovine (Valles et Furet, 1977)

### III.2. Méthodes d'analyse physico-chimiques du fromage

#### III.2.1. Mesure du pH :

Le pH est une mesure de l'acidité ionique du produit à analyser, on le mesure habituellement à l'aide d'un pH-mètre. Le pH est mesuré à l'aide d'une électrode de pénétration de type aiguille de 3 mm de diamètre enfoncée au voisinage immédiat de chaque puits résultant de l'enfoncement de l'aiguille. Le pH est par conséquent mesuré au même endroit de la pâte (Vassal *et al.*, 1986).

#### III.2.2. Détermination de la teneur en matière grasse du fromage

Elle se fait par la méthode acido-butyrométrique de Van Gulick, après dissolution des protéines du fromage (3g) par addition d'acide sulfurique (10 ml), la matière grasse a été séparée par centrifugation dans un butyromètre de Van Gulik. Cette séparation est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso-amylique.

L'obtention de la teneur en matière grasse se fait par lecture directe sur l'échelle du butyromètre (NF V 046287, AFNOR 1986). (Annexe 2)

#### III.2.3. Détermination de l'extrait sec du fromage (EST)

Le même principe que celui présenté pour le lait.

#### III.2.4. Détermination du gras sur sec «G/S»

La mention G/S peut figurer sur l'étiquette du fromage, ce rapport est un bon indicateur de composition et de texture des camemberts, il est exprimé en pourcentage. Il nous permet de vérifier la conformité de nos échantillons en matière grasse et en matière sèche.

$$\text{Calcul:} \quad \text{G/S (\%)} = \text{MG/ EST} \times 100$$

**Avec :**

**G/S:** rapport matière grasse et extrait sec du «Camembert » exprimé en (%)

**MG :** teneur en matière grasse du «Camembert» exprimé en (%)

**EST:** teneur en extrait sec du «Camembert» exprimé en (%)

### III.2.5. Détermination de la teneur en chlorure de sodium (NaCl)

La détermination de la teneur en NaCl est réalisée selon la méthode de Mohr. C'est un dosage par précipitation en milieu neutre. Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (0,1N) en présence de chromate de potassium (10%) (Annexe 2).

### III.2.6. Détermination de la teneur en protéine du fromage par la méthode de Kjeldahl

L'azote protéique a été analysé par la méthode de Kjeldahl qui repose sur la minéralisation complète des molécules organiques à chaud en présence d'acide sulfurique concentré et la distillation de l'ammoniaque obtenu après alcalinisation. La teneur en protéines est obtenue juste après par conversion du taux d'azote total en taux protéique (NF V 04-6211, AFNOR 1986) (Annexe 2).

### III.2.7. Détermination de la composition en acides gras du fromage

#### III.2.7.1. Extraction de la matière grasse par la méthode de Folch et al. (1957)

Cette méthode fait appel à un mélange binaire composé d'un bon solvant des lipides (chloroforme, hexane, etc) et d'un solvant plus polaire (méthanol, isopropanol, etc) qui permet de rompre les liaisons lipides-protéines. L'extraction est réalisée à froid. L'extrait lipidique est toujours purifié. Dans la méthode de Folch le mélange solvant est composé de chloroforme et de méthanol (2:1, v/v). L'extrait est purifié par lavage de la phase organique avec une solution saline (NaCl, 0,73%) (Théodet et al., 1991) (Annexe 2).

#### III.2.7.2. Préparation des esters méthyliques

La même méthode que celle du lait est suivie pour le fromage

#### III.2.7.3. Détermination de la teneur en acide gras du fromage par chromatographie en phase gazeuse (CPG)

La méthode de choix est la séparation par CPG qui sépare les esters méthyliques des acides gras obtenus par transméthylation de l'extrait lipidique total. Cette méthode a pu être étendue à la séparation des formes isomères des acides gras à longue chaîne grâce au développement de nouveaux matériaux de remplissage des colonnes capillaires et de systèmes de détection amplifiés (Greenfield et Southgate, 2007). Les conditions opératoires du chromatographe sont données dans le tableau 8.

Tableau 8: Les conditions opératoires de l'analyse des esters méthyliques

<b>Chromatographe</b>	Chromopack CP 9002
<b>Détecteur</b>	FID (250°C)
<b>Injecteur</b>	SPLIT1/100 (250°C)
<b>Gaz vecteur</b>	Azote
<b>Colonne capillaire</b>	DB23 (50 % cyanopopyl)
<b>Longueur</b>	30 m
<b>Diamètre intérieur</b>	0,32mm *0.25 UM
<b>Epaisseur</b>	0,25µm
<b>Injecteur</b>	250 °C
<b>Détecteur</b>	260 °C
<b>Four</b>	150 °C----- 4 °C:min 230 °C (10min)
<b>Quantité injectée</b>	01µl
<b>Vitesse du papier</b>	0,5cm/mn

### III.3. Analyses microbiologiques des fromages

Les fromages sont des milieux très favorables au développement des microorganismes et le contrôle microbiologique joue un rôle fondamental pour déterminer la qualité de ces produits.

Les analyses microbiologiques consistent à détecter la présence des différents germes dans les produits avant commercialisation. Ainsi contrôler la qualité hygiénique des échantillons de fromage prélevés permet de vérifier leur conformité aux normes en vigueur et d'assurer s'ils sont propres ou non à la consommation. Les principales analyses microbiologiques effectuées sur les fromages sont énumérées ci-dessous et leurs modes opératoires sont données en annexe 3.

#### II.3.1. Dénombrement des Coliformes totaux et fécaux

Les coliformes sont des bactéries qui à une température spécifiée forment des colonies rouge caractéristiques en gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre, et qui lors de l'essai de confirmation fermentent le lactose avec production de gaz (Dromigny, 2011).

Les coliformes fécaux sont des entérobactéries Gram négatifs, aérobies facultatifs capables de se développer à 44°C alors qu'aucune croissance n'est observée à cette température pour les souches non fécales. La principale bactérie coliforme d'origine fécale est l'*E. Coli*.

La technique utilisée pour leur dénombrement fait appel à deux testes consécutifs :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux.
- Le test de confirmation : appelé encore le test de Mac Kenzie et réservé à la recherche des coliformes fécaux (Annexe 3).

### II.3.2. Dénombrement des *Staphylococcus à coagulase +*

Les *Staphylococcus aureus* ou *Staphylococcus à coagulase +* font partie de la flore de la peau et des muqueuses de l'homme et de l'animal, bactéries habituellement inoffensives. (BRISABOIS et al., 1997). Elle est une Cocco bactérie à Gram positif, catalase positive, a un diamètre d'environ 0,5 à 1,5 µm, non sporulée, immobile et anaérobie facultative.

*Staphylococcus aureus* est une bactérie à l'origine de nombreuses infections ou intoxications alimentaires.

La recherche des staphylococcus aureus est basée sur la méthode décrite dans la norme NF ISO 6888-3 qui utilise un enrichissement en bouillon de Giolitti-Cantoni, suivi d'un isolement sélectif sur le milieu gélosé de Chapman. Les milieux sont incubés à 37°C pendant 24h (Delarras, 2014) (Annexe 3).

### II.3.3. Dénombrement des salmonelles

Les salmonelles appartiennent à la famille des entérobactériaceae. Bien que leur présence dans les produits laitiers pasteurisés, soit rarissime, il convient de les rechercher sur un grand nombre de produits et plus particulièrement ceux consommés par les sujets à haut risque, nourrissons, jeunes enfants et vieillards, car elles peuvent provoquer de très graves toxi-infections.

Du fait de leur rareté et de l'endommagement des cellules selon les produits, il s'applique un processus de revivification et de multiplication, correspondant à un pré-enrichissement puis à un enrichissement des cellules. Ces opérations sont suivies d'isolement sur milieux gélosés sélectifs (Annexe 3).

**III.4. Analyse sensorielle**

La qualité organoleptique des fromages étudiés a été appréciée au laboratoire physico-chimique du département d'Agronomie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou par un groupe de 20 panélistes représentés par des étudiants et des enseignants.

L'échelle de notation et l'étude statistique de cette Analyse sensorielle est réalisée selon la méthode de **Kramer (1960)**, qui se base sur la somme des rangs et la moyenne des scores des panélistes (voir la table de Kramer en annexe 5). Elle est évaluée selon les 5 principaux critères de qualité organoleptique : l'aspect de la croûte, la couleur, l'odeur, le goût et la texture.

**III.5. Analyse des aliments de bétail**

Des échantillons de fourrages et de concentré ont été prélevés dans les deux exploitations étatiques pour déterminer leur composition. Les différentes analyses effectuées sont comme suit :

**III.5.1. Teneur en matière sèche (MS) :**

Les échantillons de fourrages ont été broyés et analysés pour la matière sèche par séchage à 100°C pendant 16 h selon la méthode (**AOAC, 1990**). (Annexe 4).

**III.5.2. Teneur en cendres :**

Les cendres ont été déterminées après combustion à 600 °C pendant 2h selon la méthode (**AOAC, 1990**) (Annexe 4).

**III.5.3. Teneur en protéines (Pr):**

Les protéines brutes ont été calculées comme  $6,25 \times N$  total selon la méthode de Kjeldhal (**AOAC, 1990**). (Annexe 4).

**III.5.4. Teneur en matières grasses (MG) :**

La matière grasse a été déterminée par extraction à l'aide d'un solvant selon la méthode (**AOAC, 1990**). (Annexe 4).

**III.5.5. Teneur en cellulose brute (CB) :**

La teneur en cellulose brute a été déterminée par la méthode de WEENDE qui consiste à 2 hydrolyses successives l'une en milieu acide et l'autre en milieu basique. (Annexe 4)

### III.6. Etude statistique

Les résultats des paramètres physicochimiques des laits ainsi que ceux des fromages sont présentés sous forme de moyennes  $\pm$  écart type.

- Les résultats individuels ont été enregistrés puis groupés sur une base de données Excel et traités par le logiciel *R* version 3.6.1 (Ihaka R. et Gentleman R. 1993).

- les tests de normalité et d'homogénéité des variances ont été appliqués pour vérifier une série d'observation.

- La comparaison de la moyenne pour les différents groupes de lait et les 2 groupes de fromages a été faite comme suit :

- Si la normalité et l'homogénéité sont vérifiées, on utilise un test paramétrique de l'ANOVA pour les laits comparés en fonction du stade de lactation et le test de Student pour les fromages et les laits comparés en fonction des autres paramètres étudiés.
- Si la normalité et l'homogénéité ne sont pas vérifiées, on utilise un test non paramétrique qui est le test de wilcoxon pour le lait et le fromage avec deux moyennes, ou le test de Kruskal-wallis pour plus de deux moyennes.

- Calcul du degré de significativité entre les valeurs moyennes, la significativité est défini pour une probabilité  $p$  avec un risque de 5%.

On considère :

- Si  $p < 0.001$ : La différence est hautement significative \*\*\*
- Si  $p < 0.01$  : La différence est très significative \*\*
- Si  $p < 0.05$  : La différence est significative \*
- Si  $p > 0.05$  : La différence est non significative (NS)

## I. Effet de la race sur la production et la composition du lait de vache

De nombreuses recherches ont étudié les effets des races de vaches sur la composition du lait. A titre d'exemple les différences dans la composition en matières grasses du lait chez les races Holstein et Jersey ont été étudiées par **Beaulieu et Palmquist (1995)** et elles ont été prouvées par **Morales et al. (2000)**, et **Drackley et al. (2001)**. De nombreux articles qui traitent des différences dans la composition en AG des matières grasses du lait des races indigènes et importées ont également été publiés (**Pešek et al., 2005**).

Le choix d'une race de vache laitière correspond en générale à un but et à des objectifs escomptés par l'éleveur. Elles sont sélectionnées notamment sur la production de lait, en quantité et en qualité (**Cauty et Perreau, 2003**). La sélection exclusive sur le volume de production entrainerait une régression de certains constituants de lait, taux butyreux et taux protéiques. Réciproquement, une sélection exclusive sur la qualité de lait diminuerait le volume de production. Il convient donc de disposer d'indices de sélection qui permettent de préserver une certaine progression de la productivité tout en améliorant la qualité (**Roger, 1998**).

### I.1. Caractéristiques des races étudiées

#### I.1.1. La race Holstein

La race Holstein n'est que le fruit de l'amélioration génétique de la production laitière de la race mère la frisonne Pie Noire Hollandaise. Elle est l'une des populations les plus sélectionnées grâce au développement de l'industrie de la génétique au XXe siècle (**Labatut et Tesniere, 2017**). Elle est caractérisée par sa croissance rapide, sa grande adaptabilité, mais surtout par ses très grandes capacités de production laitière. Ainsi, les vaches de race Holstein peuvent enregistrer des productions annuelles allant jusqu'à 10000 kg de lait (**Weller et Ezra, 2004**).

C'est une race de grande taille, facilement reconnaissable à la couleur de sa robe pie noire, parfois pie rouge. Très précoce, elle bénéficie d'une vitesse de croissance rapide, les génisses vêlent facilement à deux ans. Race laitière spécialisée, elle affiche les meilleures productions en lait mais également en matière protéique, car l'amélioration du taux protéique a été intégrée comme objectif de sélection dans la filière.

La production atteint 9226 kg de moyenne par lactation avec un taux de matière grasse de 40.0 g/Kg et un taux protéique de 32,1 g/Kg (**Institut de l'élevage, 2020**).

**I.1.2 La race Montbéliarde**

Située actuellement en seconde position parmi les races importées, originaire de France la race Montbéliarde est appelée communément : race Pie Rouge.

Elle est reconnue par une tête blanche d'une longueur moyenne avec des cornes courtes, en croissant ainsi que le front et muflle larges, profil droit, encolure fine, son corps est muni d'une poitrine profonde et la mamelle est ample.

La Montbéliarde fait l'objet d'un processus de sélection qui porte en priorité sur la quantité de lait et l'équilibre des taux avec une attention particulière aux protéines. 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**).

Elle se caractérise par une grande taille (hauteur au garrot 1,35 à 1,40 m), un poids de 600 à 650 kg. La production laitière est plus importante que celle des autres races du même rameau pie rouge, elle est de 7157 kg de lait par lactation avec un taux butyreux de 38.9 g/Kg et un taux protéique de 33.1g/Kg (**Institut de l'élevage, 2020**).

La Montbéliarde représente une alternative au cheptel laitier ultra spécialisé et, grâce à sa solidité et à sa capacité d'adaptation, elle répond aux besoins de tous les éleveurs.

**I.1.3. Race Locale ou Brune de l'Atlas**

Reconnue par sa robe de couleur gris souris unie, mais elle peut varier entre le gris foncé et le gris argenté. Son muflle ardoisé est entouré de brun et ses onglons noirs et durs, lui permettent de résister aux terrains accidentés et rudes. La Brune de l'Atlas a une pigmentation de la peau, des paupières et des muqueuses qui la protège des rayons solaires dans des zones où d'autres races pourraient présenter des problèmes oculaires.

Connue pour sa rusticité, en résistant à des conditions climatiques difficiles, en s'alimentant avec des aliments médiocres, ce qui fait qu'elle est peu productive : 3 à 4 litres par jour pendant 6 mois, soit en moyenne 595 kg par lactation (**Yakhlef et al., 2002 ; Lazereg et al., 2020**). Ces races locales rustiques bien adaptées au milieu sont en régression parallèlement aux races bovines à haut potentiel génétique (sensibles et exigeantes) qui sont en plein essor et commencent à conquérir même des régions difficiles comme celles du sud et des montagnes.

D'après **Abdelgurfi et Laouar (2000)**, les races locales restent les plus adaptées à des milieux difficiles cependant comme aucun programme systématique de croisement n'a été suivi

et que l'étendu de cette pratique a été limitée, le cheptel local a conservé beaucoup de caractères des souches locales (rusticité surtout) mais présente une très grande hétérogénéité dans la couleur de la robe, la conformation et la taille.

La faible production de lait fait que le BLL est surtout destinée à l'alimentation des jeunes animaux. De ce fait, c'est une population qui est beaucoup plus orientée vers la production de viande. Enfin, la production laitière issue de ce cheptel n'est pas comptabilisée car elle ne fait pas l'objet de transactions laitières. Cette population concerne l'élevage extensif traditionnel détenu par les agropasteurs qui utilisent les parcours d'altitude et de plaine.

## **I.2. La production de lait et sa composition chimique**

L'analyse de variance a été appliquée pour évaluer l'effet de la race sur la production du lait et ses différents paramètres physico-chimiques. Les résultats de cette analyse statistique portés dans le tableau 9 et les figures 7, 8, 9 et 10 pour le cas de la race locale comparée à la race Holstein montrent que la quantité de lait journalière produite varie d'une façon très hautement significative ( $P < 0,001$ ) entre ces deux races. L'influence de la race a été constatée aussi sur l'ESD ( $P < 0,05$ ), le taux protéique (TP) et le nombre des cellules somatiques (SCC) ( $P < 0,01$ ). Par ailleurs pour le cas de la race Montbéliarde comparée à la race Holstein, un effet significatif a été enregistré sur le taux butyreux et celui des acides gras (AG) ( $P < 0,05$ ).

Dans les deux cas des différences significatives ( $p < 0,05$ ) ou très significatives ( $P < 0,01$ ) sont enregistrées sur les temps de coagulation évalué avec de la présure et l'extrait de pepsine ovine, alors qu'aucun effet de la race n'a été constaté sur les autres paramètres (pH, densité, EST, et lactose).

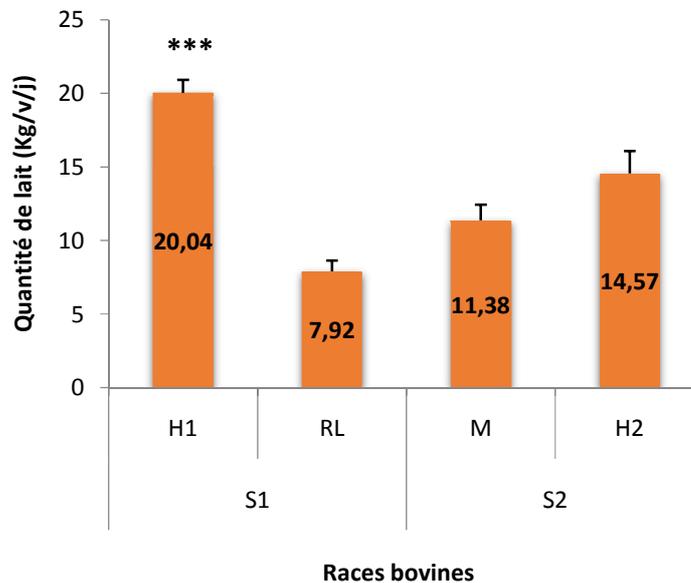
**Tableau 9** : Résultats des analyses statistiques de l'effet de la race sur la composition du lait dans les deux types de ferme

Variables	S1 (Tizi Ouzou)		S2 (Ain Defla)		P	
	Moy H1 ± ET	Moy RL ± ET	Moy H2 ± ET	Moy M ± ET	P (H1x RL)	P (H2xM)
pH	6,49 ± 0,02	6,53 ± 0,06	6,55 ± 0,02	6,6 ± 0,02	NS	NS
Densité	1029,01 ± 0,36	1028,39 ± 1,19	1030,88 ± 0,49	1030,52 ± 0,5	NS	NS
EST (g/l)	117,94 ± 1,32	127,05 ± 5,32	125,33 ± 2,62	119,22 ± 1,51	NS	NS
ESD (g/l)	79,19 ± 0,84	84,88 ± 2,7	96,13 ± 3,34	94,87 ± 3,24	*	NS
Lactose (g/l)	44,86 ± 0,51	45,48 ± 0,89	45,67 ± 0,22	46,54 ± 0,5	NS	NS
SCC (x 1000)	104,66 ± 42,19	19,25 ± 0,75	-	-	**	-

S1 : système extensif ; S2 : système intensif ; Moy : moyenne ; ET : écart type ; P : probabilité ; \* : P<0,05 ; \*\* : P<0,01 ; \*\*\* : P<0,001 ; H1 : Holstein 1 ; H2 : Holstein 2 ; M : Montbéliarde ; RL : race locale.

### I.2.1. La production laitière

La figure 7 présente la variation de la quantité de lait produite entre la race locale et la race Holstein ainsi qu'entre cette dernière race et la Montbéliarde dans leurs systèmes d'élevage respectifs.



**Figure 7** : Variation de la quantité moyenne produite /vache /jour en fonction de la race (\*\*\*) : Hautement significative H1x RL ; S1 : système extensif ; S2 : système intensif ; v : vache ; j : jour)

L'écart important enregistré dans la quantité de lait journalière produite est bien évident entre la Holstein et la race locale (20.04 et 7.92 Kg par vache par jour respectivement pour la race Holstein et la race locale), en effet de nombreux auteurs (**Chiofalo et al., 2000 ; Hansen et al., 2006 ; De Marchi et al., 2007; Mapekula et al., 2011; Stergiadis et al., 2015**), ont confirmé cette influence de la race sur la production laitière bovine et ont indiqué que les races locales sont caractérisées par un faible rendement laitier mais en parallèle elles sont très rustiques et sont appréciées par les éleveurs de montagne pour leur adaptation aux conditions difficiles de pâturage. Des résultats similaires ont été aussi confirmés par **Zendri et al. (2016)** pour les races locales : Mosly Rendena et Alpine Gray.

Bien que la différence est non significative pour la production de lait journalière entre les races Montbéliarde et Holstein, conduites dans le système intensif (la ferme Bessami), la figure 9 montre que les vaches de race Holstein produisent plus de lait que celles de la Montbéliarde avec des moyennes de 14,57 et 11,38 Kg /j respectivement.

Les quantités de lait moyennes produites par la race Holstein (H2) et la race Montbéliarde (M) indiquées dans cette étude sont très faibles par rapport à celles rapportées dans la littérature pour ces mêmes races dans leurs pays d'origine. La Holstein produit une quantité journalière moyenne

de de 30,5 Kg/j (Coulon *et al.*, 1998) à 35,8 Kg/j (Chiofalo *et al.*, 2000), alors que la Montbéliarde produit 26,1 Kg/j (Lawless *et al.*, 1999) à 27, 2 Kg/j (Kuczyńska *et al.*, 2012). Le problème d'adaptation de la population exogène est probablement le principal facteur influençant la production laitière (Madani et Mouffok 2008 ; Snousi *et al.*, 2010).

Cependant même si la race locale produit une quantité moyenne qui ne dépasse pas 8 Kg par jour, cette dernière reste supérieure à celle rapportée par Kibwana *et al.*, (2012) pour leur race locale (Ankole) au Congo qui est de 2,4 L/j.

### I.2.2. pH, Densité et lactose

Les valeurs de pH indiquées dans le tableau 9 ne sont pas différentes statistiquement entre les races étudiées et varient de 6,51 à 6,62. Le pH n'est pas une constante, sa valeur peut varier pendant l'allaitement ou sous l'influence de l'alimentation. Pour un lait normal il varie de 6,5 à 6,8 (Luquet, 1985).

L'étude statistique (tableau 9) ne montre aucune variation significative pour la densité entre les races et les valeurs trouvées sont comparables à celles rapportées par Gaddour *et al.* (2013) qui indiquent que la densité du lait varie de 1028 à 1033.

Les valeurs de la teneur en lactose des échantillons de lait analysés se situent dans l'intervalle donné par Labioui *et al.* (2009), mais légèrement inférieures à celles rapportées par AFNOR (1986).

### I.2.3. Extrait sec total et Extrait sec dégraissé

D'après le tableau 9, bien que les valeurs de l'EST ne présentent pas de différence significative entre les races étudiées, l'extrait sec dégraissé (ESD) varie significativement ( $p < 0.05$ ) entre la race Holstein et la race locale avec des moyennes de 79,19 et 84,88g/l respectivement. Les variations des teneurs en ESD dépendront des variations du lactose et de protéine du lait. Selon les données rapportées par Da Cruz *et al.*, (2014), l'extrait sec dégraissé est composé essentiellement de la protéine brute, le lactose et les teneurs en minéraux du lait, le lactose correspond à 52% d'extrait sec dégraissé. Ce qui expliquerait le taux élevé de l'ESD dans le lait de la race locale.

I.2.4. Teneurs en protéines

Dans cette étude, les valeurs des teneurs en protéines des différents échantillons de lait sont similaires en moyenne à celles rapportées par plusieurs auteurs (Coulon *et al.*, 1998 ; Cauty et Perreau, 2002 ; Bony *et al.*, 2005 ; Pešek *et al.*, 2005) qui ont indiqué que pour les races bovines ces valeurs variaient de 31,13 à 33,3 g/kg de lait.

La teneur en protéines est en faveur de la race locale (RL) avec un écart de 2,12 g/l de lait par rapport à la race Holstein (figure 8). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par d'autres auteurs (Chiofalo *et al.*, 2000 ; Pesek *et al.*, 2005 ; Stocco *et al.*, 2017 ; Samková *et al.*, 2018), qui ont comparé les races autochtones à la race Holstein. En outre, la teneur plus élevée en protéines du lait des vaches locales pourrait indiquer que ces vaches ont la capacité de convertir des aliments de mauvaise qualité en protéines du lait (Mapekula *et al.*, 2011).

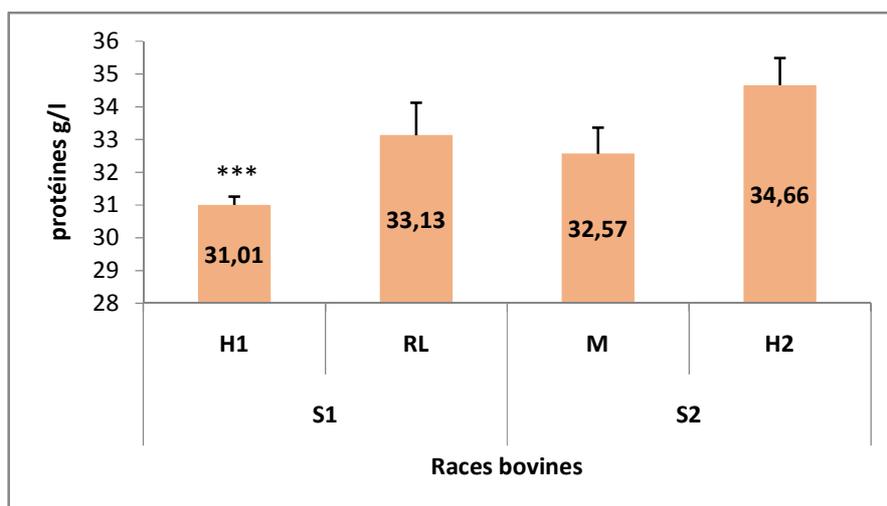


Figure 8 : Variation des teneurs en protéines en fonction de la race (\*\*\*) p < 0.001)

Dans le système intensif, la variation de la teneur en protéines entre les deux races n'a pas révélé de différence significative (figure 8), néanmoins la Holstein produit un lait légèrement plus riche en protéines par rapport à celui de la Montbéliarde dans les mêmes conditions d'élevage. Ces résultats sont en contradiction avec ceux de Meribai (2015), qui a trouvé que la teneur en protéines est plus élevée dans le lait de la race Montbéliarde par rapport à celui de la Holstein.

Le taux protéique du lait est lié à l'apport énergétique dans la ration. Cependant au niveau de la ferme Bessami, les deux races sont alimentées pendant la journée au pâturage ou à l'auge.

Alors qu'il est admis que le pâturage peut diminuer l'aptitude à atteindre des niveaux élevés d'ingestion pour les races très productives, et limitant par la suite leur potentiel productif (Stockdale, 2004).

Selon Ferre (2003), deux problèmes sont rencontrés pour le calcul de la ration avec des animaux au pâturage : d'une part la valeur alimentaire varie rapidement en fonction du temps et d'autre part il est difficile d'estimer la quantité ingérée par les animaux, donc on ne pourra pas estimer exactement l'apport énergétique disponible aux deux races.

### 1.2.5. Teneurs en matières grasses et en acides gras

La figure 9 représente la variation du taux butyreux et celui d'acides gras des laits entre les races étudiées. D'après cette figure on constate que la race locale produit un lait plus riche en MG et en acides gras que celui de la race Holstein avec des écarts de 3,67 g/L et 2,27 g/L respectivement. Néanmoins cette différence n'est pas significative. Ces résultats concordent avec ceux de Pešek et al. (2005) et Hanus et al. (2016) qui ont indiqué aussi que le lait de la race locale (Czech pied cattle ou Czech Fleckvieh) est plus riche en matière grasse que celui de la Holstein.

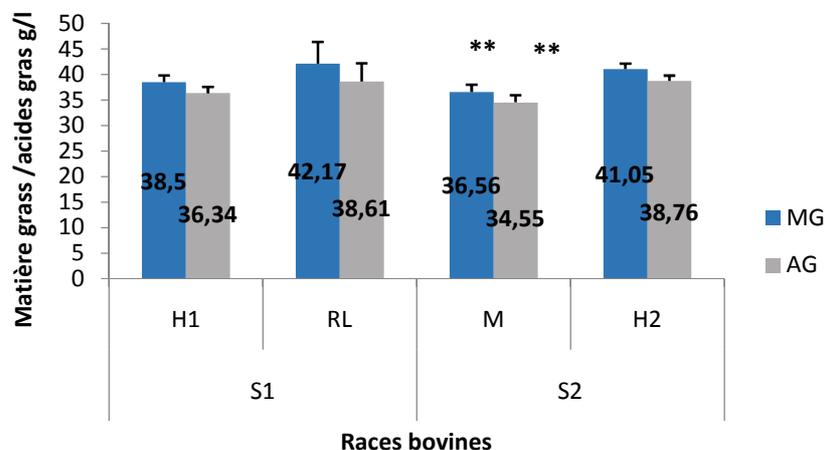


Figure 9 : Variation du taux de la MG et des acides gras en fonction de la race (\*\* :  $p < 0.01$ , MxH2)

Concernant les deux autres races, issues de la ferme Bessami, la MG et le taux d'acides gras sont en faveur de la race Holstein par rapport à la Montbéliarde ( $p < 0.05$ ) avec des écarts de 3,4 g/L et 4,21 g/L, respectivement pour la MG et le taux d'acides gras. De nombreux auteurs

confirment que la race Holstein produit un lait plus riche en matière grasse quand elle est comparée à la Montbéliarde (Cauty et Perrau, 2003 ; Martin et al., 2000). Dans cette études les valeurs de MG se situent dans l'intervalle de 39.8 à 41.9 g/L donné par certains auteurs (Coulon et al., 1998 ; Cauty et Perrau 2002 et Bony et al., 2005) .

#### **1.2.6. Les cellules somatiques**

Le lait cru d'une vache laitière saine, traité dans de bonnes conditions d'hygiène, contient un nombre bas de cellules, allant de 200 000 à 300 000 cellules/cm<sup>3</sup> de lait (Sala, 2008). L'évaluation du nombre de cellules somatiques dans le lait est un indice quantitatif de l'état des mammites et de la qualité du lait des ruminants. C'est donc une bonne mesure de la santé du pis (Millogo et al., 2008 ; Hamed et al., 2012 ; Li et al., 2014).

D'après le tableau 9 les cellules somatiques sont plus élevées dans le lait de la Holstein par rapport à celui de la race locale avec un écart de 85410 cellules somatiques/ml de lait.

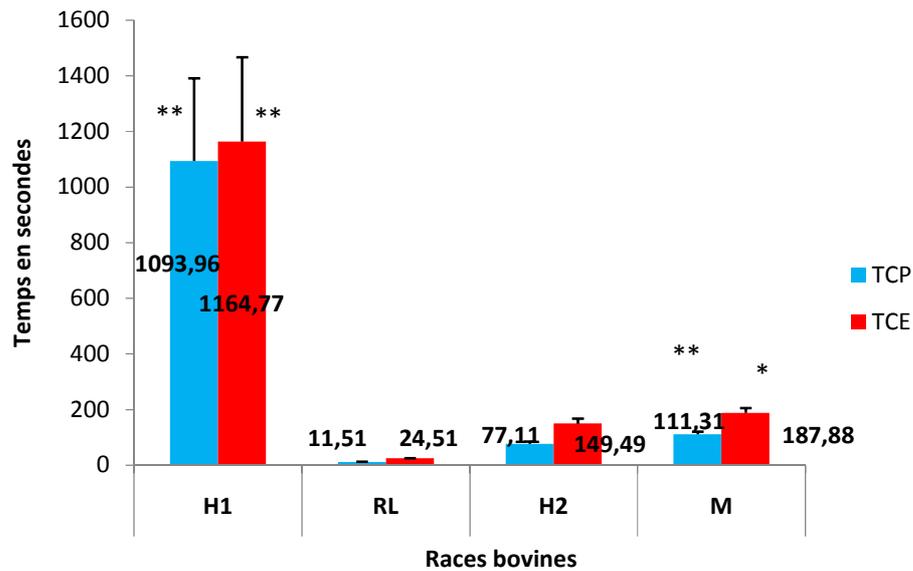
Dans la présente étude le nombre de cellules somatiques évaluées dans les échantillons de lait des deux races comparées (Holstein et vache locale) se situe dans les normes. La faible concentration de ces cellules observées dans le lait des vaches locales ( $P < 0,01$ ) par rapport aux vaches H1 est une conséquence de leur faible rendement laitier et de leur différences génétiques (Hamed et al., 2012). Il est à noter que le niveau inférieur est une norme commune dans de nombreux pays maintenant parce qu'il est accepté qu'un nombre de cellules somatiques au-dessus de 250.000 par ml donnent une forte indication qu'il y a des mammites dans le troupeau, même à un niveau subclinique (Burgess 2010).

#### **1.2.7. Temps de coagulation**

La variation du temps de coagulation évalué avec la présure et la pepsine ovine des différents laits étudiés est présentée dans la figure 10

Comme le montre cette figure, le temps de coagulation est plus apprécié pour le lait de la race locale par rapport à celui de la race Holstein ( $11.51 \pm 0.58$  s et  $24.51 \pm 0.62$  s vs  $1093 \pm 297.5$  s et  $1164.77 \pm 303$  s respectivement pour le TCP et le TCE) en comparant les deux types de race dans les mêmes conditions d'élevage. Alors que dans le cas de la race Montbéliarde et la Holstein en conditions d'élevage intensives le lait de cette dernière coagule plus rapidement ( $77.11 \pm 7.27$  s et  $111.31 \pm 8.53$  s vs  $149.49 \pm 18.25$  s et  $17.81$  s respectivement pour le TCP et le TCE). Ces

différences sont attribuées aux taux de protéines plus élevés dans le lait de la race locale (RL) et celui de la race Holstein (H2), et donc aux teneurs en caséines contenues dans les protéines qui sont plus élevées dans les laits présentant les temps de coagulation plus courts. Ce qui a été confirmé par **Macheboeuf et al. (1993)**, qui ont noté que le taux de caséines explique en partie la variation de l’aptitude à la coagulation.



**Figure 10:** Variation des temps de la coagulation avec la présure (TCP) et l’extarite enzymatique de la pepsine ovine (TCE) en fonction de la race (\*\* :  $p < 0.01$  ; \* :  $p < 0.05$ )

### I.3. Composition en acides gras

Les profils en acides gras des échantillons de lait des groupes de vaches étudiées ont été déterminés par la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. Ils sont présentés dans les tableaux 10 et 11 et les figures 11 et 12.

D’après les résultats de ces tableaux, la race semble avoir un effet mineur sur la variation de la composition de la matière grasse en acides gras. Aucun effet significatif n’a été constaté sur les acides gras saturés entre les races étudiées.

**Tableau 10:** Variation de la composition de la matière grasse en acides gras saturés en fonction de la race

AG (%)	S1		S2		P	
	Moy H1 ± ET	Moy RL ± ET	Moy H2 ± ET	Moy M ± ET	P (H1*RL)	P (H2*M)
C4:0	0.66 ± 0.68	0.66 ± 2.12	0,41 ± 0,14	0,30 ± 0,17	NS	NS
C6:0	0.69 ± 0.42	0.82 ± 0.88	0,59 ± 0,15	0,35 ± 0,16	NS	NS
C8:0	0.47 ± 0.38	0.46 ± 0.39	0,50 ± 0,06	0,59 ± 0,12	NS	NS
C10:0	1.64 ± 1	1.84 ± 0.81	1,63 ± 0,23	1,32 ± 0,38	NS	NS
C12:0	2.55 ± 1.19	2.53 ± 1.08	2,67 ± 0,34	2,08 ± 0,61	NS	NS
C14:0	10.20 ± 2.04	10.71 ± 1.97	10,30 ± 0,49	9,89 ± 1,49	NS	NS
C15:0	0.96 ± 0.42	1.18 ± 0.23	1,33 ± 0,05	1,56 ± 0,11	NS	NS
C16:0	31.16 ± 5.23	30.97 ± 8.00	25,14 ± 3,68	30,63 ± 1,79	NS	NS
C17:0	0.77 ± 0.27	0.82 ± 0.26	1,54 ± 0,40	2,17 ± 0,44	NS	NS
C18:0	13.07 ± 5.49	12.55 ± 6.72	10,71 ± 1,13	10,69 ± 1,28	NS	NS
C20:0	0.48 ± 0.44	0.24 ± 0.27	0,66 ± 0,36	1,65 ± 0,49	NS	NS
C22:0	0.01 ± 0.03	0.04 ± 0.08	0,28 ± 0,13	0,11 ± 0,07	NS	NS

S1 : système extensif ; S2 : système intensif ; Mo ± ET: moyenne ± écart type ; H1 : Holstein 1 ; H2 : Holstein 2 ; RL : race locale ; M : Monbéliarde ; P : probabilité ; NS : non significatifs.

Les teneurs en acides gras saturés (AGS), en acides gras monoinsaturés (AGMI) et en acides gras polyinsaturés (AGPI) déterminées dans notre étude se situent dans les limites rapportées pour ces groupes d'AG par de nombreux auteurs (**Delaby et al., 2001**). En outre, plusieurs auteurs (**Dewhurst et al., 2006 ; Soyeurt et al., 2006 ; Chilliard et al., 2007 ; Ferlay et al., 2008**) ont indiqué que la matière grasse du lait contient généralement une proportion élevée d'AGS (70-75%) et d'AGMI (25-26%), et de petites quantités d'AGPI (4-5%). Les AG les plus abondants dans le lait de toutes les vaches étudiées sont l'acide palmitique (C16:0) et l'acide oléique (C18:1 n-9 cis), qui représentent environ 50 % de la teneur en AG.

**Tableau 11:** Variation de la composition de la matière grasse du lait en acides gras insaturés

	S1		S2		P	
<b>AG (%)</b>	Moy H1 ± ES	Moy RL ± ES	Moy H2 ± ES	Moy M ± ES	H1*RL	H2 *M
<b>AGMI</b>						
C12 :1	0.06 ± 0.072	0.04 ± 0.057	0,05 ± 0,021	0,08 ± 0,05	NS	NS
C14 :1	0.93 ± 0.33	0.73 ± 0.47	1,34 ± 0,13	1,3 ± 0,21	NS	NS
C15 :1	0.48 ± 0.37	0.27 ± 0.18	0,63 ± 0,19	0,40 ± 0,13	*	NS
C16 :1	1.91 ± 0.78	1.94 ± 1.15	4,71 ± 1,77	2,95 ± 0,97	NS	NS
C17 :1	0.59 ± 0.18	0.46 ± 0.36	1,27 ± 0,7	0,69 ± 0,13	NS	NS
C18 :1	24.63 ± 5.17	24.41 ± 5.59	22,16 ± 2,9	26,48 ± 1,83	NS	NS
C18 :1 t11 (VA)	1.09 ± 2.65	0.58 ± 0.75	1,79 ± 1,09	0,67 ± 0,22	NS	NS
C20 :1	0.32 ± 0.42	0.23 ± 0.32	0,5 ± 0,22	0,82 ± 0,37	NS	NS
<b>AGPI</b>						
C18 :2n-6 (LA)	2.23 ± 0.75	2.73 ± 0.93	1,83 ± 0,46	2,17 ± 0,52	NS	NS
C18 :2 RA	0.29 ± 0.26	0.34 ± 0.38	-	-	NS	-
C18:3n-3 (ALA)	1.22 ± 1.03	0.72 ± 0.95	0,93 ± 0,59	1,1 ± 0,41	NS	NS
C18:3n-6	0.20 ± 0.24	0.13 ± 0.28	-	-	NS	-
C20:3n-6	0.18 ± 0.26	0.07 ± 0.13	-	-	NS	-
C20:3n-3	0.06 ± 0.1	0.07 ± 0.13	-	-	NS	-
C20:4n-6	0.02 ± 0.04	0.02 ± 0.05	-	-	NS	-
<b>Groupes des AG</b>						
∑n-6	2.43 ± 0.74	2.82 ± 0.98	1,83 ± 0,46	2,17 ± 0,52	NS	NS
∑n-3	1.29 ± 1.11	0.8 ± 0.96	0,93 ± 0,59	1,1 ± 0,41	NS	NS
n-6:n-3	2.88 ± 3.67	7.26 ± 6.13	7,05 ± 3,04	6,67 ± 3,16	*	NS

S1 : système extensif ; S2 : système intensif ; Mo ± ET: moyenne ± écart type ; H1 : Holstein 1 ; H2 : Holstein2 ; RL : race locale ; M : Montbéliarde ; P : probabilité ; NS : non significatif ; \* : P < 0.05 ; AG : acides gras ; VA : acide vaccénique ; LA : acide linoléique ; RA : acide ruménique ; ALA : acide alpha linoléique ; ∑n-6 : somme des omégas 6 ; ∑n-3 : somme des omégas 3, \* : P < 0.05).

L'effet de la race est négligeable (tableau 11) pour expliquer la variation des proportions d'acides gras entre les races, à l'exception du C15:1 (l'acide pentaénoïque) et du rapport n-6 : n-3 (P < 0,05). De nombreux auteurs indiquent que les teneurs de la plupart des acides gras

individuels ne diffèrent pas considérablement entre les races et signalent que l'effet de la race sur les profils en acides gras est mineur par rapport aux effets des conditions d'alimentation et d'élevage prévalant dans la zone géographique étudiée (Pesěk *et al.*, 2005 ; Ferlay *et al.*, 2008 ; Hanuš *et al.*, 2016 ; Samková *et al.*, 2018).

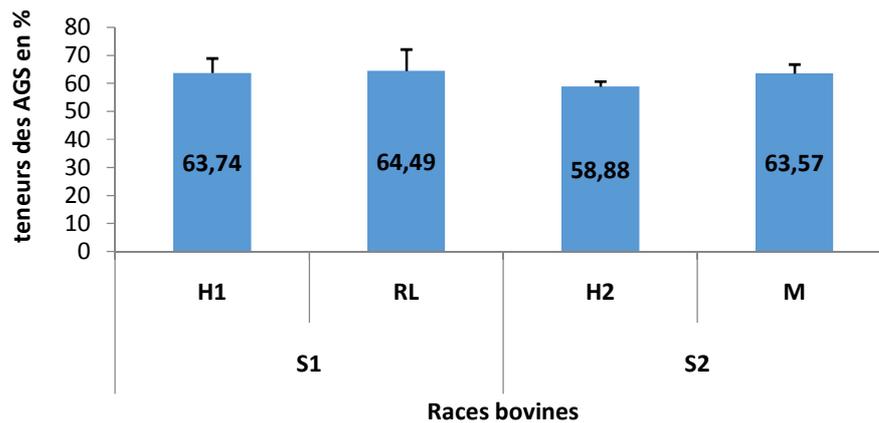


Figure 11: Variation du groupe des AGS en fonction de la race

La comparaison entre les deux races : Montbéliarde et la Holstein n'a révélé aucun effet significatif entre les acides gras composant leurs laits (tableau 10 et 11).

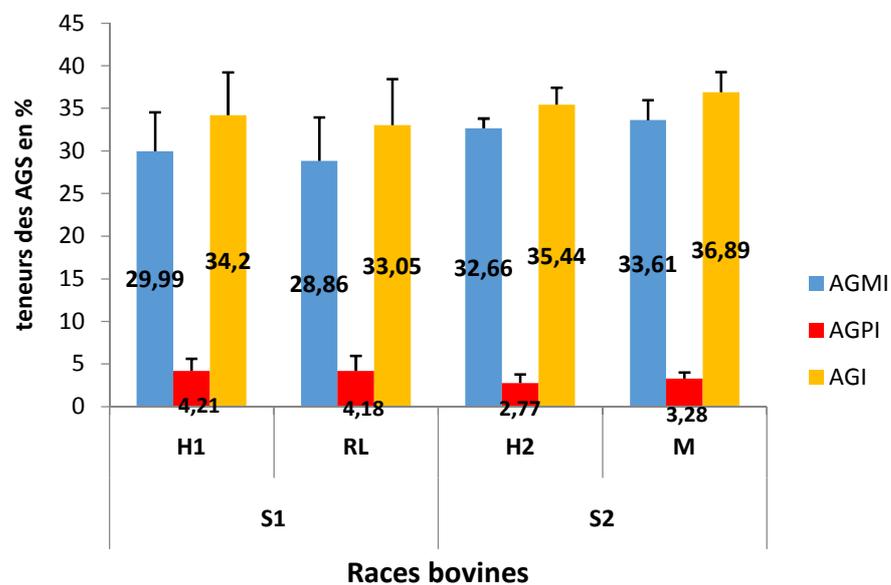


Figure 12 : Variation des groupes d'acides gras insaturés en fonction de la race

## II. Effet du stade de lactation sur la production et la qualité du lait

L'évolution de la composition du lait pendant toute la période de lactation semble correspondre à l'évolution des besoins du nourrisson en pleine croissance, en apportant différentes quantités de composants importants pour l'apport en nutriments. Les variations de la production et de la composition du lait sous l'effet du stade de lactation ont fait l'objet de nombreux travaux. Il en ressort que les teneurs en matières grasses et en protéines évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont maximales au cours des premiers jours de lactation, minimales durant les deuxièmes et troisièmes mois et s'accroissent ensuite jusqu'à la fin de lactation.

Cette évolution est due à l'avancement du stade de gestation qui diminue la persistance de la production laitière (Coulon *et al.*, 1991).

La lactation selon Klei *et al.* (1997) est répartie en trois périodes : début (1 à 99 j), milieu (100 à 199 j), et fin de lactation (200 à 299 j).

### II.1. Effet du stade de lactation sur la quantité et la qualité physico-chimique du lait

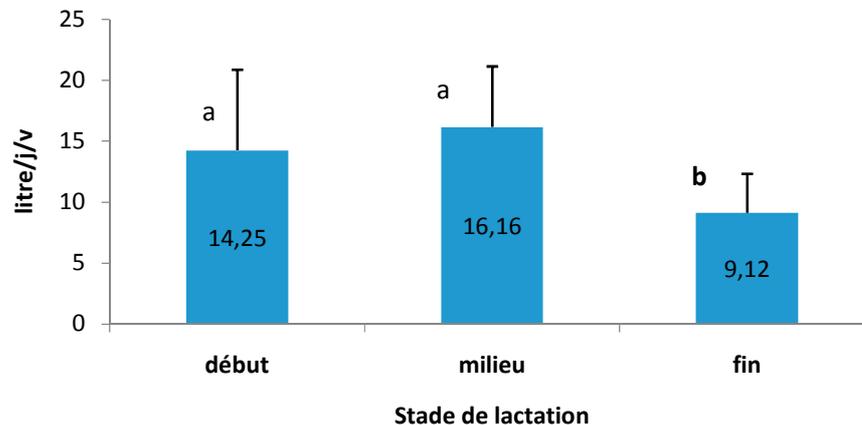
Les résultats des analyses des échantillons de lais prélevés à partir des 3 lots de vaches réparties selon leur stade de lactation sont présentés dans le tableau 12 et les figures 13, 14, 15 et 16.

D'après l'analyse de variance (ANOVA à un facteur) les résultats ont montré un effet très significatif sur la quantité de lait produite par les vaches et le temps de coagulation du lait évalué par la présure ( $p < 0,01$ ), ainsi qu'un effet significatif sur le temps de coagulation évalué par l'extrait enzymatique ( $p < 0,05$ ). Par contre aucune influence significative n'a été constatée sur les autres paramètres (pH, EST, ESD, TB, AG, et TP) bien que leurs valeurs varient légèrement d'un stade de lactation à un autre.

#### II.1.1. Effet du stade de lactation sur la quantité de lait produite

L'influence du stade de lactation sur la production laitière est en accord avec l'évolution de la courbe théorique de lactation. Après s'être déclenchée sitôt le vêlage, la production laitière commence par s'accroître au début de lactation ( $14,25 \pm 6,61$  Kg/j), jusqu'à atteindre son pic ( $16,16 \pm 4,96$  Kg/j) puis diminue jusqu'à atteindre  $9,12 \pm 3,19$  Kg/j en fin de lactation.

La figure 13 illustre la variation de la production journalière laitière individuelle en fonction du stade de lactation.



**Figure 13** : Variation de la production laitière en fonction du stade de lactation

Ces résultats concordent avec ceux de nombreux auteurs (**Soltner 1993 ; Sekerden, 2002 ; Choumei et al., 2006 ; Abdelaziz et al., 2013**) qui ont rapporté que la production de lait augmente progressivement à partir de la date du vêlage et que la production la plus élevée est observée au 2<sup>ème</sup> stade, après quoi la production diminue jusqu’au tarissement.

Dans ce sens **Rossi et al, (2012)** ont aussi constaté que la production laitière diminue avec l’avancement de la lactation. En effet, la production laitière diminue au bout de 4 mois de gestation, sous l’effet des œstrogènes placentaires et leur inhibition à la sécrétion de la prolactine (**Bocquier 1985, Tucker 1985**).

### II.1.2. Le pH, EST et ESD

D’après le tableau 12 les valeurs du pH restent stables jusqu’à la fin de lactation (**Coulon et al., 1991**) et se rapprochent dans les 3 stades de lactation en se situant entre 6,44 et 6,72. Elles sont comprises dans un l’intervalle conforme aux normes fixées pour le lait frais, et sont liées à l’état de fraîcheur du lait.

**Tableau 12:** Résultats des analyses statistiques de l'effet du stade de lactation sur le pH et la matière sèche du lait

Variable	Moy stade 1 ± ET	Moy stade 2 ± ET	Moy stade 3 ± ET	P
pH.	6.57 ± 0.06	6.59 ± 0.13	6.56 ± 0.12	NS
EST (g/l)	121.16 ± 7.60	121.12 ± 9.50	124.56 ± 11.34	NS
ESD (g/l)	83.84 ± 7.79	81.17 ± 8.06	85.39 ± 11.47	NS

Moy ± ET : moyenne ± écart type

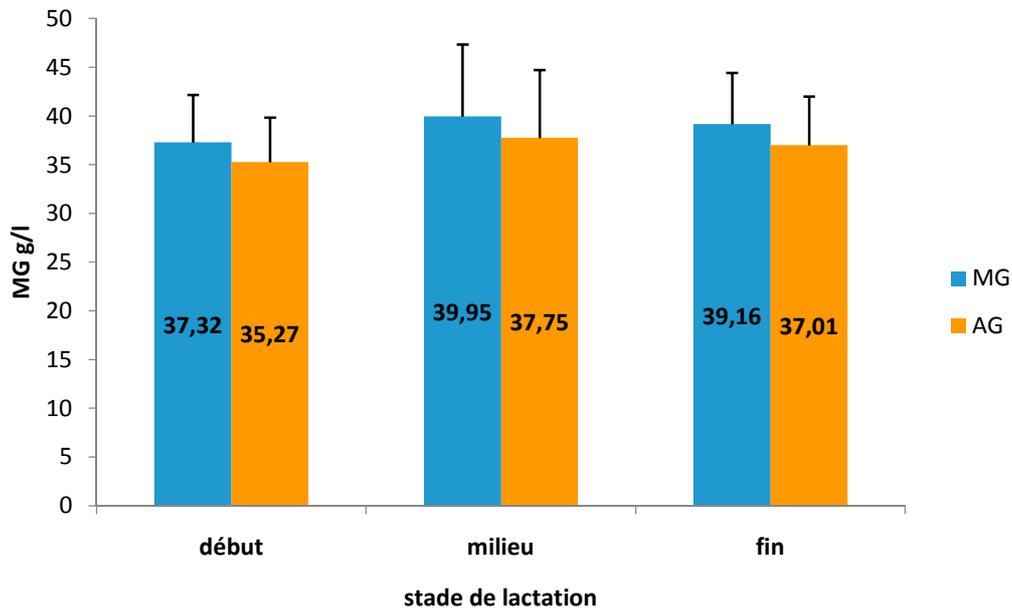
La matière sèche totale ou extrait sec total peut nous renseigner sur la valeur nutritive du lait, c'est le produit résultant de la dessiccation du lait. Sa teneur varie entre 125 g/l à 135 g/l (**Alais et al., 2003 ; Vierling, 2008**)

Le stade de lactation n'a aucun d'effet significatif sur la matière sèche totale et dégraissée ( $p > 0,05$ ), néanmoins leurs valeurs qui étaient de  $121,16 \pm 7,9$  g/l et  $83,84 \pm 7,79$  g/l respectivement pour l'EST et l'ESD au premier stade tendent à diminuer légèrement au milieu de lactation ( $112,12 \pm 9,5$  g/l et  $81,17 \pm 8,06$  g/l) pour atteindre leurs maximums en fin de lactation ( $124,56 \pm 11,34$  g/l et  $85,39 \pm 11,47$  g/l). Au cours des trois stades de lactation, les écarts constatés sont en faveur du 3<sup>ème</sup> stade, ce qui est en accord avec la littérature.

**Kedziersk-Matysek et al, (2011)**, dans une étude réalisée sur plusieurs races bovines ont aussi constaté que l'extrait sec total n'est pas influencé statistiquement par le stade de lactation bien que ses valeurs évoluent avec l'avancement du stade physiologique et varient de  $126,3 \pm 13,4$  g/l (dans les premiers mois de lactation) à  $131,6 \pm 15,8$  g /l (vers la fin de lactation). L'ESD suit la même variation que l'EST, il est plus élevé en fin de lactation qu'au début (**Dias et al., 2017**).

### II.1.3. Effet du stade de lactation sur la teneur en matière grasse du lait

La figure 14 montre les variations des teneurs en matières grasses et en acides gras des laits analysés en fonction du stade de lactation.



**Figure 14 :** Variation de la matière grasse et des acides gras en fonction du stade de lactation

Le taux butyreux est un critère relativement variable d'un jour à l'autre, car il est fortement lié à la traite, et il est parmi les solides du lait le plus rapidement modifiable par l'alimentation, ainsi donc les effets attribués au stade de lactation sont souvent confondus avec ceux de la saison et de l'alimentation (Coulon, 2005). Dans cette étude la teneur en matière grasse des différents laits analysés est comprise dans l'intervalle donné par Mac Gibbon et Taylor, (2006) qui ont rapporté que le taux butyreux peut varier d'environ 3,0 à 6,0 %, mais est typiquement compris entre 3,5 et 4,7 %.

Selon Stoll (2003), la matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (comme le sucre de la betterave).

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

Sur la figure 14 relative aux variations du taux de matières grasses et de leurs teneurs en acides gras, on constate une évolution progressive de ce taux au fur et à mesure de l'avancement de la lactation, avec une moyenne de  $37,32 \pm 4,86$  g/l au début et  $39,95 \pm 7,42$  g/l au milieu, pour se stabiliser à  $39,16 \pm 5,29$  g/l en fin de lactation.

Bien que cette évolution au cours de la lactation ne présente aucune variation significative entre les 3 stades physiologiques, la teneur en MG décline après le vêlage et atteint son nadir lorsque les vaches sont entre 40 à 60 jours post-partum, avec une légère augmentation journalière par la suite (Walker et al., 2004).

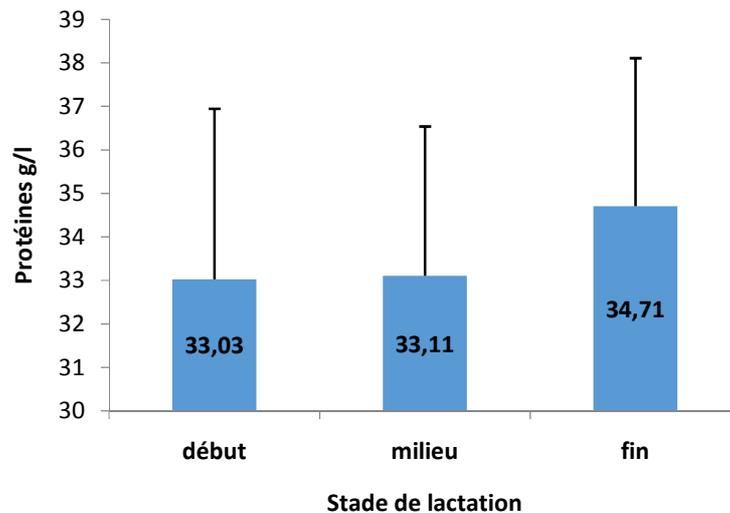
Nos résultats sont relativement en accord avec ceux de nombreux auteurs (Schultz et al., 1990 ; Agabriel et al., 1990 ; Croguennec et al., 2008) pour le début et le milieu de lactation, qui ont noté que le taux butyreux diminue en début de lactation pour atteindre un minimum au bout d'environ 6 semaines, puis remontent progressivement. Cet effet du stade de lactation sur la teneur en MG du lait peut être le résultat de la variation dans le bilan énergétique chez la vache (Walker et al., 2004).

#### II.1.4. Effet du stade de lactation sur la teneur en protéine du lait

Les résultats obtenus sur les teneurs en protéines en fonction du stade de lactation montrent que ce dernier varie légèrement entre les 3 phases de lactation et la différence est non significative. Conformément aux données de la littérature, les protéines diminuent pendant les deux premiers mois suivant le vêlage, puis augmentent par la suite jusqu'à la fin de lactation (Agabriel et al., 1990 ; Block et al., 1998).

La figure 15 reflète la variation de la teneur en protéine au cours des 3 stades de lactation, en effet elle est minimale au début ( $33,03 \pm 3,92$  g/l), plus ou moins stable au milieu de lactation ( $33,11 \pm 3,43$  g/l), atteint son maximum en fin de lactation ( $34,71 \pm 3,4$  g/l). Des résultats similaires ont été trouvés par Rossi et al. (2012) qui ont observé que la teneur en protéines augmente pendant la lactation. Ces résultats s'expliquent par la diminution de la production laitière en fin de lactation, ce qui fait que les teneurs en protéines restent plus concentrées.

Selon Beever et al. 2001, Après le vêlage, la teneur en protéines du lait est la plus haute et descend pour atteindre son minimum au milieu de lactation puis va augmenter à nouveau graduellement jusqu'à la fin.



**Figure 15** : Variation du taux protéique en fonction du stade de lactation

#### II.1.5. Effet du stade de lactation sur les temps de coagulation

Dans de grands pays producteurs de lait, une grande proportion de la production laitière est destinée à la fabrication du fromage (Jôudu *et al.*, 2008), cependant l'aptitude à la coagulation du lait est un des facteurs déterminants de la quantité de fromage produite et de sa qualité, elle dépend en partie de la composition chimique du lait (Macheboeuf *et al.*, 1993).

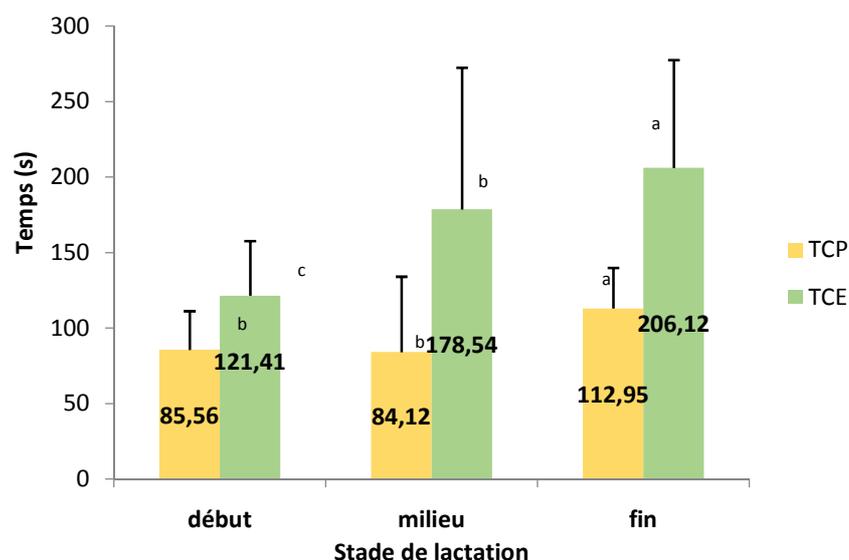
Les effets du stade de lactation et de la saison sur les paramètres d'aptitude à la coagulation du lait de vache n'ont fait l'objet que d'un nombre réduit d'études, portant pour la plupart sur le seul temps de coagulation du lait (apprécié soit par l'observation visuelle de l'apparition des premiers flocons après emprésurage du lait soit par la mesure de l'évolution de la viscosité du lait après emprésurage, à l'aide d'un formagraphe) (Coulon *et al.*, 1991).

L'aptitude à la coagulation exprimée dans notre étude par le temps de coagulation, a enregistré des différences significatives entre les 3 stades de lactation ( $P < 0,05$  et  $P < 0,01$  respectivement pour la pepsine ovine et la présure). La figure 16 illustre les variations des temps de coagulation en présence de l'extrait de pepsine ovine (TCE) et de présure commerciale (TCP) du lait en fonction du stade de lactation.

Sur cette figure nous constatons que les temps de coagulation évalués avec les deux agents coagulants (la présure et la pepsine ovine) sont plus appréciés pour le lait du premier stade ( $121,41 \pm 36,18$  s et  $85,56 \pm 25,66$  s respectivement pour le temps à la pepsine ovine et à la présure) suivi par ceux du 2<sup>ème</sup> stade ( $178,54 \pm 93,88$  s et  $84,12 \pm 49,93$  s), puis par ceux du 3<sup>ème</sup> stade de lactation qui présente les temps de coagulation les plus longs ( $206,12 \pm 71,48$  s et  $112,95 \pm 26,99$  s).

Ces résultats sont similaires à ceux de **Benmalle**, (2012), qui a constaté que les temps les mieux appréciés sont au cours du premier stade et du deuxième stade pour le lait des vaches Holstein, et Montbéliarde. Cependant ils ne concordent pas avec ceux de **Coulon et al.** (1991), qui ont rapporté dans leurs travaux que le temps de coagulation augmente en début de lactation, reste stable en milieu et diminue en fin de lactation.

Selon les mêmes auteurs cette évolution peut être mise en relation avec le rapport Ca/N ou sont liées en grande partie à celle du pH, en effet, une liaison négative étroite entre le pH du lait et les différentes caractéristiques d’aptitude à la coagulation du lait est souvent rapportée par les autres auteurs.



**Figure 16** : Variation du temps de coagulation évalué par la présure (TCP) et l’extrait de la pepsine ovine (TCE) en fonction du stade de lactation

L'aptitude à la coagulation ne semble pas être due à sa teneur en protéines ou aux autres caractéristiques de la qualité analysées dans cette étude mais elle est due à d'autres aspects non abordés. Selon **Demarchi et al. 2007**, plusieurs facteurs autre que la teneur en protéines peuvent influencer l'aptitude du lait à la coagulation comme la teneur en caséines, le variant caséine  $\kappa$ , et la teneur en calcium. La variation dans la composition du lait est parmi les principaux facteurs qui influencent les propriétés de la coagulation enzymatique du lait (**Wedholm et al., 2006**).

Par ailleurs d'après **Coulon et al. (1991)**, les laits de fin de lactation présentent une aptitude à la coagulation médiocre mais variable selon la période de l'année, en effet quand ces laits sont prélevés en hiver, automne et été, ils ne coagulent pas en présence de présure. Le même cas a été observé dans cette étude où le temps de coagulation est plus long en fin de lactation en coïncidant avec la période d'automne.

#### II.1.6. Effet du stade de lactation sur la composition de la matière grasse en acides gras

La composition de la matière grasse en acides gras du lait de chaque stade de lactation étudié a été déterminée par chromatographie en phase gazeuse. Les résultats de l'analyse statistique sont présentés dans les tableaux 13 et 14.

Selon l'analyse statistique de variance (ANOVA à un facteur) le stade de lactation aurait un effet significatif ( $p < 0,05$  et  $p < 0,01$ ) uniquement sur quelques acides gras qui sont en faveur du lait issu du 1<sup>er</sup> stade de lactation ( $0,76 \pm 0,19$  % ;  $2,28 \pm 0,31$  % ;  $3,57 \pm 0,51$  % et  $0,16 \pm 0,05$  % pour C :4 ; C10 :0 ; C12 :0 ; C11 :0 respectivement) excepté pour le C22 :0 dont la proportion est plus élevée dans celui du 2<sup>ème</sup> stade de lactation ( $0,38 \pm 0,18$  %).

Par ailleurs bien que l'influence du stade de lactation n'est pas significative sur les autres acides gras saturés (tableau 13), les résultats montrent que ceux du C4 :0 à C14 :0 sont plus élevés dans le lait du 1<sup>er</sup> stade. De même pour la somme des AGS qui présente une teneur de  $63,38 \pm 5,33$  % au début de lactation contre  $61,25 \pm 2,29$  % et  $59,05 \pm 1,78$  % pour le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> stade respectivement.

Nos résultats concordent avec ceux de **Stoop et al. (2009)** qui ont indiqué dans leurs travaux que la proportion des acides gras saturés de courtes et moyenne chaîne (C6 :0 – C14 :0) augmente dans les premiers mois de lactation, alors que celle du C16 :0 est plus importante au milieu de lactation, ce qui a été confirmé dans notre étude.

Contrairement pour le C18 :0, les mêmes auteurs indiquent qu'il diminue au milieu de lactation progressivement jusqu'à la fin.

**Tableau 13 :** Variation de la composition en acides gras saturés en fonction du stade de lactation

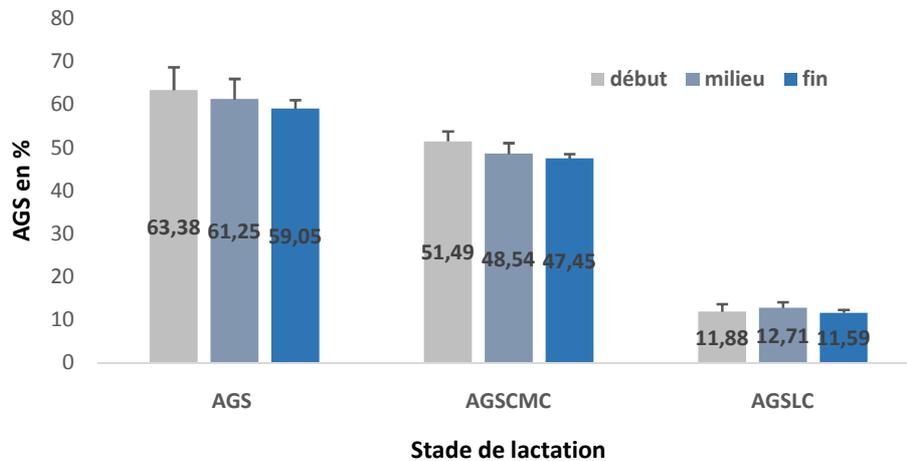
AG (%)	Moy stad lac 1 ± ET	Moy stad lac 2 ± ET	Moy stad 3 ± ET	P
C4:0	0,76 ± 0,19 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,08 <sup>b</sup>	0,13 ± 0,04 <sup>b</sup>	*
C6:0	0,78 ± 0,26	0,20 ± 0,11	0,42 ± 0,08	NS
C8:0	0,70 ± 0,08	0,56 ± 0,16	0,39 ± 0,031	NS
C10:0	2,28 ± 0,31 <sup>a</sup>	0,99 ± 0,31 <sup>c</sup>	1,16 ± 0,04 <sup>b</sup>	*
C11:0	0,16 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,08 ± 0,04 <sup>c</sup>	**
C12:0	3,57 ± 0,51 <sup>a</sup>	2,02 ± 0,22 <sup>b</sup>	1,53 ± 0,51 <sup>c</sup>	*
C13:0	0,34 ± 0,26	0,17 ± 0,06	0,08 ± 0,03	NS
C14:0	12,15 ± 1,86	8,53 ± 0,48	9,61 ± 0,43	NS
C15:0	1,58 ± 0,18	1,35 ± 0,08	1,39 ± 0,07	NS
C15:0 iso	0,69 ± 0,02	0,60 ± 0,15	0,62 ± 0,16	NS
C16:0	23,64 ± 5,7	30,68 ± 2,63	29,34 ± 0,85	NS
C16:0 Iso	1,92 ± 1,39	0,23 ± 0,08	0,58 ± 0,18	NS
C17:0	1,83 ± 0,97	0,45 ± 0,1	0,65 ± 0,13	NS
C17:0 Iso	2,29 ± 0,37	2,21 ± 0,74	1,08 ± 0,06	NS
C18:0	10,47 ± 2,14	10,84 ± 1,39	10,79 ± 0,89	NS
C20:0	1,41 ± 0,39	1,49 ± 0,86	0,57 ± 0,33	NS
C22:0	0	0,38 ± 0,18 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,09 <sup>b</sup>	*

Moy stad lac ± ET : moyenne stade de lactation ± écart type ; NS : non significatif ; \* : P < 0.05 ;

\*\* : P < 0.01 ;

Dans ce sens l'effet du stade de lactation est bien constaté sur la proportion des acides gras à courte et moyenne chaîne qui augmente au cours des 2 premiers mois de lactation (**Decaen et Adda 1970, Chilliard et al., 1981**).

La figure 17 illustre la variation des acides gras saturés en fonction du stade de lactation.



**Figure 17:** Variation de la teneur en groupes d’acides gras saturés en fonction du stade de lactation

Dans les travaux de **Castillo et al. (2006)**, le lait issu des vaches en début de lactation était associé à plus d’AGSCMC par rapport au lait provenant des vaches en milieu et fin de lactation. Selon **Esvan et al. (2010)**, les acides gras saturés augmentent en début de lactation pour atteindre un plateau avant de décroître en fin de lactation.

Cependant d’après **Samkova et al. (2018)**, la proportion d’acides gras en C4 à C14 a culminé pendant le deuxième tiers de la lactation, tandis que les acides gras avec un nombre  $\geq 18$  carbones étaient à leur niveau minimum.

En début de lactation, les animaux sont généralement en déficit énergétique, ce qui entraîne une mobilisation des réserves corporelles adipeuses et ainsi une mobilisation des acides gras, en particulier à longue chaîne. Il a été observé que la teneur en AGS du lait de vache augmente jusqu’au 85e jour de lactation, puis diminue progressivement pendant environ 200 jours (**Martin et al., 2014**).

Le tableau 14 présente les variations en acides gras insaturés entre les 3 stades de lactation.

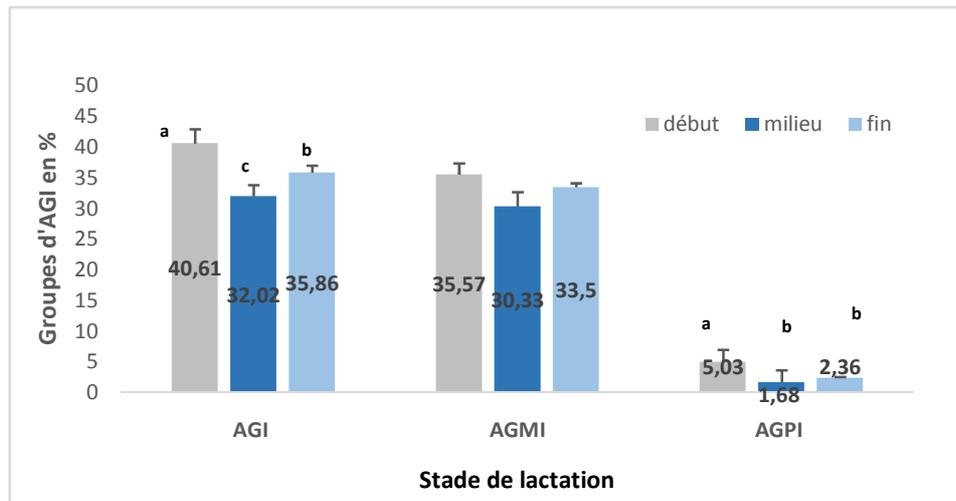
**Tableau 14 :** Variation de la composition en acides gras insaturés du lait en fonction du stade de lactation

AG (%)	Moy stad 1 ± ET	Moy stas 2 ± ET	Moy stad 3 ± ET	P
C12 :1	0,02 ± 0,02	0,13 ± 0,06	0,04 ± 0,02	NS
C14 :1	1,46 ± 0,33	1,18 ± 0,16	1,33 ± 0,09	NS
C15 :1	0,56 ± 0,31	0,31 ± 0,15	0,67 ± 0,11	NS
C16 :1	7,68 ± 1,86 <sup>a</sup>	1,77 ± 0,26 <sup>b</sup>	2,03 ± 0,18 <sup>b</sup>	*
C17 :1	0,67 ± 0,43	0,46 ± 0,16	0,82 ± 0,04	NS
C18 :1	20,12 ± 4,03	25,13 ± 2,29	27,73 ± 1,61	NS
C18 :1 t11 (VA)	2,88 ± 1,41 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,07 <sup>b</sup>	0,54 ± 0,22 <sup>b</sup>	*
C20 :1	0,83 ± 0,24	0,75 ± 0,56	0,41 ± 0,27	NS
C18 :2n-6 (LA)	3,27 ± 0,40 <sup>a</sup>	0,92 ± 0,17 <sup>c</sup>	1,81 ± 0,34 <sup>b</sup>	***
C18:3n-3 (ALA)	1,76 ± 0,83	0,76 ± 0,57	0,54 ± 0,16	NS
∑n-6	3.27 ± 0.40 <sup>a</sup>	0.92 ± 0.17 <sup>c</sup>	1.81 ± 0.34 <sup>b</sup>	**
∑n-3	1.76 ± 0.83	0.76 ± 0.57	0.54 ± 0.16	NS
n-6:n-3	5.44 ± 3.33	8.77 ± 4.55	6.37 ± 3.81	NS

D’après le tableau 14, le stade de lactation semble avoir un effet significatif ( $p < 0,05$ ) sur les acides gras mono-insaturés : C16 :1 (acide palmitoléique), et le C18 :1t11 (acide vaccénique). De même qu’il a un effet hautement significatif sur l’acide linoléique ( $p < 0,001$ ), et très significatif sur la somme des  $\omega 6$  ( $p < 0,01$ ). Contrairement à ce qui a été rapporté par **Martin et al. (2014)**, en indiquant que les AGPI restent relativement stables au cours de la lactation.

Cependant bien que les autres acides et groupes d’acides gras insaturés ne varient pas significativement en fonction du stade, on constate dans l’ensemble qu’ils sont plus élevés au début de lactation.

La figure 18 illustre les variations en acides gras mono-insaturés, acides gras polyinsaturés et la somme des acides gras insaturés en fonction du stade de lactation.



**Figure 18** : Variation des groupes d’acides gras insaturés dans le lait en fonction du stade de lactation

Les AGI sont en faveur du début de lactation et présentent donc un minimum au milieu de la lactation pour augmenter dans les derniers mois de lactation comme il a été indiqué par **Stoop et al. (2009)**.

La matière grasse est un constituant variable majeur du lait et sa composition est influencée par différents facteurs (**Schwendel et al., 2015**). Le groupe des facteurs liés aux animaux comprend la race, la parité, le stade de lactation (exprimé en jours de lactation, en semaines ou en mois) ou le rendement et la composition du lait. En fonction du stade de lactation les changements les plus importants se produisent particulièrement pendant le premier tiers de la lactation (jours 0-100) et sont liés aux modifications de l’état énergétique de la vache (**Samkova et al., 2018**).

Selon **Soyeurt et gengler (2006)** la matière grasse typique du lait de vache est composée de 70% d’AGS, 25% d’AGMI et 5% d’AGPI, or ce qui n’est pas le cas dans la présente étude où la part des AGS ne dépasse pas 68,71%, alors que celle AGMI évoluent au dépens de ces derniers en culminant aux environs de 37% et celle des AGPI n’atteint le seuil de 5% qu’au début de lactation.

Dans ce sens **Debry (2005)**, a rapporté qu'au cours de la lactation, la diminution de la teneur en acides gras à chaîne courte est compensée par l'augmentation de la teneur en acides gras à chaîne moyenne.

### III. Effet du numéro de lactation sur la qualité du lait

Les différences de composition du lait entre la 1<sup>ère</sup> lactation et les suivantes semblent d'autant plus importantes que la 1<sup>ère</sup> mise-bas intervient précocement, lorsque les animaux sont encore en croissance. Il est admis que les taux butyreux et protéique sont d'un niveau à peu près identique au cours des quatre premières lactations. Le lait s'appauvrit ensuite, et ce d'autant plus que l'état de la mamelle aura été éventuellement dégradé sous l'effet cumulé de mammites. La teneur en lactose tend aussi à décroître avec le nombre de lactations (Sibra, 2014).

#### III.1. Effet du numéro de lactation sur la qualité du lait

L'analyse statistique effectuée à l'aide du test t de Student (tableau 15, figure 19, 20, et 21) nous a permis d'étudier l'effet du numéro de lactation sur la composition physicochimique du lait. La présente étude nous a permis de constater que la variation entre les différents paramètres analysés entre les deux rangs de lactation n'a été significative ( $p < 0.05$ ) que dans le cas de l'acide gras C14 :1 (l'acide myristoléique) (tableau 16).

##### III.1.1. Effet du numéro de lactation sur le pH, l'acidité, l'extrait sec total, et l'extrait sec dégraissé :

La matière sèche peut nous renseigner sur la valeur nutritive du lait, c'est le produit résultant de la dessiccation du lait. Les valeurs trouvées sont conformes aux normes AFNOR (1986). Sa teneur varie entre 125g/l à 135g/l (Alais et al., 2003).

Comme le montre le tableau 15 le numéro de lactation n'a pas d'effet significatif sur la matière sèche. En effet les valeurs trouvées sont de  $125.39 \pm 9.19$  g/l et  $126.26 \pm 10.05$  g/l pour l'EST et  $91.32 \pm 5.12$  g/l et  $90.47 \pm 5,71$  g/l pour l'ESD respectivement pour les pimpatres et les multipares. Les écarts constatés sur la matière sèche peuvent s'expliquer par les variations des taux butyreux et protéique.

**Tableau 15:** Variation du pH, acidité et matière sèche du lait en fonction du numéro de lactation

Paramètres physico-chimiques	Moy Num 1 ± ET	Moy Num 2 ± ET	P
pH	6,58 ± 0,1	6,53 ± 0,09	NS
Acidité (°D)	16,33 ± 1,28	16,88 ± 1,23	NS
EST (g/l)	125,39 ± 9,19	126,26 ± 10,05	NS
ESD (g/l)	91,32 ± 5,12	90,47 ± 5,71	NS

Moy Num ± ET : moyenne numéro de lactation ± écart type ; EST : extrait sec total ; ESD : extrait sec dégraissé.

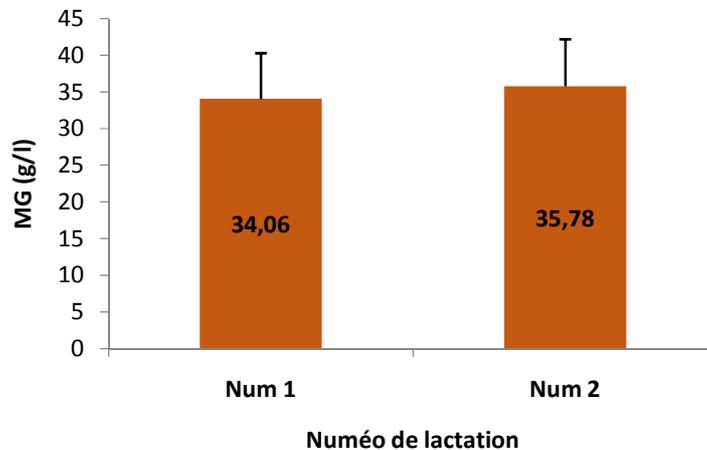
Dans ce sens **Groguennec et al. (2008)**, ont indiqué que l’augmentation ou la diminution de l’extrait sec dans le lait est en relation directe avec la variation notamment du taux protéique et du taux butyreux.

Le numéro de lactation n’a pas d’effet significatif sur l’acidité et le pH du lait qui sont assez stables pour les deux numéros de lactation. Selon **Vignola (2002)** l’acidité varie entre 15°D et 17°D, et au maximum 18°D pour un lait frais (**JORA, 1993**). Elle est sensible surtout à la conduite d’élevage, l’hygiène et à l’état de santé de l’animal. Les valeurs de pH enregistrées dans cette étude sont :  $6.58 \pm 0.1$  et  $6.53 \pm 0.09$  alors que celles de l’acidité sont :  $16.33 \pm 1.28$  et  $16.88 \pm 1.23$ °D respectivement pour les primipares et les multipares.

Ces résultats concordent avec ceux de **Meribai (2015)**, qui n’a pas trouvé de variations significatives en pH, acidité, EST et ESD dans le lait entre les différents rangs de lactation étudiés pour les deux races : Holstein et la Montbéliarde.

### III.1.2. Effet du numéro de lactation sur la matière grasse

La figure 19 illustre la variation de la matière grasse dans le lait des deux lots de races en fonction du numéro de lactation.



**Figure 19** : Variation de la MG en fonction du numéro de lactation  
Num1 : primipares ; Num 2 : multipares

Les matières grasses obtenues pour les deux lots de vaches sont comprises dans l'intervalle rapporté par **Amiot et al. (2002)**, en effet ces derniers donnent des limites de variations entre 2,4% à 5,5%. Ces valeurs sont aussi conformes à celles enregistrées par **Sébédio, (2008)** qui estime que le lait de vache contient entre 30 g/l et 50 g/l de la matière grasse laitière.

Dans cette étude le numéro de lactation n'a pas d'effet significatif sur la variation de la matière grasse entre les deux lots de vaches. Les légères différences constatées sur la figure 19 sont en faveur des multipares. Toutefois les travaux de **Macheboeuf et al. (1993)**, sur l'influence du numéro de lactation étudiée sur des vaches laitières au cours de deux lactations successives, ont montré une baisse du taux butyreux entre la première et la seconde lactation mais qui reste non significative.

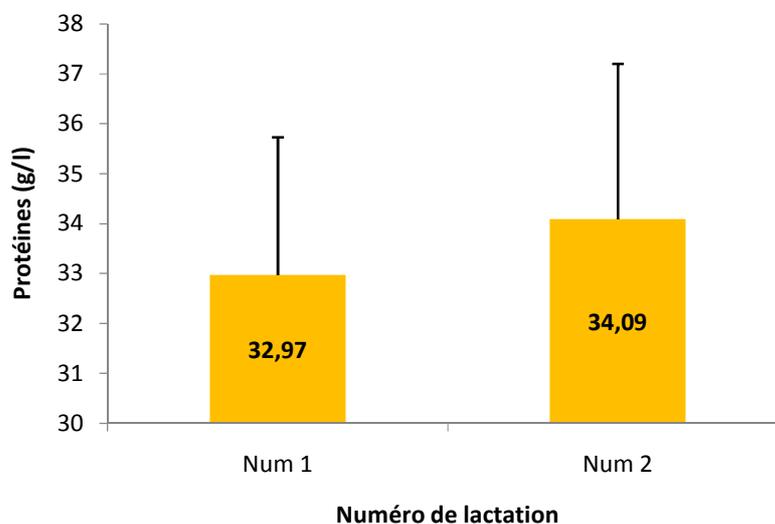
Des travaux similaires menés par **Coulon et Macheboeuf (1994)**, pour étudier l'effet du numéro de lactation sur la qualité du lait de vache, ont donné des taux butyreux plus élevés chez les primipares comparativement aux multipares, en utilisant des animaux de différentes races, suivis pendant deux lactations successives.

Selon le numéro de lactation le taux butyreux diminue avec l'âge, et il est d'autant plus faible que le numéro de lactation est élevé, l'importance de cette diminution est variables selon les races (**Bouglér et Dérivaux 1981**).

Nos résultats sont en accord avec ceux de **Yennek (2010)**, qui a indiqué une augmentation proportionnelle du taux butyreux avec le numéro de lactation mais qui reste non significative. Dans ce sens **Agabriel et al. (1990)**, confirment que les primipares ont un taux butyreux inférieur à ceux des multipares.

### III.1.3. Effet du numéro de lactation sur la teneur en protéines

La variation du taux protéique selon le numéro de lactation est présentée dans la figure 20



**Figure 20** : Variation du taux protéique en fonction du numéro de lactation

Ces résultats correspondent parfaitement avec les résultats de **Soulat, (2021)** qui a déterminé que le taux protéique moyen (TP) dans un lait de vache est de 32g/l. En revanche, les valeurs trouvées pour le numéro de lactation 1 sont inférieurs aux normes du **J.O.R.A, (1998)** qui a défini le seuil minimum des protéines dans le lait de 34g/l.

Nos résultats ne concordent pas avec ceux d'**Agabriel et al. (1990)**, qui rapportent que le taux de protéines chez les primipares est inférieur à celui des multipares, et les proportions ne restent pas assez stables au cours des lactations successives, contrairement à ce qui a été noté par **Craplet et Thibier (1973)**.

Nos résultats bien qu'ils ne soient pas significatifs, ils sont en accord avec ceux de **Meribai (2015)**, qui a enregistré une augmentation du taux protéique de la première lactation à la deuxième.

Il est important de noter que les primipares ont des besoins de croissance et qu'elles ont un niveau de consommation plus faibles que les multipares (**Block et al., 1998**), donc cela explique les taux moins élevés des protéines chez les primipares comparativement aux multipares.

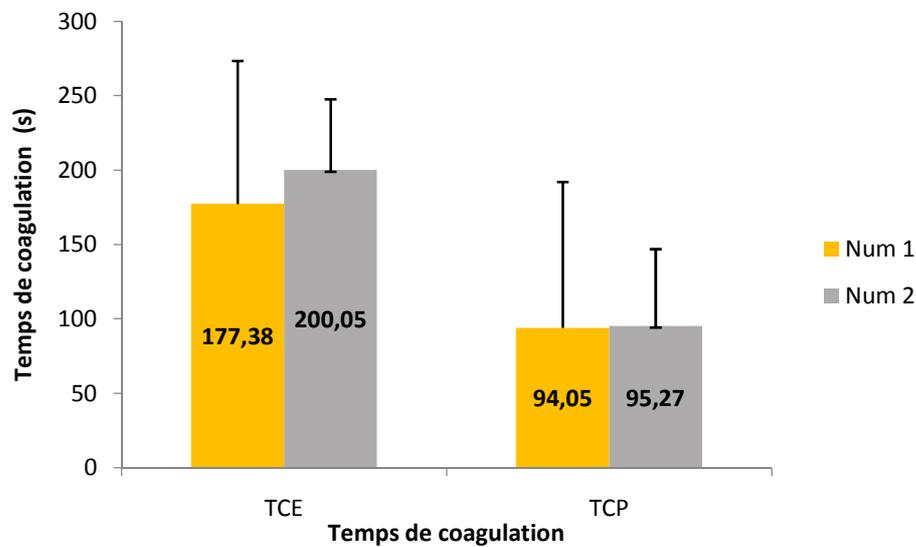
Les multipares ont des performances différentes des primipares. Les vaches en deuxième lactation produisent selon la race, jusqu'à 0.8g/kg de taux protéique de plus que les primipares. Les écarts de performances entre multipares de rangs différents sont plus faibles (**Legarto et al., 2014**).

Par ailleurs le rang de lactation est en relation avec l'âge de la vache, Il en ressort selon **Kalandi et al. (2015)**, que les concentrations du lait cru en matières grasses, protéines et matières sèches ne varient pas significativement ( $p > 0,05$ ) en fonction de l'âge de la vache.

#### **III.1.4. Effet du numéro de lactation sur les temps de coagulation**

La figure 21 présente la variation des temps de coagulation évalués avec de la pepsine ovine et la présure en fonction du numéro de lactation.

L'influence du numéro de lactation n'est pas significative sur la variation des temps de coagulation évalués en secondes avec les deux types d'enzymes : la présure (TCP) et la pepsine ovine (TCE), en effet les écarts enregistrés sont en faveur du lait des primipares qui présente un temps de coagulation plus court pour les deux types d'enzymes utilisées.



**Figure 21** : Variation des temps de coagulation du lait évalués par l'extrait de pepsine ovine (TCE) et la présure commerciale (TCP) en fonction du numéro de lactation

Nos résultats sont en partie en contradiction avec les travaux de **Coulon et Macheboeuf (1994)**, qui ont noté que l'aptitude à la coagulation s'améliore de la première à la seconde lactation.

Dans le même sens ces mêmes auteurs ont cité d'autres travaux réalisés par certains chercheurs comme **Auriol (1961) et Lindström et al. (1984)** n'ayant pas mis en évidence l'amélioration de l'aptitude à la coagulation entre la première et la seconde lactation.

Par ailleurs parmi les caractéristiques originelles des laits qui exercent une influence déterminante sur leur aptitude à la coagulation, il faut citer le pH et la concentration en caséines (**Remeuf et al., 1991**).

### III.1.5. Effet du numéro de lactation sur la composition de la matière grasse du lait

Comme on le constate sur le tableau 13 l'influence du numéro de lactation est négligeable sur la variation des acides gras du lait, néanmoins, l'acide gras insaturé impaire C14 :1 est le seul acide qui varie de manière significative ( $P < 0.05$ ) entre les deux rangs de lactation.

Cependant les écarts enregistrés sont pour la plupart des acides gras saturés en faveur des multipares, excepté l'acide palmitique (C16 :0) qui est légèrement plus abondant chez les

primipares. Les teneurs en acides gras insaturés mineurs sont généralement aussi en faveur des multipares, par contre l'acide oléique (C18 :1) est légèrement plus abondant dans le lait des primipares.

**Tableau 16:** Variation des profiles en acides gras du lait en fonction du numéro de lactation

AG (%)	Moy ± ET Num 1	Moy ± ET Num 2	P
C4	0,26 ± 0,25	0,45 ± 0,47	NS
C6	0,35 ± 0,37	0,58 ± 0,42	NS
C8	0,44 ± 0,11	0,65 ± 0,29	NS
C10	1,39 ± 0,51	1,56 ± 0,98	NS
C12	1,97 ± 1,22	2,76 ± 1,15	NS
C13 iso	0,01 ± 0,02	0,06 ± 0,05	NS
C13	0,09 ± 0,12	0,30 ± 0,4	NS
C14 iso	0,11 ± 0,11	0,14 ± 0,21	NS
C14	9,45 ± 1,62	10,75 ± 3,35	NS
C15 iso	0,61 ± 0,07	0,71 ± 0,17	NS
C15	0,61 ± 0,07	1,46 ± 0,35	NS
C16 iso	0,52 ± 0,3	1,3 ± 2,35	NS
C16	29,04 ± 2,73	26,73 ± 10,4	NS
C17 iso	0,84 ± 0,59	1,01 ± 0,91	NS
C17	1,75 ± 0,9	1,97 ± 1,24	NS
C18 iso	0,94 ± 0,81	1,74 ± 2,64	NS
C 18	10,41 ± 3,33	10,99 ± 2,51	NS
C20	1,23 ± 1,3	1,08 ± 1,06	NS
C10 :1	0,08 ± 0,09	0,15 ± 0,07	NS
C12 :1	0,03 ± 0,04	0,1 ± 0,12	NS
C14 :1	1,06 ± 0,34	1,58 ± 0,32	*
C15 :1	0,65 ± 0,54	0,38 ± 0,18	NS
C16 :1	3,94 ± 3,7	3,69 ± 3,56	NS
C17 :1	0,72 ± 0,23	1,23 ± 1,74	NS
C18 :1	25,39 ± 5,24	23,26 ± 7,19	NS
C18:1 trans	2,47 ± 4,42	1,52 ± 2,55	NS
C18 :2	1,69 ± 0,84	2,32 ± 1,43	NS
C18 :3	0,41 ± 0,38	1,63 ± 1,47	NS
C20 :1	0,99 ± 0,87	0,34 ± 0,41	NS

Moy : moyenne ; ET : écart type ; Num : numéro de lactation ; P : probabilité ; NS : non significatif ; \* P<0.05

Les acides gras du lait ont une double origine. Ceux à chaîne courte et moyenne (jusqu'à 16 atomes de carbone) sont synthétisés par la mamelle, cette synthèse de novo étant à l'origine d'environ 40 % des acides gras totaux (AGT) du lait. Les acides gras longs (18 atomes de carbone et plus) et une partie de l'acide palmitique (C16:0) sont prélevés dans le sang par la glande mammaire et représentent environ 60 % des AGT du lait.

Ces acides gras proviennent de la mobilisation des réserves corporelles ou de l'alimentation. Ceux apportés par l'alimentation sont essentiellement insaturés et sont largement modifiés dans le rumen où ils sont peu à peu transformés en acide stearique (C18:0) par le processus de saturation, qui produit de nombreux acides gras intermédiaires, potentiellement transférés au lait (**Sibra, 2014**).

L'effet du numéro de lactation sur la composition de la matière grasse du lait est significatif ( $p < 0.05$ ) uniquement pour l'acide gras monoinsaturé C14:1 avec une concentration plus élevée chez les multipares évaluée à  $1.58 \pm 0.32$  % contre  $1.06 \pm 0.34$  % chez les primipares. Selon **Mac Gibon et Taylor (2006)**, d'autres acides cis-monoinsaturés apportent également une contribution relativement faible mais significative comme l'acide cis-monoinsaturés 14:1 ou l'acide myristoléique.

L'acide myristoléique, ou acide 9-tétradécénoïque C14:1 n-5 cis, est un acide gras mono-insaturé. Il s'agit de la troisième famille créée par la désaturase en delta-9<sup>46</sup>. D'ailleurs, c'est en étudiant les effets et la régulation de cette désaturase que l'on a découvert l'existence de cette famille en n-5 (désaturation située sur le cinquième carbone à compter de l'extrémité méthyle).

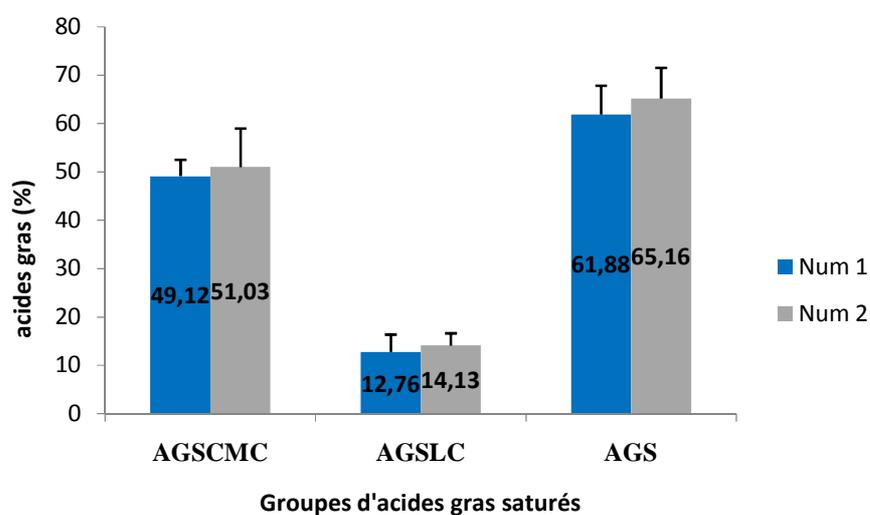
L'acide myristoléique C14:1 n-5 cis, absent des sources végétales habituelles, est présent dans la matière lactique, où il compte pour 1,4 à 2,6 % des acides gras totaux. La famille de cet acide gras découle de deux voies de synthèse que l'on commence seulement à décrire, sachant que la synthèse par bêta-oxydation de l'acide oléique C18:1 n-9 en C16:1 n-9 est privilégiée, malgré le caractère étonnant de cette bêta-oxydation dans un contexte de lipogenèse de novo.

L'acide myristoléique semble jouer un rôle régulateur en complément de celui de l'acide myristique, que les équipes de chercheurs commencent seulement à entrevoir (**Mendy 2017**).

Les teneurs de l'acide myristoléique enregistrées dans cette étude sont relativement en accord avec celles trouvées par **Samkova et al. (2018)**, dans leur étude sur l'influence du rang de

lactation sur la composition du lait de vache en indiquant des valeurs de 1, 1.14 et 1.06 % respectivement pour le premier, deuxième et troisième numéro de lactation, mais sans différences significative entre les primipares et les multipares.

Les figures 22 et 23 illustrent la variation des acides gras saturés et celle des acides gras insaturés en fonction du numéro de lactation. On constate que les teneurs de tous les groupes d'acides gras saturés du lait des multipares dépassent légèrement ceux des primipares.

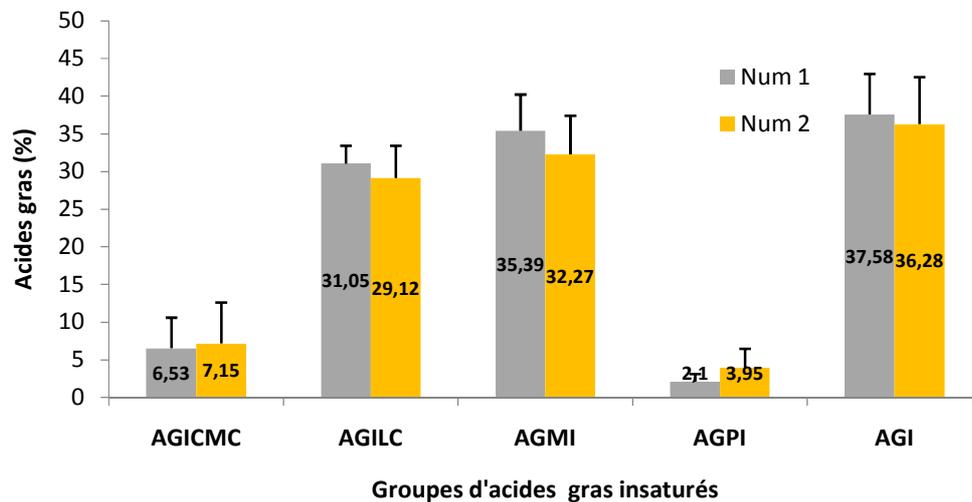


**Figure 22 :** Variation des groupes d'acides gras saturés dans le lait en fonction du numéro de lactation (AGSCMC : acides gras saturés de courte et moyennes chaîne ; AGSLC : acides gras saturés longues chaîne ; AGS : acides gras saturés)

Nos résultats concordent avec ceux de **Meribai (2015)**, qui a trouvé des taux d'AGS plus élevés chez les multipares par rapport aux primipares mais avec des différences significatives.

Ces résultats confirment ceux de **Delaby et al. (2002)** qui rapportent que le taux des AGS est plus élevé chez les multipares (1.8% de plus). De même **Craninx et al. (2008)** ont aussi observé un écart de plus de 1% d'AGS chez les multipares par rapport aux primipares. Une étude de terrain récente a mis en évidence une plus forte teneur en AGS dans le lait de vaches multipares par rapport au lait de vaches primipares (de l'ordre de +1,2 à +1,8 g/100 g d'AGT de la 1<sup>ère</sup> à la

4<sup>ème</sup> lactation) ; dans le même temps, la teneur du lait en AGMI a diminué, alors que celle en AGPI est restée stable (Sibra, 2014).



**Figure 23** : Variation des groupes d'acides gras insaturés dans le lait en fonction du numéro de lactation (AGICMC : acides gras insaturés de courte et moyenne chaîne ; AGILC : acides gras insaturés longue chaîne ; AGMI : acides gras monoinsaturés ; AGPI : acides gras polyinsaturés ; AGI : acides gras insaturés)

Par rapport aux multipares le lait des primipares présente pour la plupart des acides gras monoinsaturés notamment l'acide oléique C18 :1 9-cis et l'acide vaccénique C18 :1 trans 11 des teneurs plus élevées mais sans variation significative, alors que les acides gras polyinsaturés (l'acide linoléique et l'acide linoléique) sont plus élevés chez les multipares mais aussi sans variation significative. Résultats confirmés par ceux de **Delaby et al. (2002)** et **Meribai (2015)**, qui n'ont pas trouvé de variations significatives pour les acides gras polyinsaturés entre les numéros de lactation étudiés. D'après les travaux de **Samkova et al. (2018)**, aucune différence significative, à l'exception de l'acide linoléique (C18:3 n-3), n'a été observée entre les vaches laitières à la deuxième lactation et aux lactations ultérieures ( $\geq 3$ ). Selon les résultats des mêmes auteurs les vaches primipares ont une proportion en AGS plus faible et celle des AGI (AGMI, AGPI, et AGI totaux) plus élevées par rapport aux multipares. Cette légère variation ne peut être expliquée que par les différences dans la mobilisation des tissus entre vaches multipares et primipares.

#### IV. Effet du système d'élevage sur la production et la qualité du lait

Les pratiques agricoles sont principalement dictées par le climat et les ressources d'une région. Les connaissances disponibles sur les systèmes d'élevage et les contraintes limitant les performances des animaux restent largement méconnues. En Algérie ces systèmes montrent une grande diversité liée essentiellement aux régions (altitude, climat,...), à la structure et aux potentialités des fermes (fourrages, matériels...).

En prenant l'exemple de la région de Tizi Ouzou, on peut distinguer deux types de systèmes d'élevage (intensif et extensif). En effet les zones de montagne sont caractérisées par l'élevage extensif qui constitue non seulement une occupation mais une source principale de revenu pour de nombreuses familles rurales de cette région en contribuant à l'amélioration de leur niveau de vie et à la création d'emplois. Les troupeaux bovins exploités peuvent appartenir à de multiples populations composées de femelles issues de vaches importées, de populations issues de croisements ou de populations locales pures. L'alimentation est basée sur l'exploitation de l'offre fourragère gratuite (Adamou et al., 2005). Par contre le système intensif se trouve localisé essentiellement dans la zone de plaine de Draa Ben Khedda. Ce système exploite des troupeaux de vaches importées à fort potentiel de production et fait intervenir d'importants intrants, basés sur l'achat d'aliments, l'utilisation courante des produits vétérinaires et le recours à la main d'œuvre salariée. L'alimentation est composée de foin, de paille et de concentré comme complément (Adamou et al., 2005 ; Kirat, 2007).

Dans les systèmes extensifs les pratiques traditionnelles prédominent et les parcours naturels constituent l'essentiel de l'alimentation animale, ce qui représente un atout dans le contexte actuel d'augmentation du coût des matières premières (Mebirouk et al., 2011). Ces zones, considérées comme défavorisées à cause des contraintes liées à la topographie, au climat et à l'altitude, présentent une biodiversité qui a pu être valorisée grâce aux savoir-faire des populations locales (Madani et Mouffok, 2008).

.Orienté vers la production laitière et localisé essentiellement dans les zones de plaine du littorale, le système intensif (à travers les races améliorées) se trouve confronté à de multiples contraintes qui le maintiennent peu développé. Les obstacles qui ont été observés sont surtout liés à l'indisponibilité des fourrages et la difficulté d'adaptation des races importées.

**IV.1. Effet du système d'élevage sur la production et la qualité physico- chimique du lait**

Les résultats de l'analyse statistique de la variation de la production journalière et des différents paramètres physico-chimiques du lait entre les deux systèmes d'élevage (intensif et extensif) sont présentés dans le tableau 17 et les figures : 24, 25, 26, 27 et 28.

**Tableau 17** : Variation du pH, lactose et matière sèche du lait en fonction du système d'élevage

Variable	Moy ± Ec S1	Moy ± Ec S2	P
pH	6.54 ± 0.21	6.49 ± 0.17	NS
EST	124.92 ± 14,81	117.94 ± 7.92	**
ESD	83.36 ± 9.23	79.19 ± 5.04	**
Lactose (g/kg lait)	46.53 ± 2.77	44.86 ± 3.05	*

Moy ± EC : moyenne ± écart type ; NS : non significatif ; S1 : système intensif ; S2 : système extensif ; P : probabilité (p > 0.05) ; \* : p < 0.05 ; \*\* : p < 0.01.

**IV.1.1. Effet du système d'élevage sur le pH, extrait sec total et dégraissé et le lactose**

Le système d'élevage n'a pas d'effet significatif sur le pH (P > 0,05), ce dernier est compris entre 6,54 ± 0,21 et 6,49 ± 0,17. Ces valeurs sont au voisinage de l'acidité, en effet selon **Luquet, (1985) et Thapon (2005)**, un lait normal à un pH légèrement acide. Ceci est dû aux caséines et aux groupements phosphates et citrates naturellement présents dans le lait.

Dans une étude portant sur l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait bovin, **Kaouche-Adjlene et Mati (2017)** ont rapoorté que le pH varie de 6,37 à 6,88. Par ailleurs **Mansour, (2015)** a indiqué dans ses travaux des valeurs de pH qui varient de 6,56 ± 0,11 à 6,71 ± 0,11 du lait de différentes fermes.

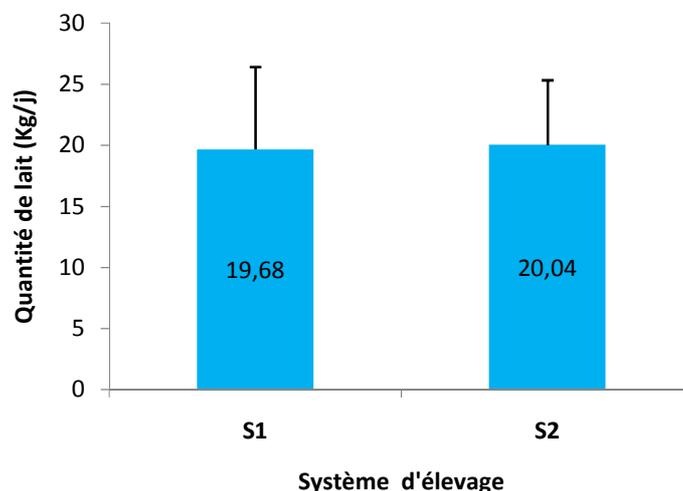
D'après le tableau 17 on constate une différence significative (p < 0,05) dans la variation des taux d'EST et d'ESD entre les deux systèmes avec des valeurs plus importantes respectivement de 124.92 ± 14,81g /l et de 117.94 ± 7.92 g/l dans le système intensif par apport à celles du système extensif avec des valeurs de 113,03 g/l et de 73,60 g/l. Ces valeurs bien qu'elles se rapprochent de celles citées dans les normes **AFNOR, (1986)**, pour le système intensif (125-130 g/l) elles le sont que peu pour le système extensif.

La variation de l'ESD et L'EST dans les deux systèmes est en relation directe avec l'alimentation des vaches, cela est confirmé par **Coulon et al. (1991)**, l'augmentation de l'ESD est en relation direct avec le TP et le TB qui varient eux-mêmes en fonction de l'alimentation. Dans la présente étude les taux protéique et butyreux sont plus importants dans le lait issu des vaches conduites en système intensif.

Les teneurs en lactose des différents laits des deux systèmes d'élevage sont comprises dans l'intervalle donné par **Cayot et Lorriant, (1998)** qui ont rapporté que la quantité de lactose peut varier de 40 à 60 g/l dans le lait bovin. Dans la présente étude cette teneur varie de manière significative ( $p < 0,05$ ), elle est plus importante dans le lait de vaches issues du système intensif par rapport à celui du système extensif ( $46.53 \pm 2.77$ g/l contre  $44.86 \pm 3.05$  g/l). Ces résultats se contredisent avec ceux de **O'callaghan et al. (2019)** qui ont rapporté que le lactose ne varie pas ou reste relativement stable entre les différents systèmes d'élevage en mettant l'accent sur les différences des pratiques alimentaires.

#### IV.1.2. Variation de la production laitière journalière en fonction du système d'élevage

La variation de la production est présentée dans la figure 24



**Figure 24 :** Variation de la quantité journalière de lait en fonction du système d'élevage

Selon les résultats portés sur la figure 24 le système d'élevage n'agit pas significativement sur la production individuelle journalière du lait des différentes vaches de la même race (Holstein) entre les deux types d'élevage.

Bien que les vaches Holstein utilisées dans l'exploitation intensive sont généralement dans de meilleures conditions (environnement, alimentation avec une forte supplémentation en concentrés et un bon suivi sanitaire), elles ont une production similaire à celles élevées dans le système de montagne, alors qu'en Europe le rendement laitier moyen des vaches Holstein se situe entre 24,54 kg/j et 30,5Kg/j (Coulon *et al.*, 1998 ; Cauty et Perreau, 2002 ; Pešek *et al.*, 2005). En outre, Ahlman (2010) a montré des résultats similaires en considérant des vaches Holstein suédoises et des vaches rouges suédoises dans des systèmes biologiques et conventionnels en Suède.

White *et al.* (2001) ont aussi rapporté une production quotidienne similaire en comparant des vaches de même race (Jerseys), dont un groupe nourri avec une ration mixte totale et l'autre au pâturage, par contre pour les vaches de race Holstein, celles qui sont confinées produisent plus de lait par rapport aux vaches en pâturage.

En fait, la race laitière spécialisée à travers les deux troupeaux de race Holstein (H1 et H2) n'a pas pu exprimer son potentiel productif dans les deux types de système vue que le rendement laitier est similaire pour les deux groupes. Dans cette étude, on peut conclure que l'apport en concentré a eu une influence assez marginale sur la production laitière chez les vaches H1 du système intensif. Le problème d'adaptation de la population exogène est probablement le principal facteur influençant la production laitière (Madani et Mouffok 2008 ; Snousi *et al.*, 2010).

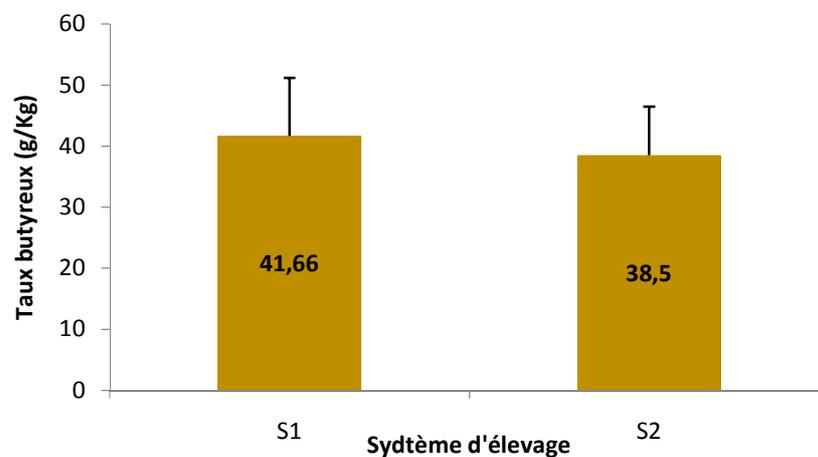
#### IV.1.3. Effet du système d'élevage sur la variation de la matière grasse

Les résultats de l'analyse statistique indiquent une légère variation non significative ( $p > 0,05$ ) du taux butyreux entre les deux types d'élevage allant de  $41,66 \pm 9,52$  à  $38,5 \pm 7,99$  g/Kg de lait. Ces valeurs sont comprises dans les intervalles signalés par Jeantet *et al.* (2008) et Vierling, (1999) qui est de 33 à 47 g /Kg de lait. La figure 25 illustre la variation du taux butyreux du lait en fonction du système d'élevage.

Les variations légères du taux butyreux entre les deux types d'élevage sont expliquées par les stratégies de production et de conduite alimentaire adoptée par les éleveurs. La proportion des fourrages en vert et secs est assez importante dans l'exploitation intensive même si la quantité de concentré distribuée aux animaux est aussi non négligeable.

Dans leurs travaux **White et al. (2001)** ont trouvé des résultats similaires en comparant des vaches nourries avec une ration totale mixte avec des vaches nourries au pâturage de la même race : Holstein. **Bobbo et al. (2014)** ont aussi signalé l'effet du système d'élevage sur la variation du taux butyreux du lait.

Dans ce sens **Stoll (2002)**, a rapporté que plus la fibrosité de la ration est importante plus la production d'acide acétique est élevée et le taux butyreux dans le lait aussi. En effet, la matière grasse du lait est produite principalement à partir d'acides gras volatils qui sont eux même formés à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et des glucides fermentescibles (amidon).



**Figure 25** : Variation du taux butyreux en fonction du système d'élevage

**Phipps et al. (1984)** recommande l'utilisation de ration totale mélangée pour augmenter la teneur en matière grasse. En effet cette stratégie alimentaire permet de s'assurer que les concentrés et les fourrages soient ingérés en même temps de réduire le tri des aliments.

IV.1.4. Effet du système d'élevage sur la variation de la teneur en protéines

Le système d'élevage semble avoir une influence significative ( $p < 0.05$ ) sur la variation de la teneur en protéines du lait entre les deux types de fermes, avec des valeurs de  $31.9 \pm 1.75$ g/Kg et  $31.01 \pm 1.52$  g/Kg de lait respectivement pour le lait d'élevage intensif et celui d'élevage extensif de montagne. La figure 26 illustre la variation du taux protéique en fonction du système d'élevage.

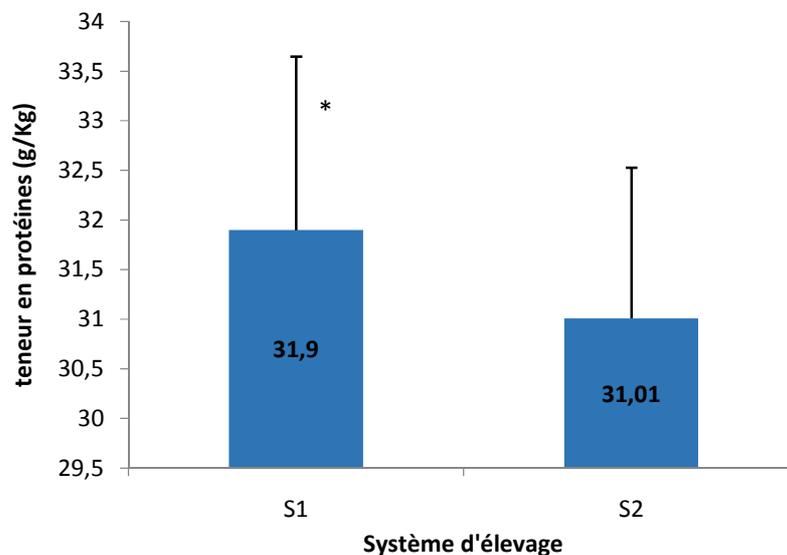


Figure 26 : Variation de la teneur en protéines dans le lait en fonction du système d'élevage

Les valeurs des taux protéiques enregistrées dans cette étude sont comprises dans l'intervalle de 28 à 34 g/l donné par **Coulon et al. (1991)**, et de la valeur notée par **O'callaghan et al. (2019)** qui ont rapporté que le lait bovin contient environ 32 g/l de protéines.

Par ailleurs en comparant nos résultats à ceux d'autres études sur l'effet des pratiques alimentaires et des conduites d'élevage, ces valeurs du taux protéique trouvées sont dans l'intervalle enregistré par **Ferlay et al. (2008)** et **Kaouche-Adjlene et Mati (2017)** qui sont respectivement de 27 à 33g/l de lait et de 30,7 à 34,4g/l ainsi qu'elles se rapprochent de celle obtenue dans l'étude sur la variation de la teneur en protéines dans le lait en fonction du système d'élevage pour le lait à la réunion par **Bony et al. (2005)** qui ont enregistré une valeur moyenne de 31g/l.

Ces résultats ne s'accordent pas avec ceux de **White et al. (2001)** qui n'ont pas trouvé de différence significative dans la variation de la teneur en protéines entre les vaches Holstein nourries en pâturages et celles confinées et nourries avec une ration mixte totale. De même pour **Bobbo et al. (2014)** qui n'ont pas aussi enregistré des différences significatives dans la variation du taux protéique entre le lait issu du système traditionnel de montagne (à base de pâturage) et celui du système moderne (ration totale mixte).

L'un des facteurs influençant la variation des teneurs en protéines du lait est la quantité incorporée de concentré dans la ration alimentaire des animaux. En effet la différence significative entre les taux protéiques des deux systèmes qui est en faveur du lait des vaches à l'étable ne peut s'expliquer que par un apport énergétique plus important apporté par le concentré (10 Kg/vache /jour) dans ce type d'élevage. Le taux protéique est souvent plus élevé en raison d'apports énergétiques généralement plus élevés

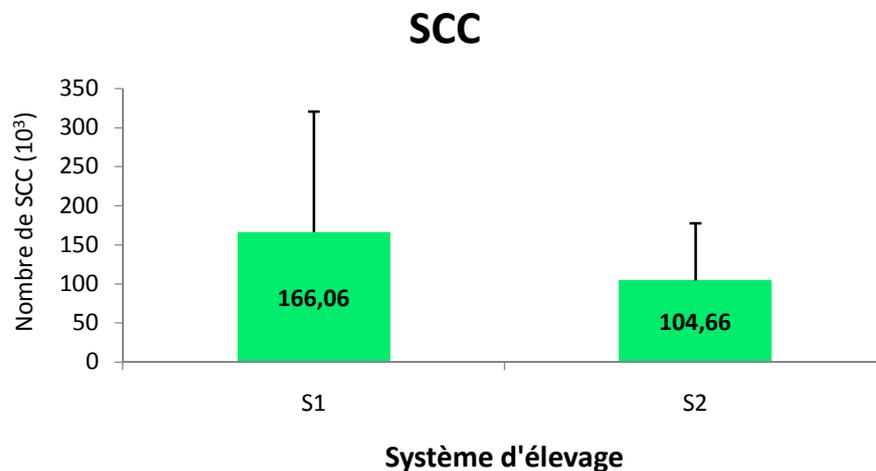
#### IV.1.5. Variation du nombre des cellules somatiques dans le lait en fonction du système d'élevage

Le taux de comptage des cellules somatiques peut servir d'indicateur de la santé de la mamelle et des changements engendrés dans la composition du lait si la santé de la mamelle est perturbée. Ainsi, deux aspects doivent être considérés : le niveau de numération cellulaire et les changements dans la composition du lait, et l'apparition de résidus d'antibiotiques dans le lait.

Si l'on considère l'état sanitaire des vaches, le lait de la ferme pratiquant le système intensif avec une alimentation en stabulation a un nombre de cellules somatiques (SCC) plus élevé que celui des fermes pratiquant le système de pâturage. Aucune différence significative n'a été observée entre les vaches Holstein des deux groupes ( $p < 0.05$ ) bien que les vaches H1 aient montré une valeur plus élevée ( $166.06 \pm 154.45$ ) que celle des H2 ( $104.66 \pm 73.08$ ).

Cette variation non significative pour la numération des cellules somatiques dans le lait des deux lots de vaches a été aussi signalée dans les travaux de **White et al. (2001)**, mais contrairement à nos résultats le SCC est de 71 et 453.1 ( $10^3/\text{ml}$ ) respectivement pour les vaches alimentées avec une ration mixte totale et celles nourries au pâturage. Aussi selon les travaux de **Bobbo et al. (2014)**, le système d'élevage n'a pas d'effet sur la variation du nombre des cellules somatique dans le lait.

La figure 27 montre la variation du nombre des cellules somatiques dans le lait entre les deux systèmes d'élevage



**Figure 27** : Variation du nombre de cellules somatique dans le lait en fonction du système d'élevage

Le SCC est un indice quantitatif de l'état des mammites et de la qualité du lait des ruminants. Il constitue donc une bonne mesure de la santé du pis (Millogo *et al.*, 2008 ; Hamed *et al.*, 2012; N. Li *et al.*, 2014). Il est admis que le niveau inférieur le plus bas est une norme courante dans de nombreux pays car il est accepté qu'une numération des cellules somatiques supérieure à 250 000 par ml soit une forte indication de la présence de mammites dans le troupeau même à un niveau subclinique.

En effet selon Li, (2014), si l'on prend l'exemple du lait de vache, lorsque le  $SCC > 2.10^5$  cellules/mL, la mamelle est considérée comme infectée, et lorsque le  $SCC > 4.10^5$  cellules/ml, le lait est jugé impropre à la consommation humaine dans l'Union européenne (UE).

On peut attribuer le nombre important de SCC chez les H1 au mode de traite mécanique utilisé dans la ferme intensive, contrairement à l'élevage de montagne où la traite est manuelle dans la plupart des fermes enquêtées.

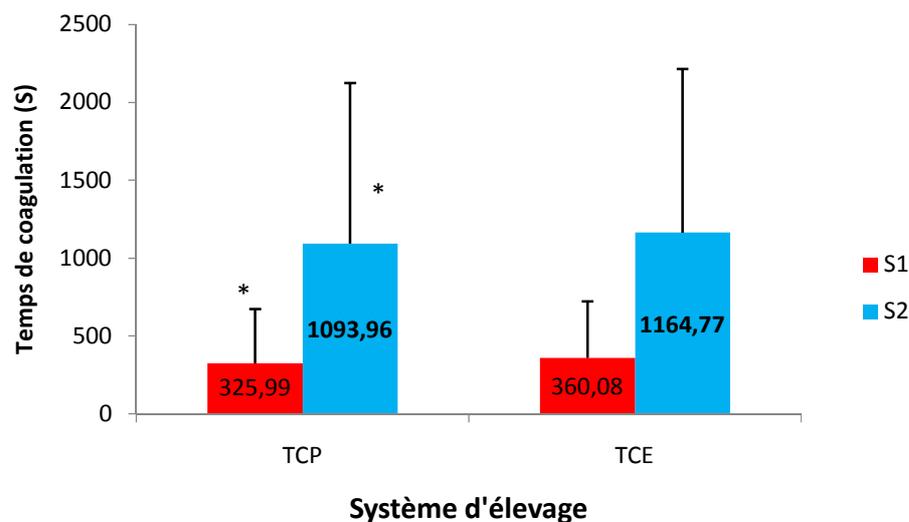
Il convient de noter que l'effet des pratiques d'élevage utilisées (comme le processus de traite), le climat et le rendement laitier sont connus pour influencer ce facteur laitier (Bytyqi *et*

*al.*, 2010 ; Hamed *et al.*, 2012 ; Rodriguez- Bermúdez *et al.*, 2017). Le risque accru de mammites (SCC élevé) chez les vaches en stabulation a également été signalé par Dehinenet *et al.* (2013).

#### IV.1.6. Effet du système d'élevage sur l'aptitude à la coagulation

L'aptitude à la coagulation exprimée dans cette étude par le temps de coagulation en secondes évalué par les 2 types d'enzymes coagulantes : présure commerciale (TCP) et l'extrait de pepsine ovine (TCE), a enregistré des variations significatives ( $p < 0.05$ ) entre les deux systèmes d'élevage avec des valeurs de  $325.99 \pm 347.68$  s et  $360.08 \pm 362.87$  s respectivement pour la présure et la pepsine contre  $1093.96 \pm 1030.57$  s et  $1164.77 \pm 1049.65$  s en faveur du lait issu du système intensif. Stocco *et al.* (2017), ont aussi observé des différences significatives dans le temps de coagulation entre deux troupeaux de vaches laitières différents.

La figure 28 illustre cette variation des temps de coagulation entre les deux systèmes



**Figure 28 :** Variation du temps de coagulation évalué par les deux enzymes en fonction du système d'élevage

Sur la figure 28 on constate bien que le temps de coagulation pour les 2 enzymes est beaucoup plus court pour le lait du système intensif, ce qui est probablement dû à la composition du lait (le lait du système intensif est plus riche en matières solides telles que les protéines) et met

en évidence l'effet favorable d'un niveau élevé des apports énergétiques sur l'aptitude à la coagulation (Macheboeuf *et al.*, 1993).

## IV.2. Variation de la composition en acides gras en fonction du système d'élevage

Les profils en acides gras totaux (AG) de la matière grasse du lait des deux troupeaux de vaches (H1 et H2) sont présentés dans les 2 figures 29 et 30. Les teneurs en acides gras saturés (AGS), en acides gras monoinsaturés (AGMI) et en acides gras polyinsaturés (AGPI) déterminées dans notre étude se situaient dans l'intervalle rapporté dans la littérature (Delaby *et al.*, 2001).

En outre, plusieurs auteurs (Dewhurst *et al.*, 2006 ; Soyeurt *et al.*, 2006 ; Chilliard *et al.*, 2007 ; Ferlay *et al.*, 2008) ont indiqué que la matière grasse du lait contient généralement une proportion élevée d'AGS (70-75 %) et d'AGMI (25-26 %), et de petites quantités d'AGPI (4-5 %). De plus, les AG les plus abondants dans le lait de vache sont l'acide palmitique (C16:0) et l'acide oléique (C18:1 n-9 cis), qui représentent environ 50 % de la teneur en AG.

### IV.2.1. Les acides gras saturés

D'après les résultats de l'étude statistique (test de student) portés sur la figure 29, les pratiques d'élevage ont un effet significatif sur quelques acides gras saturés.

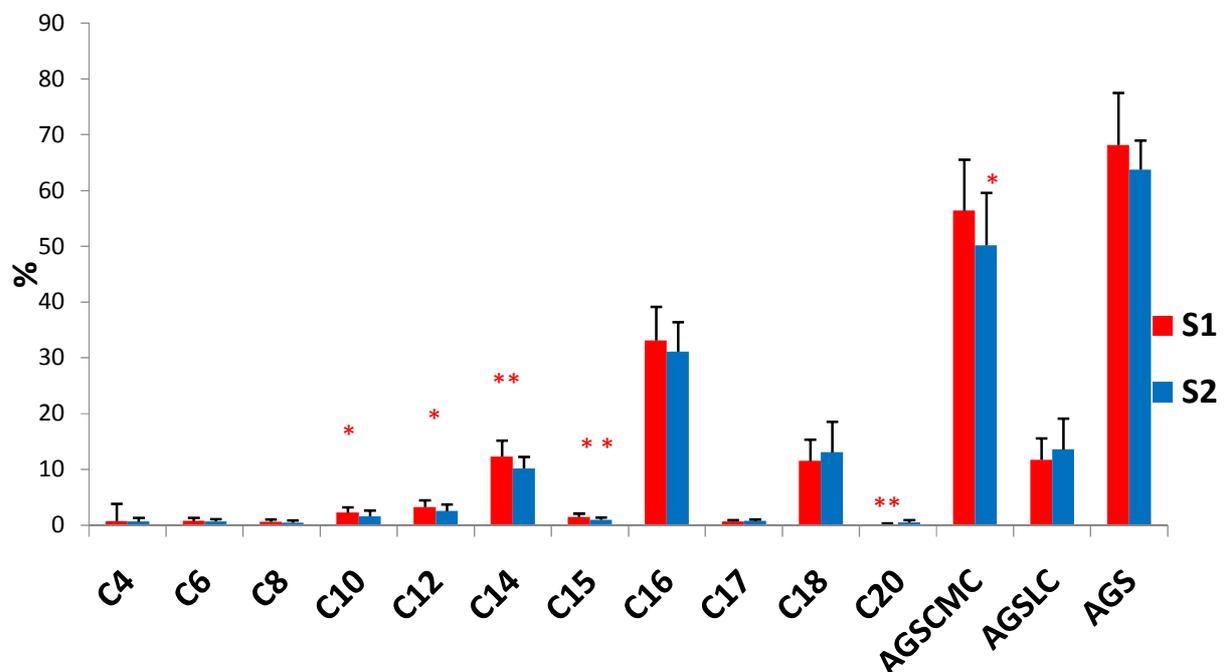
Les données obtenues montrent des proportions plus élevées d'AGS individuels dans le lait des vaches confinées (H1) par rapport à celui des vaches alimentées en pâturage (H2), à l'exception de la proportion d'acide arachidique (C20:0), qui est plus élevée ( $P < 0,01$ ) dans le groupe de ces dernières vaches.

Les différences sont significatives pour l'acide caprique (C10:0 ;  $P < 0,05$ ), l'acide laurique (C12:0 ;  $P < 0,05$ ), l'acide myristique (C14:0 ;  $P < 0,01$ ) et l'acide pentadécanoïque (C15:0 ;  $P < 0,01$ ), tandis que les principaux AGS tels que l'acide C16:0 et l'acide stéarique (C18:0) ne sont pas significativement différents entre les deux groupes.

Des résultats similaires ont été rapportés par Hanuš, *et al.* (2016), qui ont comparé des vaches dans les mêmes conditions que les nôtres.

Ces résultats sont en désaccord avec ceux rapportés par **White et al. (2001)**, qui ont constaté que les vaches nourries au pâturage produisent beaucoup plus de C10:0, C12:0 et C14:0. La plupart de ces acides du groupe des AGS sont fortement liés à un risque accru d'athérosclérose, d'obésité et de maladies coronariennes (**Chilliard et al., 2007 ; Haug et al., 2007 ; Falchero et al., 2010**). La majeure partie (80 % à 85 %) des AG C16 du lait provient d'une synthèse de novo (**Hymoller et al., 2014**), tandis que les AG à longue chaîne ( $\geq$  C18) proviennent de précurseurs dans le sang (**Bauman et Grinari, 2003**).

La variation des groupes en acides gras saturés entre les deux troupeaux de vaches H1 et H2 est présentée dans la figure 29.



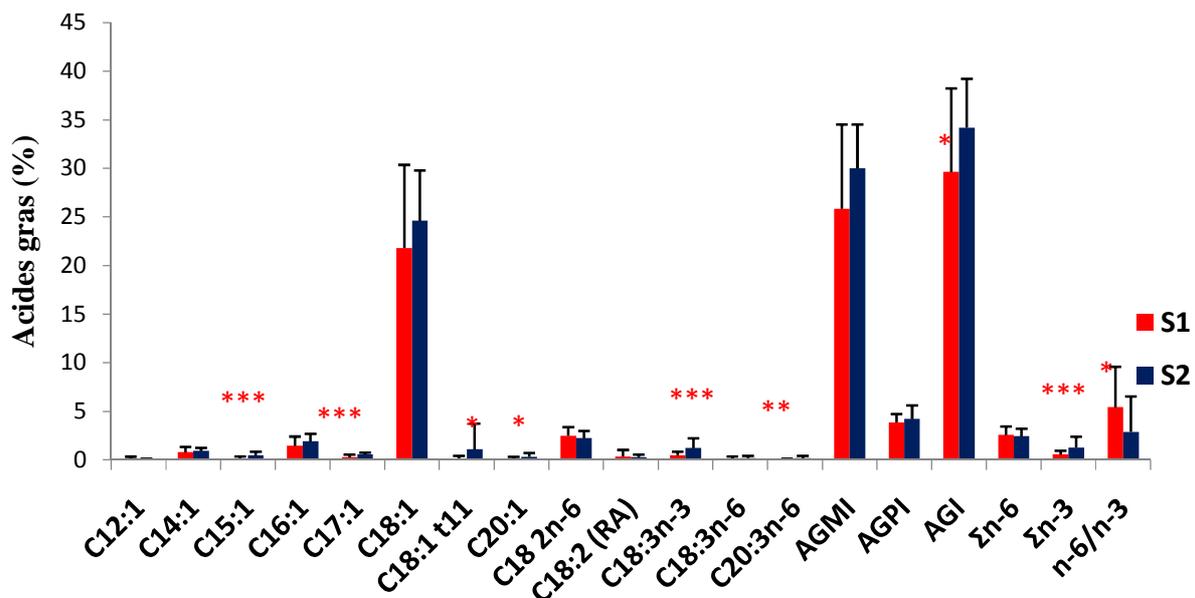
**Figure 29** : Variation de la teneur des acides gras saturés du lait en fonction du système d'élevage

Comme le montre la figure 29 un niveau plus élevé ( $P < 0,05$ ) de la somme des acides gras saturés à courtes et moyennes chaînes (AGSCMC) a été observé chez les vaches du S1 par rapport aux vaches du système S2, ce qui est principalement dû aux différences significatives observées

pour les acides C10:0, C12:0, C14:0 et C15:0. De façon générale, l'addition de concentrés augmente la proportion d'AGS, et notamment d'acides gras à chaîne courte, et diminue celle des AGI (Bargo *et al.*, 2006). Le profil en acides gras est modulable selon la proportion de concentré ajoutée à la ration (Chilliard *et al.*, 2007).

#### IV.2.2. Les acides gras insaturés

Les résultats de l'étude statistique (test de student) portés sur la figure 30 montrent que de nombreux acides gras insaturés du lait issu des deux types d'élevage sont influencés par les pratiques d'élevage.



**Figure 30 :** Variation des teneurs en acides gras insaturés du lait en fonction du système d'élevage

Bien que la somme des AGPI ne diffère pas significativement entre les deux groupes de bovins, nous avons observé des teneurs plus élevées pour de nombreux AG chez les vaches du S<sub>2</sub>

par rapport aux vaches issues du S<sub>1</sub> tels que : l'acide pentadécénoïque : C15:1 (P <0,001), l'acide heptadécénoïque : C17:1 (P <0,001), l'acide vaccénique : t11-C18:1 (P <0,05), l'acide eicosénoïque : C20:1 (P <0,05), l'acide  $\alpha$ -linoléinique : C18:3n-3 (P < 0,01), l'acide eicosatriénoïque : C20:3n-6 (P <0,01), la somme des oméga 3 :  $\Sigma$ n-3 (P < 0,001), la somme des acides gras insaturés :AGI (P< 0,05) et la somme des acides gras mono-insaturés (AGMI) qui diffère légèrement (P= 0.05).

Un résultat similaire a été observé pour la somme des AG n-3. En effet, des études précédentes ont montré que ces acides gras sont affectés par le système d'élevage en général (**Ellis et al., 2006**), et par l'alimentation en particulier (**Meribai et al., 2015**).

Dans la graisse du lait, les AG linéaires à chaîne impaire (C15:0 et C17:0) peuvent être largement synthétisés par la microflore du rumen, mais environ 10 % proviennent de l'alimentation et de la synthèse de novo animale à partir du propionate (**Falchero et al., 2010**), tandis que l'activité  $\Delta$ 9- désaturase dans la glande mammaire est responsable de la conversion de C15:0 et C17:0 en C15:1 et C17:1 respectivement (**Vlaeminck et al., 2006**).

Par conséquent, la principale cause du niveau plus élevé de C15:1 dans la matière grasse du lait de S<sub>2</sub> par rapport à S<sub>1</sub> pourrait être l'activité plus élevée de la  $\Delta$ 9- désaturase dans le tissu mammaire des vaches Holstein qui se nourrissent dans les pâturages de montagne.

L'acide vaccénique a été observé en quantité négligeable dans cette étude. Il est considéré comme l'isomère trans le plus important, et sa présence dans la matière grasse du lait est le résultat d'une hydrogénation incomplète des lipides alimentaires insaturés dans le rumen (**Mac Gibbon et Taylor, 2006**).

L'acide oléique (C18 : 1n-9) est également légèrement plus élevé dans la matière grasse du lait des vaches issu du S<sub>2</sub> mais ne présente pas de différence significative. **Hanuš et al. (2016)** ont constaté une proportion plus élevée d'AGMI chez les vaches nourries en pâturage par rapport aux vaches confinées. Dans notre étude, ce groupe d'AG a eu tendance à être influencé (P =0,05) par le système d'élevage, tandis que le groupe des AGI est plus élevé (P <0,05) dans le lait du S<sub>2</sub> par rapport à celui du S<sub>1</sub>.

Les groupes d'AGMI, d'AGPI et d'AGI sont des caractéristiques souhaitables dans le lait. En effet, une proportion plus élevée de ces groupes d'AG dans la matière grasse du lait semble être favorable à la santé humaine, notamment pour leur impact sur le niveau de cholestérol dans le sang (**Haug et al., 2007**), et leur rôle positif sur l'artériosclérose, le diabète et le cancer (**Soyeurt**

et *al.*, 2006). Il est bien connu que les AGI peuvent diminuer le risque de maladies cardiovasculaires (Mahecha et *al.*, 2008).

Inversement, le rapport n-6 : n-3 est plus bas chez les vaches Holstein (H2) du système extensif ( $P < 0,05$ ) par rapport aux H1 du système intensif. Selon Amould et soyeurt, (2009), il est important d'atteindre et de maintenir un ratio n-6 : n-3 plus faible (inférieur à 5) afin de prévenir le risque de maladies cardiovasculaires, de cancer, de troubles auto-immuns, d'obésité, etc.

Dans l'étude actuelle, la ration alimentaire des vaches H1 est basée sur du trèfle frais, de l'ensilage de ray-grass, du foin d'avoine, et complétée par des quantités importantes de concentré avec zéro pâturage, contrairement aux vaches H2 en montagne, qui sont nourries uniquement sur des pâturages en forêt et ne recevaient pas ou peu de compléments.

La période d'échantillonnage (printemps) coïncide avec la période de haute disponibilité d'herbes et de riche biodiversité des espèces de pâturage dans les prairies naturelles et les parcours de nos fermes de montagne (Kadi et *al.*, 2019). Par conséquent, le régime alimentaire des vaches est probablement le principal facteur influençant la composition en AG du lait. Selon Stergiadis et *al.* (2015), les régimes alimentaires utilisés dans les systèmes de production laitière biologiques et autres systèmes de production laitière à faible niveau d'intrants et basés sur le pâturage sont connus pour augmenter les concentrations d'AG monoinsaturés (AGMI) nutritionnellement souhaitables, tels que l'acide vaccénique (VA ; t11 C18:1), et d'AG polyinsaturés (AGPI), tels que l'acide  $\alpha$ -linoléinique.

Par ailleurs, il a été clairement démontré que l'altitude influence fortement la qualité du lait selon son origine (plaine ou montagne). En effet, la spécificité du lait de montagne est directement liée à un régime alimentaire basé sur des prairies permanentes et probablement à une diversité floristique complexe. Ainsi, la teneur de ces laits en AGI tend à augmenter du fait de la présence de plantes dicotylédones riches en métabolites secondaires, ces derniers semblent influencer le processus de biohydrogénation ruminale en acides gras (Collomb et *al.*, 2008 ; Ferlay et *al.*, 2008 ; Réviron et *al.*, 2008). En revanche, l'élevage en zone de plaine se caractérise par l'utilisation de quantités suffisantes de fourrages produits sur l'exploitation (ensilage de légumineuses et fourrage d'herbe verte), tandis que les concentrés sont achetés en quantités variables.

## V. Influence des paramètres de production sur la qualité des fromages à pâte molle

La valorisation et l'amélioration des produits laitiers sont des enjeux de grand impact sur le développement socio-économique de certaines régions en Algérie. Tel est le cas en Kabylie où la transformation du lait en fromage relève d'une activité économique et entre dans le cadre d'une valeur ajoutée.

La composition du lait et par conséquent celle du fromage est affectée par plusieurs facteurs tels que l'alimentation, la génétique, le stade de lactation, les pratiques d'élevage, etc (**Coulon et al., 2004 ; Coppa et al., 2011**).

Cependant Bien que l'influence de ces nombreux facteurs de production sur la qualité du lait soit évaluée pour expliquer la variation de la qualité du lait utilisé, peu de travaux ont mis en évidence la relation entre la qualité des fromages produits avec les facteurs d'amont, notamment les caractéristiques du lait et les applications adoptées par les producteurs pour la préparation de leurs produits.

Actuellement très peu de lais sont utilisés sous leur forme originelle, certaines fabrications fromagères artisanales présentent cette caractéristique. Dans ce context l'objectif de cette étude est d'analyser les effets respectifs des conditions de productions de lait et de la transformation fromagère sur la composition et la qualité des fromages en comparant un fromage à pâte molle artisanal avec celui produit en industriel.

Les prélèvements de fromages et de leurs laits de mélange respectifs sont réalisés selon les deux dispositifs résumés dans le tableau 18.

Tableau 18 : Caractéristiques des deux dispositifs de l'étude

	Dispositif 1 Elevage extensif de plaine ou vallées	Dispositif 2 Elevage extensif de montagne
Région	Fréha et Baghlia	Ouacif
Altitude	57-300 m	850 m
Races dominantes	Holstein et Montbéliarde	Races locales et croisées
Nombre de vaches	1904 têtes	50
Alimentation	Végétations de basses altitude et concentrés	Végétations d'altitude
Traite	Mécaniques pour la plupart des éleveurs	Manuelle
Collecte du lait	Camions citernes isothermes transportés vers la la fromagerie industrielle	Dans des bidons transportés par la fermière vers la chambre de préparation des fromages
Traitement thermique du lait de mélange	Pasteurisation	Aucun traitement thermique
Nombre de prélèvements de lait de mélange	30	18
Affinage du fromage	Dans un haloir durant 15 jours	Dans une cave durant 10 jours
Nombre de prélèvements de fromage	40	18

### V.1. Variation de la composition et de la qualité physicochimique du lait de mélange

L'analyse statistique des résultats du lait la région montagneuse destiné à la production artisanale et du lait destiné à l'industrie a été effectuée par le test de Student (test t) à l'aide du logiciel R,

V.1.1. Variation du lactose, ESD, densité et acidité

Le tableau 19 présente les résultats de l'acidité, densité, extrait sec dégraissé et du lactose des deux laits de mélange étudiés

**Tableau 19 :** Résultats de l'analyse statistique de quelques paramètres physico-chimiques des 2 échantillons de lait de mélange.

Variable	Moy LI ± Ec	Moy LA ± Ec	P
Acidité °D	16.45 ± 0,64	15.16 ± 0.82	***
Densité	1028.54 ± 0.95	1029.36 ± 0.87	**
ESD g/l	79.81 ± 2.80	84.86 ± 8.60	*
Lactose g/l	40.80 ± 1.46	43.68 ± 2.49	***

Moy ± EC : moyenne ± écart type ; LI : lait de l'industrie ; LA : lait de l'artisanal ; \*\*\* : p<0.001 ; \*\* : p<0.01 ; \* : p<0.05

La comparaison entre les laits présentée dans le tableau 19 nous indique que tous les paramètres varient de manière significative (p < 0.05) entre le lait destiné à l'industrie et le lait destiné au fromage artisanal.

Nous remarquons que le lait de la région montagneuse Ouacif présente une teneur en lactose plus élevée que le lait de l'industrie avec une moyenne de 43.68 ± 2.49 g/l et 40,80 ± 1.46 g/l respectivement. Cette différence est très significative (p < 0.001).

Ces résultats correspondent parfaitement avec **Labioui et al. (2009)** qui déterminent l'intervalle normal du lactose dans un lait cru de 40 à 50 g/l, mais inférieures aux valeurs fixées par les normes **AFNOR, (1986)** qui varient entre 47 et 52 g/l. Cette différence de teneur en lactose est peut-être due aux conditions climatiques car l'augmentation de la température peut avoir un effet défavorable sur la richesse du lait. Les vaches importées (Holstein et Montbéliarde) qui se trouvent dans un milieu chaud produisent un lait moins riche en matières grasses, en matières azotées et en lactose. Les animaux les moins productifs (les vaches locales et croisées) sont les plus résistants au stress thermique (**Meyer et Denis, 1999**).

Ces variations trouvées dans nos échantillons pourraient être dues aussi au type d'alimentation adoptée aux vaches laitières.

D'après les résultats portés sur le tableau 19, la variation des teneurs en extraits secs dégraissés est significative entre les deux types de lait, avec des moyennes de  $84.86 \pm 8.6$  g/l et  $79.8 \pm 2.8$  g/l respectivement pour le lait de montagne et celui destiné à l'industrie.

Les valeurs obtenues dans notre étude sont inférieures aux normes **AFNOR, (1986)** qui sont de 90 à 95 g/l, et à celle indiquée par **Debouz et al. (2014)** qui est de 94,47 g/l.

Selon **Berrabeh, (2014)** ces variations peuvent être expliquées par le type de rationnement et cultures fourragères mise en place dans chaque région.

En outre, nos résultats peuvent être justifiés par les résultats des travaux de **Tir et al. (2015)** qui ont observé une teneur de 87.49 g/l qui peut être due à une dilution du lait.

Les variations des taux de l'ESD dépendront des variations du lactose et de protéines du lait, selon **Ramet, (1985)** l'extrait sec dégraissé correspond à l'ensemble des composants de la matière sèche à l'exception des matières grasses. L'extrait sec dégraissé est composé essentiellement de la protéine brute, le lactose et les teneurs en minéraux du lait (**Da Cruz et al., 2014**), ce qui expliquerait la teneur plus élevée de l'ESD dans le lait de montagne par rapport à celui destiné à l'industrie.

Concernant la densité des laits étudiés leur variation est aussi significative ( $p < 0.001$ ) entre les deux types de lait, avec des valeurs moyennes de  $1029.36 \pm 0.87$  et de  $1028.54 \pm 0.95$  respectivement pour le lait de la région Ouacif et celui de Fréha et Baghlia.

Ces résultats correspondent à la valeur moyenne de la densité du lait enregistrée par **Tir et al. (2015)** qui est de 1029 et à la valeur indiquée par **AFNOR, (1986)** qui est de 1032. En revanche elles ne sont pas conformes aux valeurs publiées dans le **J.O.R.A, (1993)** qui sont de 1030 à 1034.

La variation de la densité entre les deux laits, peut être due à plusieurs facteurs. Selon **Kalandi et al. (2015)** la faible densité du lait individuel pourrait être due à des facteurs tels que la teneur en MS, MG, l'augmentation de la température et l'alimentation.

La variation de la densité du lait peut s'expliquer par la variation de la teneur de la matière sèche et de la matière grasse du lait. Selon **Latry, (1997)** deux facteurs de variation opposés

déterminent la densité : la concentration des éléments dissous et en suspension (solide non gras) et la proportion de matière grasse. La densité varie proportionnellement à la concentration des éléments dissous et en suspension mais varie de façon inverse à la teneur en graisse, C'est ainsi qu'un écrémage peut provoquer l'augmentation de la densité d'un lait malgré qu'il est mouillé.

Généralement l'addition d'eau au lait, qui est une pratique frauduleuse illicite, est fréquemment rencontrée dans les périodes de basse lactation où les contrôles du lait cru à la réception sont malheureusement moins sévères (**Hachana et al., 2018**). La densité dépend de la teneur en matière sèche qui est fortement liée à la fréquence de l'abreuvement. Plus la teneur en solide non gras est élevée plus la densité du produit laitier sera élevée (**Vignola, 2002**).

Ainsi cette variation est probablement due à l'alimentation des vaches laitières, selon **Gaddour et al. (2013)** la variation de la densité peut s'expliquer par l'influence de la température et de la teneur en matière solide non grasse, donc, de la nature de la nourriture que prennent les animaux.

Par ailleurs nous constatons que l'acidité du lait collecté pour l'industrie est supérieure à celle du lait de la région Ouacif ( $p < 0.001$ ) avec une moyenne de  $16.45^{\circ}\text{D} \pm 0.64$  et de  $15.16^{\circ}\text{D} \pm 0.82$  respectivement.

Ces résultats correspondent parfaitement avec ceux de **Zeiber et al. (2020)** qui déterminent l'intervalle normal de l'acidité de  $14-16^{\circ}\text{D}$ . Et sont inférieures aux normes du **J.O.R.A, (1993)** qui exigent une acidité de lait cru de  $18^{\circ}\text{D}$ .

Selon **Zeiber et al. (2020)** l'acidité permet d'évaluer le degré de fraîcheur du lait. L'acidité du lait peut être un indicateur de sa qualité au moment de la livraison car elle permet d'apprécier la quantité d'acide produite par les bactéries ou les éventuelles fraudes (**Aggad et al. 2009**).

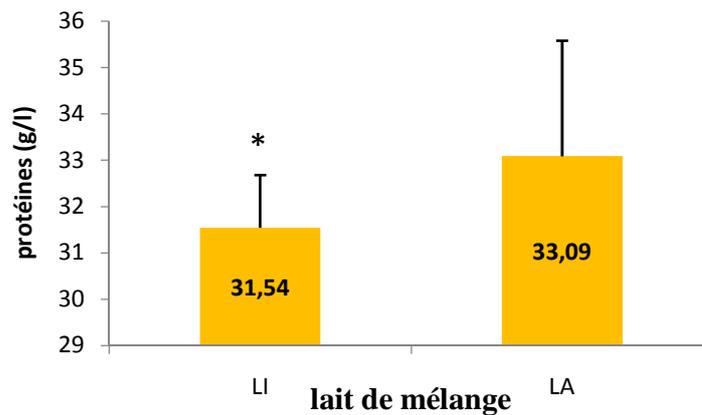
Cela est probablement dû à la composition du lait, selon **Vignola, (2002)** dès sa sortie du pis de la vache, le lait a une certaine acidité qui est due principalement à la présence de protéines, surtout les caséines et la lactalbumine, de substances minérales telles que les

phosphates et acides organiques, le plus souvent l'acide citrique. On l'appelle l'acidité apparente ou acidité naturelle du lait.

Ces résultats sont probablement dus au respect des bonnes conditions de manutention et de transport de ces laits, selon **Maiworé et al. (2018)** l'acidité élevée serait due à une concentration microbienne importante apportée lors de la traite. A cela peut également s'ajouter le bon système deréfrigération car l'acidité dépend des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et de son activité métabolique et de la manutention du lait (**Mathieu, 1998**).

### V.1.2. Variation des Protéines

La variation de la teneur en protéine du lait de mélange de l'industrie et du lait de mélange de l'artisanal est exprimée dans la figure 31.



**Figure 31.** Variation de la teneur en protéines des deux laits de mélange

A partir de la figure 31 nous remarquons que le lait de la région Ouacif présente une teneur en protéines plus élevée que le lait collecté par l'industrie avec une moyenne  $33,09 \pm 2,13$  g/l et  $31,57 \pm 1,14$  g/l respectivement. Cette différence est significative ( $p < 0,05$ ).

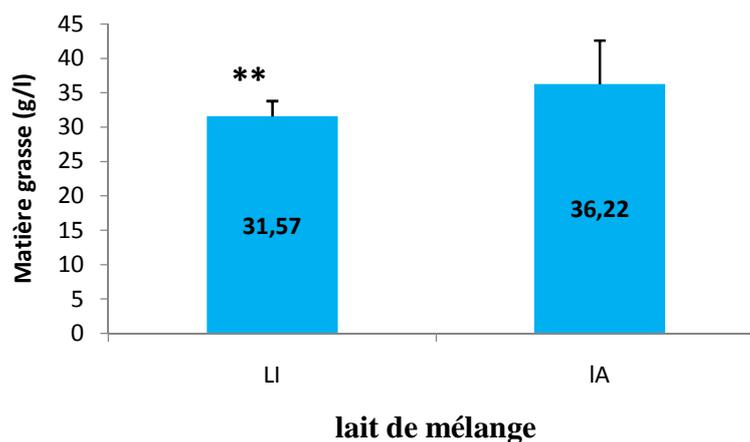
Ces résultats correspondent parfaitement avec les résultats de **Soulat, (2021)** qui a déterminé que le taux protéique moyen (TP) dans un lait de vache est de 32g/l. En revanche, les valeurs trouvées sont inférieures aux normes du **J.O.R.A, (1998)** qui a défini le seuil minimum des protéines dans le lait de 34g/l.

Ainsi cette variation est probablement due au type de l'alimentation adoptée, selon **Kaouche-Adjlane et al. (2017)** le niveau d'apports énergétiques constitue le principal facteur de variation du taux protéique du lait, et l'apport de certains acides aminés essentiels peut aussi entraîner une augmentation du taux protéique. Les rations à base d'ensilage d'herbe conduisent à des taux de matières grasses et de protéines légèrement inférieurs à ceux obtenus avec des rations à base de foin (ou d'ensilage de maïs) (**Ragot, 2011**).

On peut expliquer éventuellement ces teneurs en protéines plus ou moins faibles par l'effet de la saison, selon **Sassi et al. (2019)** le lait produit en automne est plus riche en protéine que les laits des autres saisons (33.14 g/l contre 32.69, 32.69 et 31.91 g/l pour le printemps, l'été et l'hiver respectivement). Les résultats obtenus par **Kalandi et al. (2015)** révèlent que la matière protéique est de 42,5 g/l en saison froide et de 38,77 g/l en saison chaude, indiquant ainsi que la concentration du lait cru en protéines diminuait significativement en saison chaude. La matière protéique du lait est influencée significativement par la saison de contrôle (**Hachana et al. 2018**).

### V.1.3. Variation de la matière grasse

La variation de la teneur en matière grasse des deux types de lait est illustrée dans la figure 32.



**Figure 32.** Variation de la teneur en matière grasse des deux échantillons de lait (lait de l'industrie LI et le lait de l'artisanal LA)

D'après la figure 32 on constate que le lait de la montagne est plus riche en matière grasse ( $p < 0.01$ ) par rapport au lait destiné à l'industrie avec des moyennes de  $36.22 \text{ g/l} \pm 1.15$  et  $31.57.16 \text{ g/l} \pm 0.33$  respectivement.

Les moyennes de la matière grasse des deux laits se situent dans l'intervalle donné par **Sébédio, (2008)** qui estime que le lait de vache contient entre  $30 \text{ g/l}$  et  $50 \text{ g/l}$  de la matière grasse laitière mais ne concordent pas aux normes indiquées par le **J.O.R.A, (1993)** qui définit un seuil minimum de MG pour le lait de  $34\text{g/l}$ .

Ces variations peuvent être expliquées par le type d'élevage adopté, dans lequel il y a adaptation soit d'un système d'élevage traditionnel soit en confinement. Selon **Chilliard, (2007)** les rations à base d'herbe, pâturée ou conservée dans de bonnes conditions, modifient le profil des AG du lait dans un sens potentiellement favorable, comparées aux rations riches en concentrés et / ou en ensilage de maïs.

Ainsi cette variation est probablement due à l'alimentation des vaches laitières, on note que les vaches laitières de la région Ouacif sont alimentées aux pâturages tout au long de l'année quant aux vaches laitières produisant le lait destiné à la fromagerie « Le Fermier », se base sur le pâturage mais aussi sur les aliments concentrés de vaches laitières (Soja, maïs...). Selon **Chilliard, (2007)** l'alimentation est un moyen naturel et économique permettant aux éleveurs de moduler fortement et rapidement la composition des AG du lait, notamment via l'apport des suppléments lipidiques dans la ration.

Toutefois, la part des suppléments lipidiques dans l'alimentation des vaches laitières reste modeste dans les élevages laitiers et ce sont les variations de la nature et des proportions respectives des fourrages (notamment de l'herbe pâturée) et des aliments concentrés riches en glucides et en protéines qui jouent un rôle déterminant pour les variations de la composition en AG des laits de grand mélange.

Cette différence de teneur en matière grasse est peut-être due aussi aux caractéristiques du cheptel des éleveurs, il est à noter que l'élevage familial de la région Ouacif est formé par les races locales et croisées par contre le lait collecté par la laiterie STLD est formé majoritairement par les races Holstein et Montbéliarde. En outre, la variation de la teneur en

matières grasses est attribuée à la génétique et à l'état physiologique des différentes races de vache (**Hoden et Coulon, 1991**).

Cette variation peut dépendre aussi de la traite, qui se fait soit manuellement soit à l'aide des machines et cela en fonction du nombre de vaches. Selon **Marnet et Billon, (2010)** les conditions de traite peuvent affecter le réflexe d'éjection du lait des animaux et entraîner une rétention de la matière grasse (gros diamètre des globules gras) et la seule évacuation d'un lait pauvre en matière grasse (faible diamètre des globules gras). Les modifications du rythme de traite auront des effets importants sur les taux et sur la sensibilité du lait à la lipolyse. Aussi les matériels utilisés pour l'assurer.

Selon les mêmes auteurs, les conduites de traite, la collecte du lait par la machine et son stockage à la ferme représentent d'autres sources de variation de la matière grasse, qu'il ne faut pas négliger. En outre, Si la stimulation à la traite affecte surtout la quantité de matière grasse récupérée et un peu le diamètre des globules gras, les conduites et la machine à traire ont plutôt un rôle sur la qualité physique de la matière grasse à travers la fragilisation des globules gras et leur sensibilité accrue à la lipolyse. L'intervalle de la traite entraîne un accroissement de la production laitière (10 à 25 %) et abaisse en général le taux butyreux (0,3 à 1 %).

#### **V.1.4. Variation des profils en acides gras**

Le lait de vache contient en moyenne 40 g de matières grasses par kg, plus de 95% étant sous forme de triglycérides. Les AG constitutifs de ces triglycérides se caractérisent par une très grande diversité de longueur de chaîne carbonée, de niveaux d'insaturation, de configuration géométrique des doubles liaisons, et par la présence d'AG ramifiés (**Enjalbert, 2016**). Le tableau 20, illustre les variations de la composition en acides gras des deux laits.

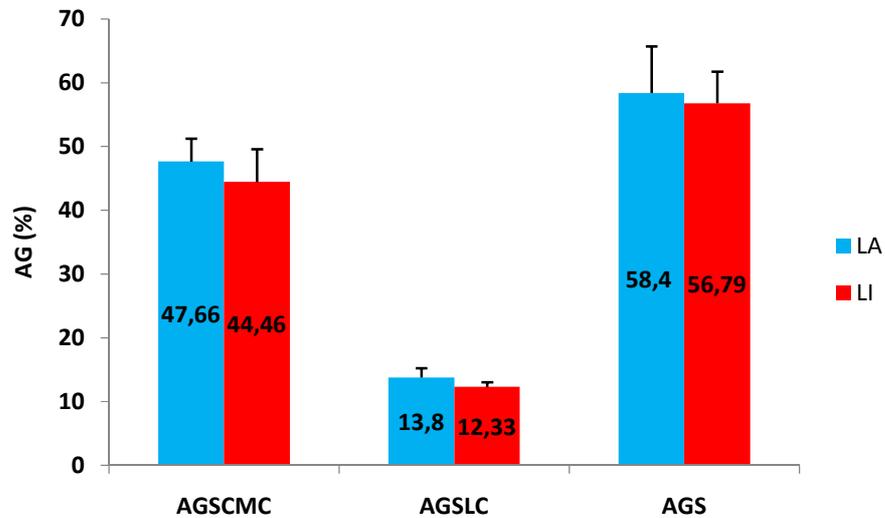
Tableau 20 : Résultats de l'analyse statistique de la composition en acides gras de la matière grasse des laits de mélange.

AG	Moy ± EC LA (%)	Moy ± EC LI (%)	P
<b>C4:0</b>	1,85 ± 0,43	1,35 ± 0,13	0,36
<b>C6:0</b>	1,77 ± 0,32	1,23 ± 0,07	0,23
<b>C8:0</b>	1,00 ± 0,23	0,76 ± 0,07	0,7
<b>C10:0</b>	1,84 ± 0,42	1,71 ± 0,14	0,79
<b>C12:0</b>	2,07 ± 0,35	2,24 ± 0,16	0,69
<b>C14:0</b>	9,16 ± 0,36	9,11 ± 0,35	0,93
<b>C15:0</b>	1,29 ± 0,05	1,20 ± 0,09	0,48
<b>C16:0</b>	27,74 ± 0,54	26,63 ± 2,20	0,66
<b>C17</b>	0,91 ± 0,03	0,88 ± 0,09	0,78
<b>C18</b>	12,50 ± 0,86	11,08 ± 0,44	0,23
<b>C20</b>	1,30 ± 0,10	1,25 ± 0,06	0,7
<b>C14:1</b>	0,89 ± 0,19	0,78 ± 0,06	0,65
<b>C16:1</b>	1,23 ± 0,07	0,98 ± 0,40	1
<b>C17:1</b>	0,39 ± 0,02	0,42 ± 0,06	0,75
<b>C18:1</b>	27,23 ± 0,81	28,20 ± 1,21	0,54
<b>C20:1</b>	0,37 ± 0,02	0,38 ± 0,08	0,89
<b>C18:2</b>	2,37 ± 0,17	2,54 ± 0,15	0,7
<b>C18:3</b>	0,61 ± 0,05	0,33 ± 0,02	<b>0,02</b>

Moy ± EC : moyenne ± écart type ; LI : lait de l'industrie ; LA : lait destiné à la production artisanale.

#### V.1.4.1. Variation des acides gras saturés

La variation des groupes d'acides gras saturés du lait de montagne et du lait collecté par la laiterie fromagerie STLD est exprimée dans la figure 33.



**Figure 33.** Variation des groupes d'acides gras saturés des échantillons de lait de mélange

Nous remarquons que la teneur en acides gras saturés est élevée dans le lait issu de la région Ouacif ( $58,46 \pm 4,21\%$ ) par rapport au lait destiné à l'industrie ( $56,79 \pm 2,86 \%$ ). Cependant, les résultats de l'analyse statistique montre que cette différence est non significative ( $P > 0,05$ ). Ces résultats sont inférieurs à la valeur indiquée par **Jeantet, (2008)** qui est de 60%.

La matière grasse laitière n'a pas toujours eu une très bonne réputation chez l'adulte, en raison de sa richesse en acides gras saturés. Pourtant, les connaissances scientifiques récentes indiquent que les acides gras saturés ne sont pas « mauvais » et ont eux aussi des fonctions très importantes. Depuis l'acide butyrique (C4:0) pour son rôle protecteur dans le cancer du côlon jusqu'aux acides gras plus longs comme l'acide myristique (C14:0) pour l'acylation spécifique des protéines, ces acides gras saturés sont actifs et très utiles à la vie cellulaire.

Les acides gras saturés assurent une part importante de l'apport énergétique, et sont aussi des constituants des triglycérides de réserve, des glycérophospholipides et des sphingolipides (structure des membranes, myéline...) (**Leymarios, 2010**).

On observe que ces acides gras saturés sont constitués de tout le panel de longueurs de chaînes. On trouve des acides gras à courtes, à moyennes et à longues chaînes. Des différences

non significatives ( $p > 0.05$ ) entre les différents acides gras saturés des deux types de lait sont observés, pour les AGSCMC (acides gras saturés courtes et moyennes chaînes), les AGSLC (acides gras saturés à longues chaînes) et les AGS (acides gras saturés totaux).

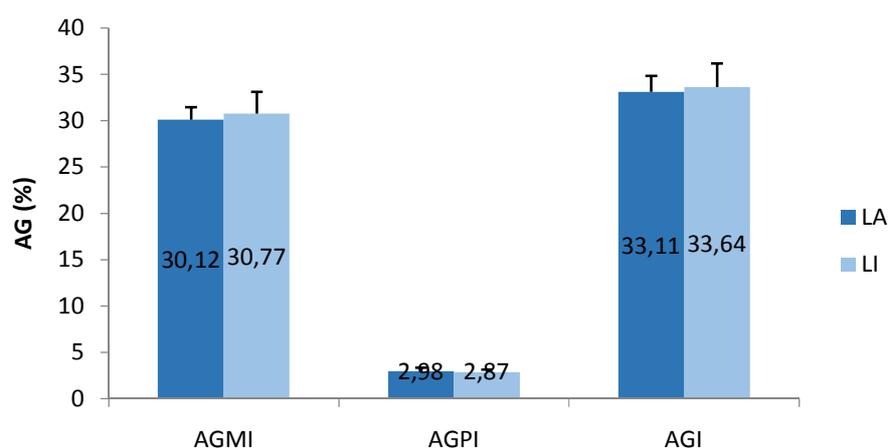
Bien que la variation soit non significative entre les acides gras saturés de nos échantillons de lait la teneur du lait à l'industrie en AGSCMC est inférieure à celle du lait de la région Ouacif avec une moyenne  $45,66 \pm 2,06 \%$  et  $44,46 \pm 2,97 \%$  respectivement.

Pour les acides gras saturés à moyennes chaînes, leurs teneurs sont élevées, et les plus abondants sont l'acide palmitique (C16:0) avec une moyenne de  $27,74 \pm 0,54\%$  et  $26,63 \pm 2,20 \%$  et l'acide myristique (C14:0) avec une moyenne de  $9,16 \pm 0,36 \%$  et  $9,11 \pm 0,35 \%$  respectivement pour le lait de la région Ouacif et le lait de la laiterie fromagerie STLD.

La teneur du lait de la région Ouacif en AGSLC ( $13,80 \pm 0,86 \%$ ) est supérieure à celle du lait collecté par l'industrie ( $12,33 \pm 0,41\%$ ). On remarque que le C18:0 et le C20:0 qui constituent ce groupe ne présentent pas des différences significatives entre les deux laits. On note que l'acide stéarique (C18:0) est le plus abondant dans ce groupe avec une moyenne de  $12,50 \pm 0,86 \%$  et  $11,08 \pm 0,44 \%$  respectivement pour le LA et le LI.

#### V.1.4.2. Variation des acides gras insaturés

La variation des acides gras insaturés du lait de l'industrie et du lait de montagne est exprimée dans la figure 34.



**Figure 34 :** Variation des groupes d'acides gras insaturés des échantillons de lait (LA et LI)

Nous remarquons que la teneur en acides gras insaturés du lait de la région Ouacif ( $33,11 \pm 1,00$  %) est inférieure à celle du lait collecté par la laiterie fromagerie STLD ( $33,64 \pm 1,47$  %). Cependant, les résultats de l'analyse statistique montre que cette différence est non significative ( $P > 0.05$ ).

Nos résultats sont supérieurs à ceux indiqués par **Ellies-Oury, (2014)** qui détermine une valeur de 30 % des acides gras insaturés dans la matière grasse laitière.

Les acides gras insaturés sont très variés, ils sont supposés être bénéfiques pour la santé humaine. L'effet positif des acides gras mono insaturés et des poly-insaturés sur la santé est de diminuer les risques de maladies cardiovasculaires et du cholestérol, le renforcement du système immunitaire et le bon fonctionnement des fonctions physiologiques (fertilité, vision, etc) (**Soulat, 2021**).

On remarque que les variations ne sont pas significatives entre les différents acides gras insaturés des échantillons de lait notamment pour les AGMI (acides gras mono-insaturés et pour les AGPI (acides gras poly-insaturés).

La teneur du lait collecté par l'industrie en AGMI est légèrement supérieure à celle du lait de la région Ouacif avec une moyenne  $30,77 \pm 1,36$  % et  $30,12 \pm 0,7$ % respectivement. Nous remarquons que les teneurs en acides gras qui constituent ce groupe (C14:1, C16:1, C17:1, C18:1, C20:1) ne présentent pas des différences significatives entre les deux types de laits. L'acide oléique (C18:1 n-9) est le plus représenté en quantité avec une moyenne de  $27,23 \pm 0,81$  % et  $28,20 \pm 1,21$  % respectivement pour le lait collecté par l'artisan et le lait de l'industrie. Selon **Legrand, (2008)** l'acide oléique constitue un point positif indiscutable pour le lait.

En effet, cet acide gras est un constituant de nombreux types de lipides et en particulier des triglycérides de dépôt (Tissu adipeux) qu'il maintient à l'état fluide à la température du corps, grâce à son insaturation, il est aussi le précurseur des dérivés à de longues chaînes, constituants des structures cérébrales et précisément de la myéline.

Selon **Fretin, (2016)** les AGPI de la série oméga 3 (Principalement l'acide linoléique (C18 :3 n-3) et oméga 6 (Principalement l'acide linoléique C18 :2 n-6) sont dits essentiels vu que l'homme ne peut pas les synthétiser.

La teneur en AGPI du lait de montagne ( $2,98 \pm 0,22$  %) est légèrement supérieure à celle du lait destiné à l'industrie ( $2,87 \pm 0,17$  %). Ainsi la teneur en C18:3 est plus importante dans le lait de la région Ouacif ( $p < 0.05$ ) par rapport au lait de l'usine, par contre le C18:2 ne présente pas de différence significative ( $P > 0.05$ ) entre les deux laits. Selon **Béranger et Bonnemaire, (2008)** les régimes riche en herbe verte conduisent aussi à une modification de la composition des matières grasses du lait : les proportions en acides gras poly-insaturés (C18 :2 et C18 :3) peuvent augmenter significativement.

### V.2. Variation de la composition et de la qualité physico-chimique des fromages à pâte molle

Les résultats des analyses physicochimiques des fromages « Le Fermier» et le « Saint Amour » sont présentés dans le tableau 21 et les figures 35 et 36. Ils présentent les teneurs en différents paramètres recherchés dans les échantillons analysés.

**Tableau 21** : Résultats de l'analyse statistique de quelques paramètres physico- chimiques des échantillons de fromages

Paramètres	Moy FI $\pm$ Ec	Moy FA $\pm$ Ec	P
EST %	48,35 $\pm$ 3,32	53,63 $\pm$ 4,45	***
pH	5,29 $\pm$ 0,27	5,44 $\pm$ 0,19	*
Chlorure %	0,91 $\pm$ 0,1	0,82 $\pm$ 0,08	NS
G/S %	53,56 $\pm$ 4,64	58,41 $\pm$ 4,77	**

\* : probabilité significativité  $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$  ; \*\*\* :  $p < 0.001$  ; FI : fromage industriel ; FA : fromage artisanal ; Moy: moyenne ; Ec : écart type

D'après le tableau 21 la comparaison entre les deux types de pâte molle montre que les différences entre les paramètres physico-chimiques sont toutes significatives sauf pour la teneur des chlorures qui ne varie pas significativement ( $p > 0.05$ ).

### V.2.1. Variation de l'extrait sec total

La teneur en extrait sec total du Camembert « Saint Amour » est supérieure à celle du Camembert « Le Fermier » (tableau 21), avec une moyenne de 50,29 %  $\pm$  4,45 contre 48,74%  $\pm$  3,32. La différence est hautement significative ( $P < 0.001$ ).

Nos résultats sont supérieurs à la norme de **CODEX STAN 208, (1999)** qui a indiqué une valeur de l'extrait sec des pâtes molles de 40 %. Selon **Fredot, (2009)** l'élimination du lactosérum entraîne une forte augmentation de la teneur en matière sèche du fromage.

Cette variation de la teneur en extrait sec entre les deux échantillons de pâte molle peut s'expliquer par les légères pertes des constituants du lait dans le lactosérum du fromage industriel. Ce dernier est caractérisé par sa richesse en matière sèche représentant 67.02 % des éléments nutritifs originaires du lait (**Lachebi et al., 2018**).

On peut éventuellement expliquer ces variations dans nos échantillons par le processus technologique d'élaboration du Camembert.

Selon **Sebbane et al. (2021)** la matière sèche a augmenté pendant la maturation avec des différences entre les différents types de fromages. En outre, l'augmentation de la teneur en EST au cours de l'affinage, s'explique par le fait que les constituants de la matière sèche essentiellement la MG et les protéines se concentrent au cours de cette étape de fabrication des fromages (**Halzoun, 2015**).

Ainsi, ces variations peuvent être dues à l'humidité relative. Selon **Riahi, (2006)** l'humidité relative agit indirectement sur la teneur en matière sèche au cœur du fromage.

Le régime alimentaire des vaches laitières adopté par les éleveurs peut être l'un des facteurs de variation de la matière sèche, en effet, **Verdier-Metz et al. (2009)** ont démontré l'effet du régime sur la teneur en matière sèche des fromages en particulier les fromages à pâte molle ( $P < 0,05$ ).

### V.2.2. Variation du pH

D'après les résultats portés dans le tableau 21, le pH du fromage « Saint Amour » est supérieur à celui du Camembert « Le Fermier » ( $p < 0.05$ ), avec une moyenne de  $5,44 \pm 0,27$  et  $5,29 \pm 0,27$  respectivement.

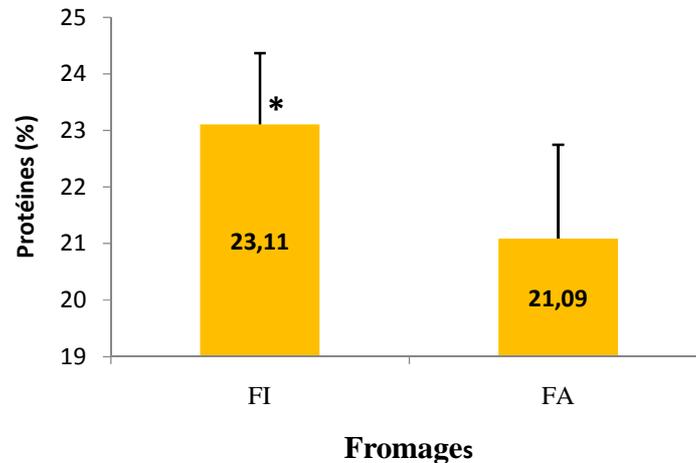
Selon **Vassal et al. (1986)** le pH est le paramètre qui influe le plus sur la texture, même à l'intérieur du fromage. Il s'avère important de noter que le pH est lié à la qualité du fromage : un pH de 5.0 correspond à un fromage de bonne qualité alors qu'un pH supérieur à 5.2 correspond à un fromage qui se détériore plus rapidement qu'un fromage avec pH plus bas (**Alais, 1984**).

On peut éventuellement expliquer ces variations par l'action des moisissures. Les évolutions de pH ont surtout lieu en surface suite à l'action des microorganismes désacidifiants qui s'y développent **Raynaud et al. (2018)**. En effet, selon **Law, (2012)** au cours de l'affinage, la flore de surface, et notamment le *Geotrichum* et le *Penicillium*, métabolisent l'acide lactique entraînant un gradient de pH entre la croûte et le cœur du fromage. Ce gradient est amplifié par la formation d'ammoniac comme produit azoté final de la dégradation des protéines sous l'action de désaminases (**Ribadeau-Dumas, 1984**).

Ces résultats sont probablement dus au type du sel utilisé par les deux fromageries, en effet, selon **Bae et al. (2020)** le type du sel ainsi que sa concentration a des influences majeures sur la protéolyse et les changements de pH, ainsi que sur la croissance des moisissures en surface.

### V.2.3. Variation des protéines

La variation de la teneur en protéines des deux types de fromage est présentée dans la figure 35.



**Figure 35 :** Variation des protéines dans les deux fromages (FI et FA)

La teneur en protéines du fromage « Le Fermier » est supérieure ( $p < 0.05$ ) à celle du fromage « Saint Amour », avec des moyennes de  $23,11 \pm 1,26 \%$  et  $21,09 \pm 1,66 \%$  respectivement.

Ces teneurs en protéines des deux fromages sont supérieures à celles trouvées par **Sebbane et al. (2021)**, pour les mêmes types de fromages à pâte molles étudiés dans la même région que la présente étude. En effet ils ont enregistré des valeurs de  $15,25 \pm 0,06 \%$  et  $17,20 \pm 0,78 \%$  respectivement pour le fromage artisanal et industriel avec une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les deux.

Les taux de protéines observées sont aussi supérieures à celles de **Meribai, (2015)** qui a enregistré des valeurs de  $19,52 \pm 0,97 \%$  et  $19,54 \pm 2,52 \%$  pour les fromages à pâte molle affinés dans le hâloir et dans la cave traditionnelle respectivement mais qui restent non significatives.

La différence de la teneur en protéines dans nos échantillons de fromages pourrait être due à la composition du lait de départ, nous remarquons que la teneur en protéines du lait destiné à la préparation artisanale est supérieure à celle du lait de l'industrie, mais dans les résultats du fromage on en retrouve le contraire. On note que le lait du fromage « le Fermier » subit une pasteurisation et une standardisation et affiné dans un hâloir où toutes les conditions sont bien

contrôlées. Contrairement au fromage artisanal qui est préparé à base de lait cru et affiné dans une cave traditionnelle.

Selon **Jeantet et al, (2008)** l'ensemble des protéines solubles laitières présentent des températures de dénaturation comprises entre 65 et 75 °C, ceci peut expliquer l'ajustement en protéines par l'industrie. Le taux protéique a un effet majeur sur le comportement des laits à la coagulation, notamment en ce qui concerne la vitesse d'organisation et la fermeté du gel. Ce qui justifie pleinement sa standardisation en fromagerie industrielle. (**Collin, 2015**).

La variation de la teneur en protéines dans nos fromages est peut être due à l'influence de la dose de la présure ajoutée lors de l'emprésurage sur la protéolyse. Selon **Ribadeau, (1984)** la protéolyse du fromage est nettement influencée par la dose de présure utilisée. On peut éventuellement expliquer la variation de la teneur en protéines entre les deux produits par l'action de la présure. En effet, la présure dénature les protéines du lait, en les séparant du petit lait (liquide) pour former des grumeaux (lait caillé) qui subissent un nouveau traitement afin de fabriquer le produit fini. On peut aussi expliquer cette différence par les pertes des protéines lors de décaillage du fromage artisanal. D'après **Benaissa, (2018)** les protéines du lactosérum constituent 20 % de la totalité des protéines contenues dans le lait.

#### V.2.4. Variation des chlorures

Les résultats d'analyse (tableau 21) montrent que la teneur en Chlorure du Camembert « Le Fermier » est légèrement supérieure à celle du fromage « Saint Amour » avec une moyenne de  $0,91 \pm 0,1$  % et  $0,82 \pm 0,08$  % respectivement. Cette différence est non significative ( $p > 0.05$ ).

Nos résultats sont inférieurs à ceux indiqués par **Kothe, (2021)** et de **El-Amine, (2018)** dans leurs études où les teneurs en NaCl sont de 1.45 % et de 1.9 % respectivement.

Cette variation de la teneur en sel est peut être due à l'humidité du produit. Selon **Mansour, (1972)** la teneur en sel est approximativement proportionnelle à l'humidité du fromage.

Ces basses teneurs en chlorure de sodium dans nos échantillons peuvent s'expliquer par la composition du fromage, on note que nos deux produits sont riches en matière grasse. Un

facteur conditionnant la prise de sel est la teneur en matière grasse du fromage, son augmentation ralentit la pénétration du sel (**FAO, 1995**). Ceci explique surtout la basse teneur en sel du fromage artisanal.

Cette variation peut aussi être expliquée par la diffusion du sel à l'intérieur du fromage. Selon **Forge, (1977)** il se produit dans certains fromages un trouble de la diffusion du sel, ce qui entraîne une concentration en chlorure de sodium trop faible au cœur du produit. La taille des pores de la matrice fromagère, qui gouverne à la fois la diffusion du NaCl et la diffusion inverse d'eau, la viscosité apparente de la phase aqueuse des fromages, les tortuosités de la matrice fromagère et aussi l'eau liée aux protéines sont les principaux facteurs qui influencent la diffusion du sel vers le fromage (**Boisard, 2012**).

Ces résultats sont probablement dus à la différence dans la technique de salage adoptée par les deux fromageries. L'absorption du sel par le camembert industriel est liée à la saumure. Selon **Chamba, (1988)** l'absorption du sel dépend de la durée du saumurage et des caractéristiques de la saumure : concentration en sel, degré de vieillissement et température.

L'agitation de la saumure étant un moyen de maintenir constantes ses caractéristiques en contact avec le fromage. La maîtrise de chacun de ces facteurs permet d'assurer un salage efficace et régulier. En effet, selon **Ndob et al. (2015)** une modification de la nature ou de la concentration de la saumure au cours de la fabrication entraîne une modification de la concentration des sels dans le fromage, ce qui modifie localement les propriétés physico-chimiques.

Le salage à sec est adopté pour le fromage artisanal qui est liée à la quantité et aux caractéristiques du sel. En effet la quantité du sel reçue par le fromage dépend de la masse de sel collée initialement à la surface. Lorsque cette dernière est très humide, elle capte beaucoup de cristaux de sel, ainsi le moment du salage à sec doit donc être fixé avec précision et la granulométrie du sel soit définie et parfaitement régulière.

### V.2.5. Variation du Gras sur sec « G/S »

Les résultats d'analyse portés dans le tableau 21 montrent que le rapport G/S dans le fromage artisanal est bien plus élevé que celui du camembert industriel ( $p < 0.01$ ) avec une moyenne de  $58,41\% \pm 4,77$  et  $53,56\% \pm 4,64$  respectivement.

Ces résultats correspondent à ceux de **Debry, (2001)** qui détermine un seuil minimum de 45 % de matières grasses sur l'extrait sec dans le camembert.

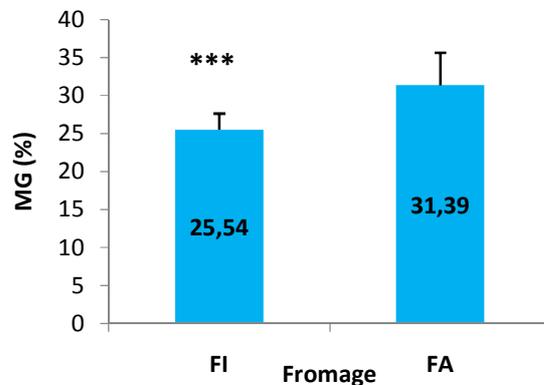
La forme et la teneur en matière grasse conditionnent le degré d'affinage et la saveur du camembert (**Gouedranche et al. 2001**). En outre, selon **Eck et Gillis, (2006)** le taux de la matière grasse dans l'extrait sec contribue directement aux propriétés organoleptiques notamment l'onctuosité qui se caractérise par le toucher gras d'un produit.

Le bon choix de la matière première et le respect de la technique de fabrication permettent l'obtention de produits dans une large gamme de textures : de fluide à ferme et de tartinable à tranchable. Donc on peut expliquer cette variation par la composition du lait en matière grasse et en matière sèche qui sont plus élevées dans le lait de la région Ouacif.

En moyenne, les fromages issus du lait des vaches au pâturage sont plus riches en matières sèches (+0,9 %) et plus gras (+2,2 % de G/S) (**Verdier-Metz et al., 2009**). Ce qui explique les teneurs élevées du G/S du fromage artisanal par rapport à celui de l'industrie dans la présente étude.

### V.2.6. Variation de la matière grasse

Les variations de la matière grasse pour les deux types de fromage sont représentées dans la figure 36.



**Figure 36 :** Variation de la matière grasse dans les deux fromages (FI et FA)

Nous remarquons que le fromage artisanal est plus riche en MG que celui du fromage industriel ( $p < 0.001$ ) avec des moyennes de 31.39 %  $\pm$  4,28 et 25.54 %  $\pm$  2.11 respectivement.

Ces résultats sont dans l'intervalle trouvé par **Adamska et al. 2016** qui sont de 13,07 % à 33,81 % pour les teneurs en MG des échantillons de fromage type pâte molle.

Les teneurs en MG des fromages étudiés sont inférieures à celle définie par **Codex STAN 276, (1973)** qui est de 30%. En revanche elles sont en contradiction avec celles de **Sebbane et al. (2021)** qui ont enregistré des taux de matière grasse au dernier jour d'affinage de 25.99% pour le même fromage artisanal et de 28,75% pour celui de l'industrie.

La différence des teneurs en MG dans nos échantillons de fromage est hautement significative, cette dernière pourrait être due à la composition du lait de vache, en effet la teneur en MG du lait de la région Ouacif est supérieure ( $p < 0,01$ ) à celle du lait collecté par l'industrie.

On peut éventuellement expliquer cette variation de la matière grasse par les pertes de cette dernière dans le lactosérum. Dans la fabrication des fromages à pâte molle, il faut estimer les pertes inévitables à 5 grammes de matière grasse par kilogramme de lait Employé (**Maubois et al. 1970**).

La standardisation peut être aussi l'un des facteurs de variation de la MG, Selon **Froc, (2007)** le lait destiné à la fabrication du Camembert en industrie est standardisé à 27 grammes par litre de matière grasse.

La différence significative en MG des deux types de fromage à pâte molle est probablement due à la lipolyse au cours de l'affinage. Selon **Guizani et al. (2002)**, la quantité de matière grasse, exprimée sur une base sèche, variait relativement peu au cours du processus d'affinage tant à la surface qu'au centre du caillé. La relative constance de la teneur en matière grasse peut être attribuée à la faible réaction de lipolyse qui a lieu à la surface des fromages affinés par les moisissures. Ainsi, il a été avancé que dans les fromages affinés en surface, tels que le camembert, la lipolyse ne touche que 3 à 5% de la graisse totale.

#### **V.2.7.Variation des profils en acides gras**

Le tableau 22, illustre la variation de la composition en acides gras des deux types de fromage.

**Tableau 22:** Résultats d’analyse statistique de la composition en acides gras de la matière grasse des échantillons de fromage.

AG	Moy ± ET FA	Moy ± ET FI	P
C4	1,06 ± 0,24	1,31 ± 0,39	NS
C6	1,03 ± 0,22	1,38 ± 0,16	NS
C8	0,56 ± 0,14	0,82 ± 0,17	NS
C10	1,19 ± 0,29	1,67 ± 0,38	NS
C12	1,70 ± 0,22	2,28 ± 0,56	NS
C14	8,45 ± 0,78	8,55 ± 0,82	NS
C15	1,18 ± 0,02	1,05 ± 0,04	NS
C16	26,63 ± 0,85	26,07 ± 0,62	NS
C17	0,88 ± 0,14	0,79 ± 0,15	NS
C18	16,24 ± 0,79	14,29 ± 2,23	NS
C20	1,23 ± 0,13	1,21 ± 0,04	NS
C14:1	0,53 ± 0,05	0,82 ± 0,17	NS
C16:1	1,28 ± 0,09	1,50 ± 0,19	NS
C17:1	0,54 ± 0,17	0,65 ± 0,24	NS
C18:1	27,03 ± 0,86	26,56 ± 2,33	NS
C20:1	0,32 ± 0,09	0,24 ± 0,00	NS
C18:2	2,90 ± 0,04	5,39 ± 0,68	NS
C18:3	0,80 ± 0,04	0,86 ± 0,03	NS

AG : acides gras ; Moy : moyenne ; ET : écart type ; FA : fromage artisanal ; FI : fromage industriel ; NA : non significatif à P > 0.05

D’après le tableau 22 les teneurs moyennes d’AG obtenues ne présentent pas de variations significatives entre les 2 types de fromage, ces valeurs sont relativement comparables à celles trouvées par **Frétin et al. (2017)** qui ont réalisé une étude comparative sur des fromages issus du lait pasteurisé et du lait cru.

Par ailleurs les proportions d’acide oléique sont nettement supérieures à celles observées par les mêmes auteurs, ainsi que la proportion du groupe d’acides gras polyinsaturés.

V.2.7.1. Variation des groupes d'acides gras saturés

La figure 37 présente la variation de la teneur en groupes d'acides gras saturés des deux types de camembert.

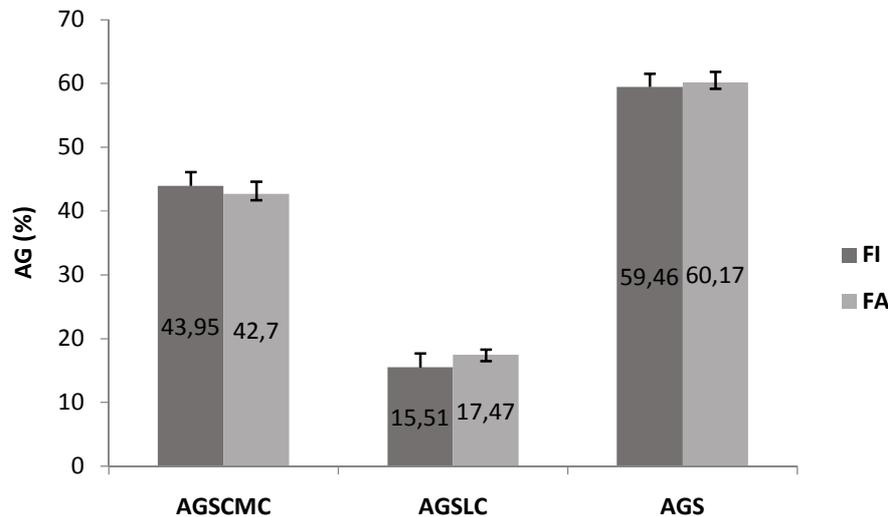


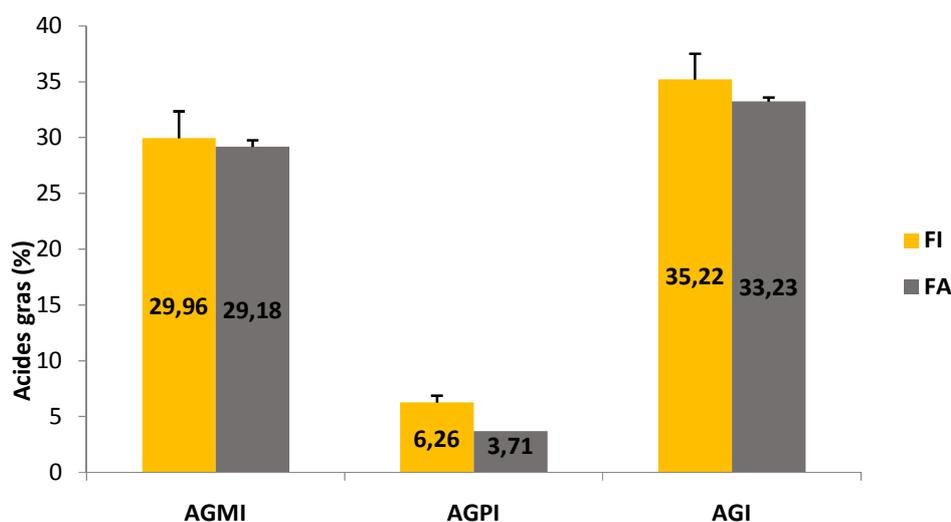
Figure 37 : Variation des groupes d'acides gras saturés dans les deux types de fromage

Bien que la variation entre les différents acides gras saturés des deux fromages étudiés n'est pas significative, on remarque que les AGSCMC sont légèrement élevés dans le camembert industriel alors que les groupes d'acides gras de longues chaînes et les acides gras saturés totaux le sont dans l'artisanal.

Les acides gras les plus dominants sont représentés par l'acide myristique (C14:0) avec des moyennes de 8,45 % ± 0,78 et 8,55 % ± 0,82, l'acide palmitique (C16 :0) avec des moyennes de 26,63 % ± 0,85 et 26,07 % ± 0,62 et l'acide stéarique (C18:0) avec des moyennes de 16,24 % ± 0,79 et de 14,29 % ± 2,23 respectivement pour le fromage artisanal et industriel,

V.2.7.2. Variation des groupes d'acides gras insaturés (AGMI, AGPI et AGI)

Les résultats de variation des acides gras insaturés des deux fromages étudiés sont présentés dans la figure 38.



**Figure 38 :** Variation des groupes d'acides gras insaturés des deux types de fromage (artisanal et industriel)

Les différences ne sont pas significatives ( $p > 0.05$ ) entre les différents acides gras insaturés des deux types de fromage. Cependant, la figure 38 montre que les 3 groupes d'acides gras insaturés (AGMI, AGPI et AGI) sont légèrement élevés dans le camembert industriel.

Parmi les acides gras mono-insaturés, l'acide oléique (C18 :1) est le plus abondant avec une moyenne de  $27,03 \% \pm 0,86$  et  $26,56 \pm 2,33$  respectivement pour les fromages « Saint Amour » et « Le Fermier ». Alors que le taux de l'acide linoléique (C18:2 n-6) est le plus élevé des acides gras poly-insaturés (AGPI) avec une moyenne de  $2,90 \% \pm 0,04$  dans le fromage industriel aussi.

Il en ressort que se sont presque les mêmes variations constatées entre les 2 types de lait sont aussi retrouvées entre les 2 types de fromage. Selon **Vambelle et al. (1978)** la matière grasse ne subit pas de variations significatives au cours de la fabrication du fromage. Dans le même sens la composition des fromages dépend soit majoritairement de la composition initiale du lait et donc des conditions de production de celui-ci, soit exclusivement de la transformation fromagère (**Lucas et al., 2006**).

V.3. Qualité microbiologique des fromages étudiés

Les résultats des analyses microbiologiques des camemberts étudiés sont présentés dans le tableau 23 :

**Tableau 23** : Résultats des analyses statistiques de la qualité microbiologique des deux types de fromage

Germes	Fromage artisanal	Fromage industriel	P
Coliformes totaux log <sub>10</sub> UFC/g	5.2 ± 2.00	4.7 ± 1.5	NS
Coliformes fécaux log <sub>10</sub> UFC /g	3.72 ± 1.27	1.68 ± 0.68	**
Salmonelles log <sub>10</sub> UFC/ 25g	0	0	0
Staphylococcus log <sub>10</sub> UFC/g	0	0	0
Clostridium Sulfito-réducteurs	0	0	0

NS : non significatif ; \*\* P<0.001

D’après le tableau 23, le fromage artisanal fabriqué à partir du lait cru est plus contaminé en coliformes totaux et fécaux que celui de l’industrie qui est préparé à base de lait pasteurisé, avec des moyennes qui dépassent le seuil de conformité recommandé par le **JORA, (1998)**. En effet, la norme algérienne fixe des nombres de 100 UFC/g et 10 UFC/g respectivement pour les coliformes totaux et fécaux dans le fromage à pâte molle.

Statistiquement pas de différences significatives entre les deux types de fromages dans l’évaluation des coliformes totaux, mais dans le cas des coliformes fécaux la variation est très significative entre les deux produits (P < 0.01).

Les fromages à pâte molle fabriqués à partir de lait pasteurisé sont fréquemment contaminés en cours de la fabrication par des coliformes. Sachant que la fromagerie STLD procède à la pasteurisation du lait avant la fabrication du fromage, en revanche, la présence des germes est peut être due aux conditions de production, au personnel et aux conditions de stockage. Après maturation certains agents microbiens peuvent causer de graves problèmes de sécurité alimentaire malgré l’ajout de sel et un pH bas (**Fares, 2007**).

Dans une étude similaire en comparant le même fromage artisanal à celui produit par l'industrie sur l'évolution des groupes microbiens durant l'affinage des pâtes molles, **Sebbane et al, (2021)** ont aussi signalé la présence d'une certaine charge en coliformes totaux et fécaux dans les deux types de fromage. Néanmoins le nombre de ces coliformes diminuent progressivement vers la fin de la période d'affinage.

En outre dans leurs travaux sur la qualité microbiologique des fromages artisanaux, **Vivegnis et al, (1998)** ont trouvé une charge moyenne  $2.57 (\pm 2.06)$  log UFC/g en coliformes thermotolérants dans les fromages analysés.

Tous les échantillons de fromage analysés se sont avérés indemnes en staphylocoques, en salmonelles, et en clostridium sulfite-réducteurs. Cette absence en microflore pathogène est due probablement au développement d'une microflore d'affinage qui modifie les caractéristiques physico-chimiques et libère des peptides à activité antibactérienne contre ces germes (**Kirdar et al., 2018**).

#### V.4. Qualité Sensorielle des fromages étudiés

L'analyse sensorielle d'un aliment est considérée comme un facteur déterminant pour son acceptabilité par les consommateurs. L'aspect d'un fromage, sa couleur, son odeur, sa consistance, et sa saveur stimulent le sens de la vue, du toucher, de l'odorat, et du goût en provoquant une réaction hédonique pouvant aller de l'appréciation au rejet, mais qui peut varier d'un individu à un autre (**Issanchou et Martin, 2018**).

La qualité sensorielle des fromages dépend d'un grand nombre de facteurs liés à la fois à la technologie de fabrication et aux caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait mis en œuvre. Ces dernières dépendent aussi des facteurs de production en amont comme l'alimentation et le mode d'élevage des animaux qui tiennent une place prépondérante puisqu'ils peuvent conférer aux produits élaborés des caractéristiques particulières.

La composition intrinsèque du fromage (pH, aw) et les facteurs environnementaux (température, humidité relative, débit d'air, composition atmosphérique dans le hâloir) ont également une grande influence sur le développement de l'apparence et des propriétés sensorielles des fromages de par leur action sur la croissance microbienne et l'activité enzymatique (**Vanden Tempel et Nielsen, 2000**).

L'analyse sensorielle a porté sur les deux types de fromages à pâte molle commercialisables (l'industriel et l'artisanal) en une séance de dégustation qui s'est déroulée au laboratoire physico-chimique du département d'Agronomie de l'université de Tizi Ouzou. Les fromages sont découpés et présentés en aveugle avec des fiches de dégustation aux dégustateurs pour noter séparément l'aspect de la croûte, la couleur, l'odeur, le goût et la texture de la pâte à la coupe. (Les échelles de notation sont présentées en annexe 5).

Le groupe chargé de la dégustation est composé d'étudiants, et d'enseignants (au total 15 personnes).

Comme il a été indiqué ci-dessus (tableau 23) les laits de mélange et les fromages fabriqués à partir de ces derniers ont subis des analyses microbiologiques pour s'assurer de leur qualité hygiénique avant la dégustation. Sachant que le lait destiné au fromage artisanal n'a pas été pasteurisé.

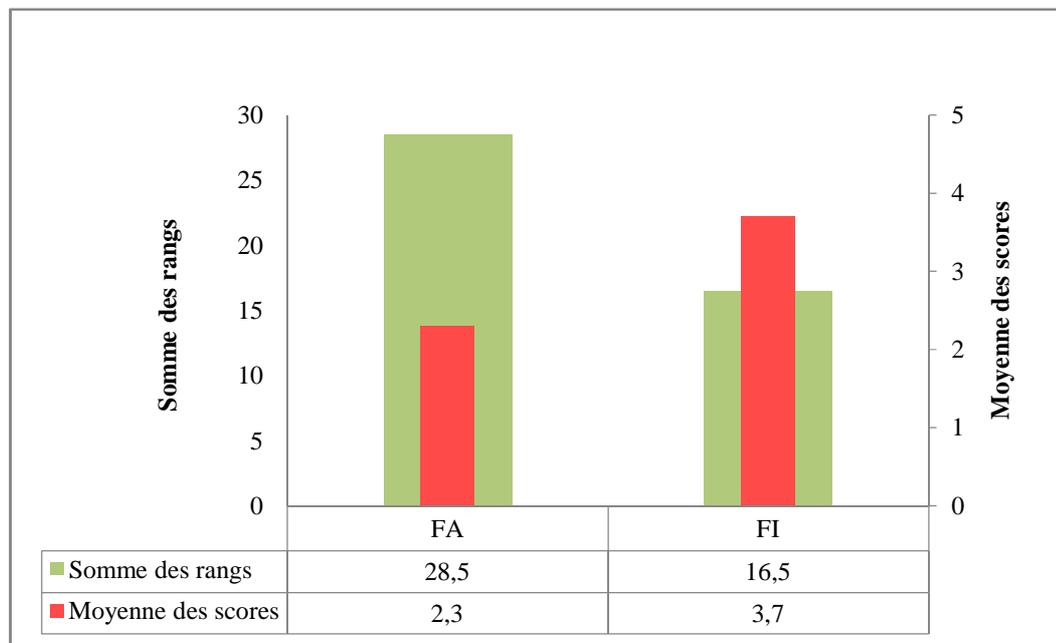
L'analyse statistique des analyses sensorielles des fromages a été réalisée à l'aide de la méthode de **Kramer (1960)**, qui se base sur la somme des rangs (classement selon le score attribué au fromage) et la moyenne des scores attribués par les 15 sujets de dégustation (voir les tableaux des résultats en annexe 5) pour chacun des deux fromages. La différence entre les deux fromages est dite non significative dans l'intervalle de rang total [18 -24] au seuil de 5% de probabilité (voir la table de Kramer en annexe 5).

#### **V.4.1. Aspect de la croûte**

L'apparence de la croûte des fromages dépend essentiellement de la composition microbiologique, et notamment des microorganismes volontairement inoculés (ferments). Leur croissance sur la croûte dépend du microbiote du lait, du pH de la croûte et des conditions d'affinage incluant l'ambiance de la cave, les soins apportés aux fromages et la durée d'affinage (**Frétin, 2016**).

Le développement de la croûte joue plusieurs fonctions. Elle contribue non seulement aux arômes et aux saveurs du fromage par l'extérieur, mais elle crée aussi les conditions favorables au développement de la flore à l'intérieur. En favorisant la croissance d'une flore bénéfique sur la surface du produit, et crée une concurrence bactérienne qui empêche une flore indésirable de s'y développer.

La figure 39 représente la somme des rangs et la moyenne des scores de l’aspect de la croûte des deux fromages étudiés qui est évalué par les membres de jury de dégustation en prenant en considération sa couleur, sa texture (souple, dure,) et l’aspect de sa surface (lisse, irrégulière).



FA : fromage artisanal ; FI : fromage industriel

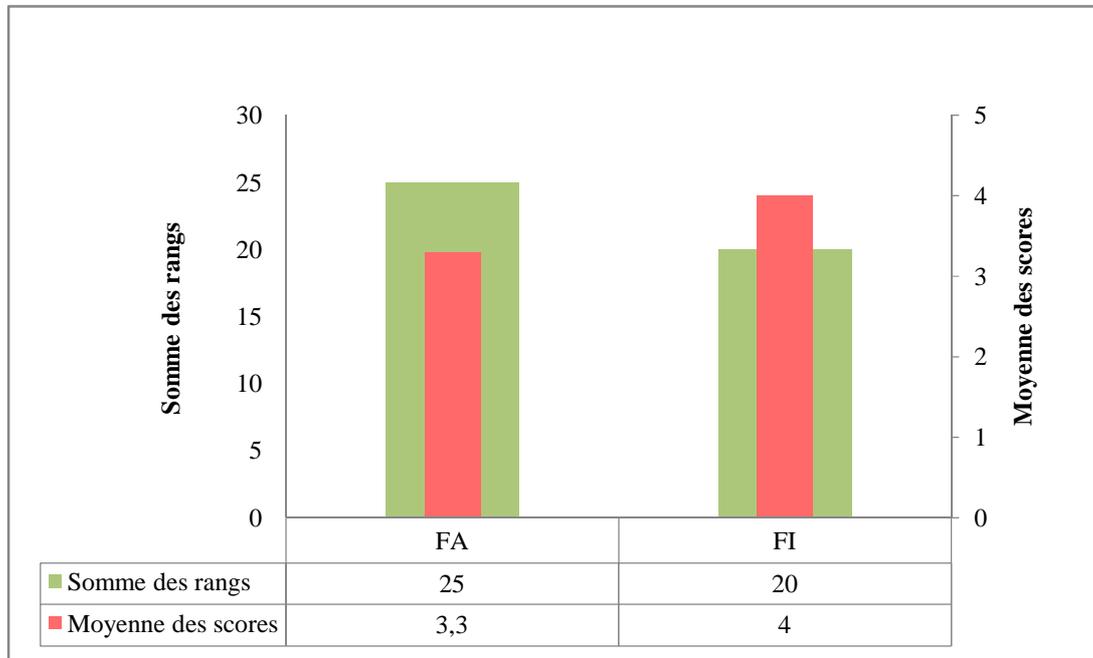
**Figure 39** : Somme des rangs et moyenne des scores de l’aspect de la croûte des deux fromages (FA et FI)

Selon la somme des rangs les résultats du test de Kramer indiquent qu’il y a une différence significative entre les deux types de fromage à 5% de probabilité pour l’aspect de la croûte. Le fromage industriel présente une croûte plus appréciée par les panélistes avec une somme des rangs inférieure à 18 et une moyenne des scores qui dépasse la limite acceptable (2.5) par rapport au fromage artisanal dont la somme des rangs > 24 et une moyenne des scores inférieure à 2.5.

La plupart des membres du jury de dégustation ont trouvé que le fromage artisanal présente une croûte plus fine et irrégulière, et d’une couleur crème orange assez sèche, contrairement au fromage industriel qui a une croûte blanche, lisse et épaisse grâce à la pulvérisation du pénicillium sur sa surface. Plusieurs études ont montré que l’aspect de la croûte dépend principalement des microorganismesensemencés sur celle-ci (Fretin, 2016).

V.4.2. La couleur de la pâte

La figure 40 illustre la somme des rangs et la moyenne des scores de la couleur de la pâte.



FA : fromage artisanal ; FI : fromage industriel

**Figure 40:** Somme des rangs et moyenne des scores de la couleur de la pâte des deux types de fromages

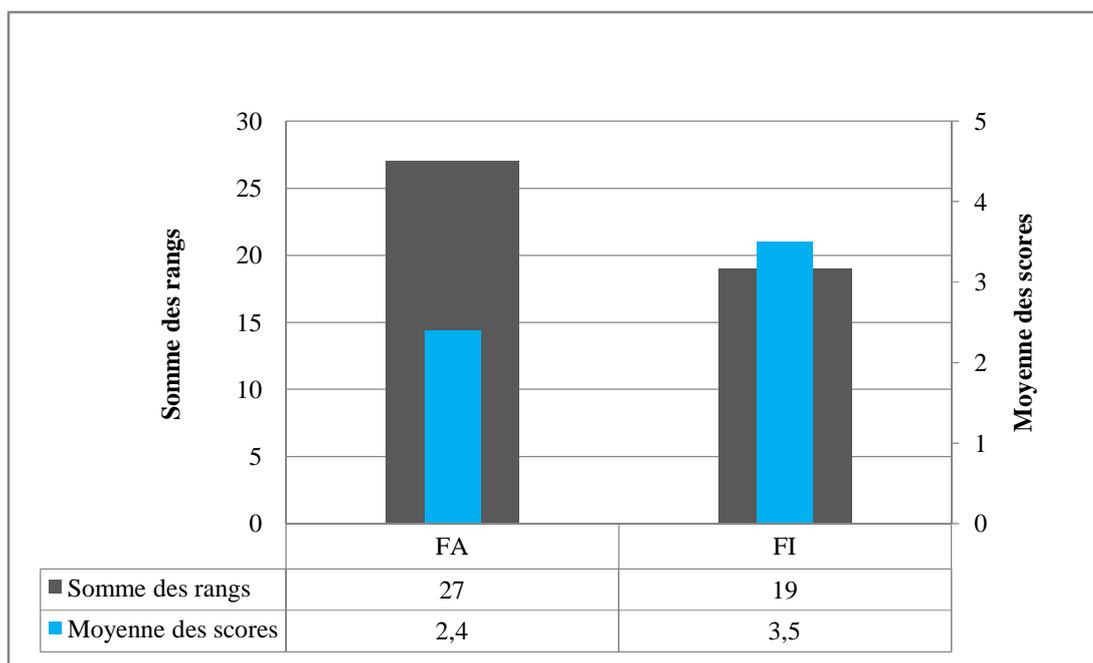
L’observation de la somme des rangs et des scores attribuées par le jury de dégustation montre une couleur de la pâte plus appréciée pour le fromage industriel par rapport à l’artisanal.

En effet ce dernier présente une somme des rangs supérieure à 24, ce qui indique une différence significative à une probabilité de 5 % entre les deux produits. Cependant la moyenne des scores dépasse la limite acceptable de 2.5 dans les deux cas. Les membres de jury ont remarqué que la couleur du fromage artisanal est jaunâtre, ce qui peut s’expliquer par le rapport de G/S plus élevée de ce dernier par rapport à l’industriel. Selon **Martin et al, (2005)**, la coloration jaune de la pâte des fromages est due principalement aux pigments caroténoïdes (dont le  $\beta$ -carotène) qui sont présents dans les feuilles des végétaux. Ces derniers sont ingérés puis absorbés au niveau intestinal et transportés par voie sanguine jusqu’à la glande mammaire où ils sont sécrétés dans le lait.

Dans une étude réalisée par **Coppa et al, (2012)** il a été confirmé que les fromages issus des lots de vaches au pâturage ont présenté une pâte plus jaune que les fromages issus des vaches alimentées avec une ration à base de foin et de concentré.

**V.4.3. L’odeur du fromage**

La figure 41 présente la somme des rangs et la moyenne des scores pour le paramètre odeur des deux types de fromage



FA : fromage artisanal ; FI : fromage industriel

**Figure 41:** Somme des rangs et moyenne des scores de l’odeur des deux types de fromage

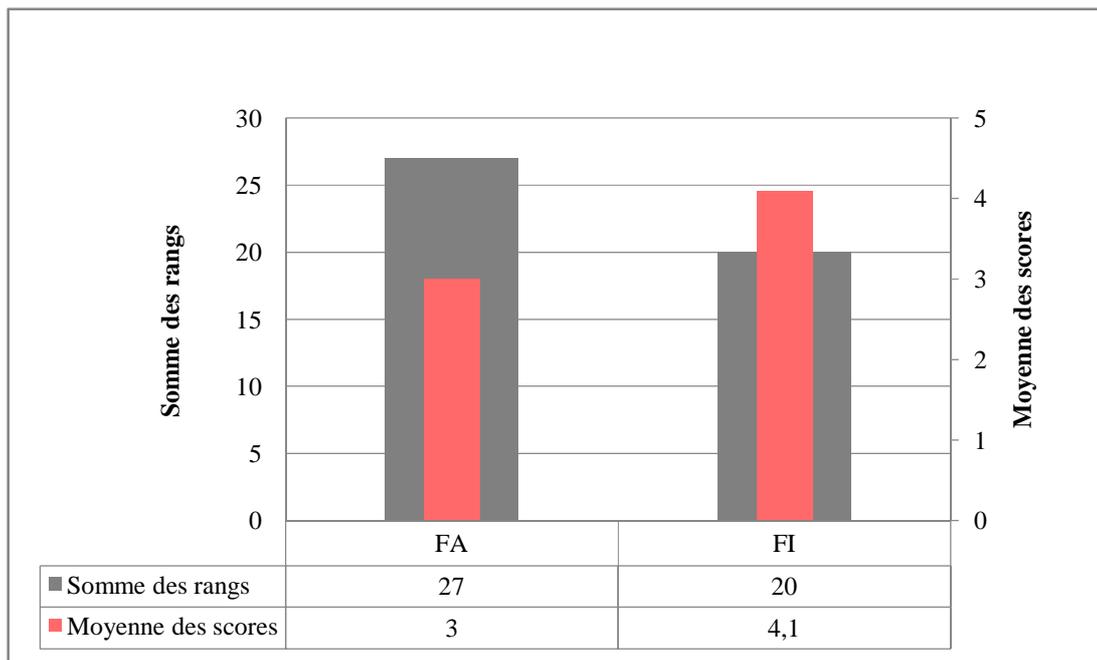
Selon la somme des rangs et la moyenne des scores (figure 41) l’odeur varie significativement à une probabilité de 5 % entre les deux types de fromage. En effet le produit artisanal présente une odeur prononcée peu appréciée par le jury de dégustation avec une moyenne des scores inférieure à 2.5 (limite acceptable) et une somme des rangs supérieure à 24.

Les mêmes remarques ont été constatées dans d’autres travaux en précisant que les fromages provenant des prairies d’altitude ont présentés des arômes plus diversifiés et plus intenses que

ceux de plaines et des vallées qui se caractérisent par une saveur moins intense et moins diversifiée (Martin *et al.*, 2003 ; Coppa *et al.*, 2012)

V.4.4. Le goût du fromage

La figure 42 illustre la somme des rangs et la moyenne des scores du paramètre goût des deux fromages



FA : fromage artisanal ; FI : fromage industriel

Figure 42: Somme des rangs et moyenne des scores du goût des deux types de fromage

Les résultats statistiques (figure 42) révèlent une différence significative à une probabilité de 5 % pour le paramètre goût entre les deux types de fromage. En effet la somme des rangs pour le fromage artisanal est supérieure à 24, ce qui indique qu’il est moins apprécié par le jury de dégustation par rapport à l’industriel. Cependant la moyenne des scores est supérieure à 2.5 (limite acceptable) pour les deux fromages (donc leurs goûts ne sont pas médiocres).

Les panélistes ont trouvé que le fromage artisanal avait un goût plus acide, et plus prononcé que l’industriel ce qui est dû à la nature des ferments utilisés et à la diversité des microorganismes du lait cru.

L'utilisation de lait cru ou pasteurisé pour la production de fromages a un impact sur la flaveur du produit fini. En effet, il a été démontré que les fromages préparés à partir de lait cru présentaient une quantité plus importante de composés d'arôme par rapport aux fromages produits à base de lait pasteurisé (**Beuvier et Buchin, 2004**).

Une augmentation de la diversité des chemins métaboliques (par une plus grande diversité des espèces) et une accélération de l'affinage (par une plus grande quantité de microorganismes de la microflore secondaire) dans le fromage au lait non pasteurisé contribuent grandement à la production d'arômes. Il y aurait d'avantage de protéolyse secondaire (plus d'acides aminés libres) et de lipolyse dans les fromages au lait cru.

Il en est de même pour les composés volatils, les alcools, les esters et les composés soufrés (**Marilley et Casey, 2004**).

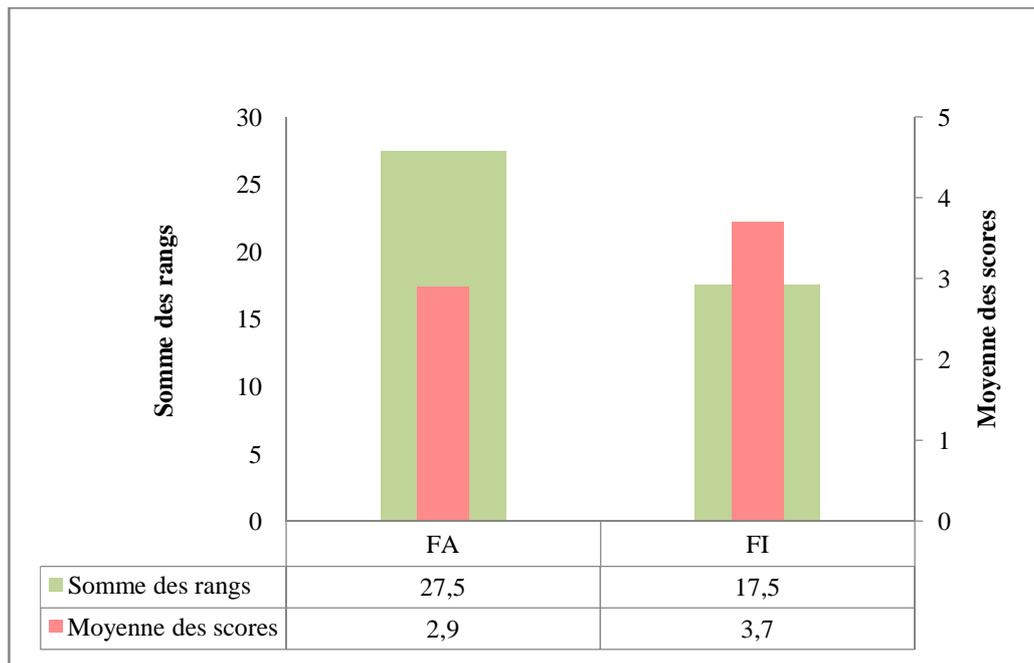
#### **V.4.5. La texture du fromage**

La figure 43 représente la somme des rangs et la moyenne des scores attribués par les membres de jury de dégustation pour le paramètre texture des deux fromages.

Selon la somme des rangs observée (figure 43), le fromage industriel est significativement meilleur à une probabilité de 5 % (somme des rangs < 18). Cependant les moyennes des scores dépassent la limite acceptable pour les deux produits, ce qui nous laisse juger qu'ils sont bien appréciés par les panélistes avec une préférence en faveur du fromage industriel.

Dans la plupart des cas les membres de jury de dégustation ont jugé que le fromage fermier présente une texture peu ferme et plus crémeuse par rapport au fromage industriel.

Selon **Fretin et al, (2012)** les fromages de montagne provenant des laits de pâturage sont moins élastiques et cohésifs que les fromages de vallées. Ces différences sont attribuées à l'activité intense de la plasmine impliquée dans la protéolyse primaire et à la proportion plus élevée des AGI à longues chaînes dans les laits d'altitude.



FA : fromage artisanal ; FI : fromage industriel

**Figure 43:** Somme des rangs et moyennes des scores de la texture des deux types de fromage

Selon **Hennequin et Hardy, (1997)**, l'influence des diverses variables relatives à la composition (teneur en protéines, teneur en sel, teneur en eau, pH, teneur en matière grasse) est importante sur la contribution texturale. Ces auteurs ont montré que le pH et l'extrait sec total sont les deux variables qui agissent le plus sur la fermeté du fromage de type « pâte molle ».

Ces différences de texture constatées entre les deux types de produits peuvent être dûes aussi aux différences génotypiques des animaux utilisés dans les deux systèmes de production (**Martin et al., 2003**). En effet dans la présente étude les animaux du système de montagne pour la plupart issus de la race locale ou de races croisées. Comme elles peuvent être dûes aux pratiques de fabrication des fromages étudiés (**Martin et Coulon, 1995**).

## Conclusion

---

Cette présente étude vise d'une part à mieux caractériser le lait à travers les deux races bovines importées (Holstein et Montbéliarde) dominantes par leur effectif et la race locale dont le nombre est en régression progressive, en analysant les variations de la production du lait, sa qualité physico-chimique et les profils en acides gras de sa matière grasse en fonction de la race, du stade de lactation, du numéro de lactation et du système d'élevage, et d'autre part d'évaluer les effets des principaux facteurs susceptibles d'influencer la composition et les caractéristiques des fromages à pâtes molles par la comparaison de deux types de fromage à pâte molle dont l'un est issu d'une fabrication industrielle, et l'autre est issu d'une préparation artisanale provenant d'une ferme en montagne où les vaches sont nourries essentiellement en pâturages.

Dans le système extensif de montagne la race a un effet hautement significatif ( $p < 0,001$ ) sur la production laitière. En effet la quantité journalière de lait produite par les vaches de race Holstein est nettement plus élevée que celles des vaches de la race locale ( $20,04 \text{ Kg/j} \pm 5,31$  et  $7,92 \text{ Kg/j} \pm 2,61$  respectivement pour la Holstein et la race locale). Plusieurs auteurs ont confirmé que les races locales sont peu productives contrairement à la race Holstein qui a un haut potentiel de production.

En système intensif, bien que la production journalière de lait est plus importante pour la race Holstein par rapport à la race Montbéliarde, mais cette variation est non significative ( $p > 0,05$ ). Les résultats indiquent que les quantités de lait produites restent très faibles par rapport à celles produites dans les pays d'origine des races importées.

Les taux protéiques et l'extrait sec dégraissé varient d'une façon significative entre la race Holstein et la race locale ( $p < 0,05$ ), avec des teneurs protéiques de  $31,01 \pm 1,52 \text{ g/l}$  et  $33,13 \pm 3,63 \text{ g/l}$  et de matière sèche dégraissée de  $79,19 \pm 1,32 \text{ g/l}$  et  $84,88 \pm 2,7 \text{ g/l}$  respectivement pour la Holstein et la race locale, indiquant ainsi que cette dernière est apte à convertir des aliments médiocres en composants utiles du lait tels que les protéines.

Par ailleurs en système intensif la teneur en matière grasse (MG) est plus élevée chez la Holstein que la Montbéliarde ( $p < 0,05$ ), avec un taux de  $41,05 \pm 1,1 \text{ g/l}$  versus  $36,56 \pm 1,47 \text{ g/l}$ .

La teneur en cellules somatiques dans le lait varie très significativement ( $p < 0,01$ ), en effet le lait de la race locale présente une teneur de  $19,25 \cdot 10^3 \pm 2,12$  contre  $104,66 \cdot 10^3 \pm 73,08$  pour la Holstein. Ce qui est une conséquence de la grande différence dans les quantités de lait produites quotidiennement par les deux races.

## Conclusion

---

Les temps de coagulation évalués en utilisant les deux agents coagulants (la présure commerciale et l'extrait de pepsine ovine), varient significativement entre les deux races aussi bien dans le système intensif qu'extensif. En effet le temps de coagulation est plus court chez la race locale par rapport à la race Holstein, alors que le lait de cette dernière coagule plus rapidement par rapport à celui de la Montbéliarde.

L'influence de la race est négligeable sur la variation des profils en acides gras (AG) entre les deux races du système extensif (race locale et Holstein).

L'effet du stade de lactation a été analysé en système intensif sur des vaches laitières multipares appartenant à deux races (Montbéliarde et Holstein) conduites ensemble dans les mêmes conditions d'élevage.

L'influence marquée du stade de lactation sur la production laitière ( $p < 0,05$ ) est en accord avec l'évolution théorique de la lactation, cette dernière atteint un pic de  $16,16 \pm 4,96$  Kg /j au deuxième stade versus  $14,25 \pm 6,61$  Kg/j au premier mois et  $9,12 \pm 3,19$  Kg/j à la fin de lactation.

Les autres paramètres comme les teneurs en matière utiles et la matière sèche, bien qu'ils évoluent généralement de façon inverse à la quantité de lait produite, ne présentent pas de différences significatives entre les 3 stades.

Cependant l'effet du stade de lactation a été confirmé par des variations significatives sur les temps de coagulation évalués avec de la présure ( $P < 0,01$ ) et la pepsine ovine ( $p < 0,05$ ) qui sont mieux appréciés en milieu de lactation pour leur courte durée par rapport aux deux autres stades de lactation.

De nombreux acides gras saturés et insaturés dans la matière grasse du lait varient en fonction du stade de lactation ( $p < 0,05$ ) et sont pour la plupart en faveur du premier stade de lactation.

Le numéro de lactation a été évalué dans un système intensif sur les mêmes races et les mêmes conditions d'élevage que le stade de lactation mais son influence a été négligeable par rapport à ce dernier.

L'effet du système d'élevage a été analysé en comparant deux groupes de vaches laitières toutes multipares et en milieu de lactation issues de la même race (Holstein) pour aboutir à des résultats plus fiables. Cela a permis de mettre en évidence d'importantes variations dans la composition du lait entre les deux systèmes étudiés. Ainsi les teneurs en protéines et en lactose

## Conclusion

---

sont en faveur des vaches conduites en système intensif ( $p < 0,05$ ) avec des taux protéiques de  $31,9 \pm 1,75$  g/l et  $31,01 \pm 1,52$  g/l et des teneurs en lactose de  $46,53 \pm 2,77$  g/l et  $44,86 \pm 3,05$  g/l respectivement pour le lait du système intensif et le lait du système extensif. Cette variation peut être attribuée à la richesse de la ration en énergie et en protéines contenues dans l'ensilage de ray-grass et les aliments concentrés distribuée en système intensif.

L'effet du système d'élevage sur la variation de la composition en acides gras du lait est plus important. En effet le lait des vaches Holstein issues du système intensif contient plus d'acides gras saturés tels que l'acide caprique et laurique ( $p < 0,05$ ), et l'acide myristique ( $p < 0,01$ ).

Contrairement aux vaches Holstein conduites en système extensif de montagne, leur lait est plus riche en acides gras insaturés tels que les acides gras impairs C15 :1 et C17 :1 ( $p < 0,001$ ), l'acide vaccénique ( $p < 0,05$ ) et l'acide  $\alpha$  linoléique ( $p < 0,001$ ). Cette variation dans les acides gras saturés et insaturés ne peut être attribuable qu'aux régimes alimentaires qui sont complètement différents entre les deux systèmes.

Par ailleurs l'étude statistique des résultats d'analyse du lait de mélange a montré des différences très significatives dans la qualité physico-chimique, notamment en matières utiles (matière grasse et protéines) entre le lait de mélange destiné à l'industrie et celui collecté en montagne pour les produits artisanaux.

Les résultats d'analyse de la comparaison des deux types de fromage à pâte molle étudiés : l'Artisanal issu d'une région montagneuse et l'industriel issu de la région de Draa Ben Khedda, ont montré que le fromage artisanal est plus riche en matière grasse ( $p < 0,05$ ) et en matière sèche qui sont respectivement de  $31 \pm 4,28$  % et  $53,63 \pm 4,45$  % contre  $25,54 \pm 2,11$  % et  $48,35 \pm 3,32$  % pour le fromage industriel. Cependant ce dernier est plus riche en protéines avec une moyenne de  $23,11 \pm 1,26$  % versus  $21,09 \pm 1,66$  %.

Le régime alimentaire des vaches laitières adopté par les éleveurs est aussi l'un des facteurs de variation de la matière sèche et de la composition des fromages. Par ailleurs les profils en acides gras des deux types de camemberts ne révèlent aucune différence significative entre les deux types de fromages. Ces résultats indiquent que la composition de la matière grasse des fromages ne subit pas d'importantes variations au cours de la fabrication et qu'elle dépend essentiellement des facteurs de production de lait et de sa composition initiale.

## Conclusion

---

L'analyse de la composition du fromage a été suivie par l'évaluation sensorielle après l'affinage à l'aide des fiches de dégustation. Les camemberts industriels s'avèrent de meilleure qualité microbiologique et organoleptique.

L'exploitation de ces résultats permet d'une part d'avoir un aperçu sur les profils en acides gras des laits et fromages à pâte molle ainsi que leur variation en fonction des facteurs de production, de valoriser les fromages artisanaux de terroir préparés à base de lait cru pouvant bien contribuer aux bienfaits de la santé et à l'amélioration de l'économie rurale et d'autre part de valoriser aussi les races locales dont les attributs souhaitables ne sont pas encore bien documentés

Comme recommandations, il serait intéressant de poursuivre et compléter ce travail en :

- Augmentant le nombre d'échantillons de lait et de fromage pour constituer des bases de données sur la qualité de ces deux produits.
- Réalisant une étude de la composition en acides aminés par la méthode de chromatographie d'échange d'ions et la méthode chromatographie en phase liquide à haute performance.
- Procédant à une analyse par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) pour la détermination des vitamines (liposolubles et hydrosolubles) et des minéraux.
- Préparant des fromages à base de pepsine ovine
- Analysant le lait individuel et de mélange à plusieurs reprises durant l'année pour bien évaluer les variations de sa qualité suivant les changements d'alimentation et de la saison
- Caractérisation du lait de la race locale en analysant les variants génétiques de ses protéines.
- Analyse des profils en acides gras des fourrages.

## Références bibliographiques

---

- Abdelaziz, B., Bouriache, H. E., & Farida, L. 2013.** Effet du stade de lactation sur la qualité physico-chimique du lait de vache Holstein élevée en région Est d'Algérie. *Livestock Research for rural development*. 25(7).
- Abdelguerfi A., Laouar M., 2000.** Conséquences des changements sur les ressources génétiques du Maghreb. *Options méditerranéennes, série A, n° 39*, pp 77-87.
- Abdelli, R., Sadia, Y., Kaouche, S., & Benhacine, R. 2021.** Etat des lieux de la filière laitière en Algérie et perspectives de développement. *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 11(1), 11-11.
- Adamou S., Bourennan N., Haddabi F. et Hamidouch S., 2005.** Quel rôle pour les fermes pilotes dans la préservation des ressources génétiques en Algérie ? Série de document travail n°126, Algérie, 79p.
- Adamska, A., Rutkowska, J., & Przybylski, W. 2016.** Comparison of fatty acid composition of milk from Simmental and polish Holstein-Friesian cows in different production seasons. *Ann. Anim. Sci*, 16 (4), 211–1225.
- AFNOR, 1986.** Contrôle de la qualité des produits laitiers : analyses physico-chimiques. Ed : AFNOR (3<sup>rd</sup> ed.) ITSV, 1030 p.
- AFNOR, 2000.** Corps gras et produits dérivés (Tome 1). AFNOR, ITSV, 643p.
- 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.
- Agabriel C., Coulon J.B., Marty G., 1991.** Facteurs de variation du rapport des teneurs en matières grasses et protéiques du lait de vache : Etude dans les exploitations des alpes du nord. *INRA Prod. Anim.*, Vol 4, n° 2, p.p. 141- 149.
- Agabriel C., Coulon J.B., Journal C., De Rancourt B., 2001.** Composition chimique du lait et systèmes de production dans les exploitations du massif central. *INRA Prod.Anim.*, vol. 14, n° 2, p.p. 119- 128.
- Aggad, H., Mahouz, F., Ahmed Ammar, Y., & Kihal, M. 2009.** Évaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien. *Rev Méd Vét*, 160, 590-595.
- Agoumi, A. 2003.** Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques: Besoin réel et urgent d'une stratégie d'adaptation et de moyens pour sa mise en oeuvre. Maroc, Institut international du développement. 14p.
- Ahlman T. 2010.** Organic dairy production: Herd characteristics and genotype by environment interactions. Doctoral Thesis.; 59.
- Alais, C. (1984).** Principes des techniques laitières, science du lait. Ed. SEPAIC . 4 ed.68.

## Références bibliographiques

---

- Alais C., Linden G., Mielo L., 2003.** Abrégé en biochimie alimentaire. Paris, Dunod, 250p.
- Alais C., Linden G., Mielo L., 2008.** Abrégé en biochimie alimentaire. Paris, Dunod, 260p.
- Alexander, M., & Dalgleish, D. G. 2004.** Application of transmission diffusing wave spectroscopy to the study of gelation of milk by acidification and rennet. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 38(1-2), 83-90.
- 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.
- Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., & Simpson, R. 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. *Science et technologie du lait*, 1-74.
- Anonyme 1, 2021.** DSA (Direction des Services Agricoles), 2019. Annuaire des statistiques agricoles de la Wilaya de Tizi-Ouzou. *Service des Statistiques*.
- Anonyme 2, 2019.** DSA (Direction des Services Agricoles), 2019. Annuaire des statistiques agricoles de la Wilaya de Tizi-Ouzou. *Service des Statistiques*.
- Anonyme 3., 2019.** Direction des services agricoles (DSA) d'Ain Defla. Annuaire des statistiques agricoles de la Wilaya de Ain Defla. *Service des Statistiques*.
- AOAC. 1990.** Official Methods of Analysis. Vol 1, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Araba A., 2006.** L'alimentation de la vache laitière pour une meilleure qualité du lait : Comment augmenter les taux butyreux et protéiques du lait. Transfert de technologie en agriculture, n° 142, p.p. 1-3.
- Arnould VR, Soyeurt H. 2009.** Genetic variability of milk fatty acids. *J Appl Genet.* 50(1):29-39.
- Attia Kh., Bouzid R., Rezig F., Hocine A., & Agad H., 2019.** "Etude critique de la pratique d'élevage des bovins de race locale dans la région d'El Tarf (Nord-est algérien) ». *Revue Algérienne des sciences de la nature et de la vie et des sciences techniques*, vol. 2.
- Bachtarzi, N., Amourache, L., & Dehkal, G. 2015.** Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien). *Int J Innov Sci Res* 17.1 (2015): 34-42.
- Bae, H. C., Nam, J. H., Renchinkhand, G., Choi, S. H., & Nam, M. S. 2020.** Physicochemical changes during 4 weeks ripening of Camembert cheeses salted with four types of salts. *Applied Biological Chemistry*, 63(1), 1-12.
- Banks, J. M., & Horne, D. S. 2003.** Cheeses| Chemistry of Gel Formation.1056-1062.

## Références bibliographiques

---

- Barash H., Silanikove N., Weller J.I., 1996.** Effect of season of birth on milk, fat and production of Israeli Holsteins. *J. Dairy Sci.* 79, p.p. 1016-1020.
- Barash H., Silanikove N., Shamay A., Ezra E., 2001.** Interrelationships among ambient temperature, day length, and milk yield in dairy cows under a Mediterranean climate. *J. Dairy Sci.* 84, p.p. 2314-2320.
- Bargo, F., Delahoy, J.E., Schroeder, G.F., Muller, L.D., 2006.** Milk fatty acid composition of dairy cows grazing at two pasture allowances and supplemented with different levels and sources of concentrate. *Anim. Feed Sci. Technol.* 125, 17–31.
- Bauman DE, Griinari JM. 2003.** Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu Rev Nutr.* 23(1):203-227. DOI: 10.1146/annurev.nutr.23.011702.073408
- Beaulieu, A.D., Palmquist, D.L. 1995.** Differential effects of high fat diets on fatty acid composition in milk of Jersey and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 78, 1336–1344.
- Bedrani S, Boukhari N, Djenane A, 1997.** Prix et subvention. Effet sur les agricultures familiales méditerranéennes. In option Méditerranéennes, Série B, n°11.
- Beever, D. E., J. D. Sutton, et C. K. Reynolds. 2001.** Increasing the protein content of cow's milk. *Aust.J Dairy Technol.* 56:138.-149.
- Bekhouche-Guendouz N., 2011.** Evaluation de la Durabilité des Exploitations Bovines Laitières des Bassins de la Mitidja et d'Annaba. Thèse en cotutelle Présentée en vue d'obtention du grade de : Docteur de l'Institut National Polytechnique de Lorraine et Docteur de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger Spécialité : Sciences Agronomiques, 308p.
- Beldjoudi Z., Daoud Y., 2001.** Etude expérimentale de l'influence des conditions salines sur l'assimilation de l'azote par le blé. Séminaire national sur la problématique de l'agriculture des zones arides et de la reconversion, Sidi Bel Abbes, Algérie, 22-24 janvier 2001, pp 115-120.
- Belhadia M., Saadoud M., Yakhlef H., Bourbouze A., 2009.** La production laitière bovine en Algérie : Capacité de production et typologie des exploitations des plaines du Moyen Cheliff. *Revue Nature et Technologie.* n° 01, p.p. 54-62.
- Bellil, K., & Boukrif, M. (2021).** Les réformes de la filière lait en Algérie: Bilan et perspectives. *les cahiers du cread*, 37(2), 129-157.
- Benaissa R., 2010.** Problématique de la filière lait en Algérie. 8èmes Journées Scientifiques Vétérinaires : la filière lait en Algérie : un défi à relever, Algérie 18-19 avril 2010.
- Benaissa M., 2018.** Valorisation Du Lactosérum Par Les Bactéries Lactiques. Université D'Oran Ahmed Ben Bella Faculté Des Sciences de la nature et de la vie département De Biotechnologie. Thèse De doctorat En sciences spécialité: Biotechnologie option Ecosystèmes Microbiens Complexes.

## Références bibliographiques

---

**Bencharif A.**, 2001. Stratégie des acteurs de la filière lait en Algérie : état des lieux et problématique. In : les filières et marché du lait et dérivés méditerranéennes. Option méditerranéenne, série B, n°32 :25-45.

**Benmalle – Remane Y.** 2012. Thèse de magister : Influence de quelques paramètres de production (numéro de lactation, stade de lactation et race) sur la qualité du lait et ses aptitudes fromagères. École nationale supérieure agronomique El-Harrach – Alger.

**Benyahia Krid, F.A.**, 2013. Extraction de la pepsine et utilisation dans la coagulation du lait en vue d'une valorisation des proventricules de volailles au profit de la filière lait en Algérie. Thèse de doctorat, I.N.A.T.A-A.

**Benyoucef M.T** 2005. Diagnostic systématique de la filière lait en Algérie. Organisation et traitement de l'information pour analyse des profils de livraison en laiteries et des paramètres de production des élevages. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. Alger : INA (Institut National Agronomique).

**Béranger, C., & Bonnemaire, J.** 2008. Prairies, herbivores, territoires: quels enjeux ?. Editions Quae.

**Bereskin B., Freeman A.**, 1965. Genetic and environmental factors in dairy sire evolution. In effects of herds, months and year- season on variance among lactation records repeatability and heritability. *J. Dairy Sci*, 48, p.p. 347- 351.

**Bernadette O., Ryan G., Meaney W.J., Mcdonagh D., Kelly A.**, 2002. Effect of frequency of milking on yield, composition and processing quality of milk. *J. Dairy Res.* 69, p.p. 367-374.

**Berrabeh, N.** 2014. Contribution à l'étude des variations des paramètres physicochimiques de lait cru dans la région de M'sila (Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf de M'Sila).

**Berridge N.J.**, 1952. An improved method of observing the clotting of milk containing rennin. *J. Dairy. Res.* 19, p.p. 328- 329.

**Beuvier, E., & Buchin, S.** 2004. Raw milk cheeses. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, 1, 319-345.

**Block E., Departie C., Lfebvre D., Petitclerc D.**, 1998. L'urée du lait : Les sources de variation et les implications. CPAQ, Symposium sur les bovins laitiers, p.p. 78- 87.

**Bobbo, T., Cecchinato, A., Cipolat-Gotet, C., Stocco, G., & Bittante, G.** 2014. Effect of breed and dairy system on milk composition and udder health traits in multi-breed dairy herds. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 18(1), 81-88.

**Bocquier F.**, 1985. 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 Production Animale*, 219-228.

## Références bibliographiques

---

- Bocquier F., Caja G., 2001.** Production et composition du lait de brebis : Effets de l'alimentation. *INRA Prod. Anim.* Vol 14, n° 2, p.p. 129- 140.
- Boisard, L. 2012.** Relations entre mobilité du sodium, libération du sel et des composés d'arôme en bouche et perception de la flaveur: application à des modèles fromagers (Doctoral dissertation, Dijon).
- Bony J, Contamin V, Gousseff M, Metais J, Tillard E, Juanes X, et al. 2005.** Factors of variation of the milk composition on the Reunion Island. *INRA, Prod Anim.* 18(4)255-263.
- Boudhenah- Haroun S., Laley 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.
- Boudjnane I., 2003.** Amélioration génétique des bovins laitiers domystification de certains concepts. Le transfert de technologie en agriculture. Bulletin national de liaison et d'information PPTA, n°111, édition MADR/DERD (Maroc), 4p.
- Bougler P., Dérivaux J., 1981.** La production laitière des troupeaux. *BTI*, n° 258.
- Bouzida S., Ghozlane F., Allane M., Yakhlef Y. et Abdelguerfi A., 2010.** Impact du chargement et de la diversification fourragère sur la production des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie). *Fourrages*, 204, 269-275.
- Brisabois A., Lafarge V., Brouillard A., de Buyser M.L., Collette C., Garin-Bastuji B. et Thorel M.F., 1997.** Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers: situation en France et en Europe. *Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 16 (1). pp : 452-471.
- Brown, R. J., Ernstrom, C. A., & Johnson, M. E. (1988).** Milk-clotting enzymes and cheese chemistry. In *Fundamentals of dairy chemistry* (pp. 609-654). Springer, Boston, MA.
- Brulé, G., Maubois, J. L., & Fauquant, J. 1974.** Étude de la teneur en éléments minéraux des produits obtenus lors de l'ultrafiltration du lait sur membrane. *Le Lait*, 54(539-540), 600-615.
- Brulé G., Jeantet R., Groguenec T., Mahaut M. et Schuck P., 2008.** Les produits laitiers. 2<sup>ème</sup> édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P1-19.
- Burgess, K., Dairy Crest, & UK, 2010.** Key requirements for milk quality and safety: a processor's perspective in Improving the safety and quality of milk, Volume 1: Milk production and processing Edited by Mansel W. Griffiths Woodhead Publishing Series in *Food Science Technology and Nutrition: 188,64-84.*
- Bytyqi H, Zaugg U, Sherifi K, Hamidi A, Gjonbalaj M, Muji S, et al. 2010.** Influence of management and physiological factors on somatic cell count in raw cow milk in Kosova. *Vet Arhiv.* 80(10):173-183.

## Références bibliographiques

---

- Carroll SM, De Peters EJ, Taylor SJ, Rosenberg M, Perez-Monti H, Capps VA., 2006.** Milk composition of Holstein, Jersey, and Brown Swiss cows in response to increasing levels of dietary fat. *An Feed Sci Technol.* 131 (3-4):451-473. DOI : 10. 1016 /j. anifeedsci. 2006. 06. 019.
- Castillo A.R., Taverna M.A., Paéz R.R., Cuatrin A., Collombatto D., Barzo F., Garcia G.P.T., Chavez M., Baulieu A.D., Drackley J.K., 2006.** Fatty acid composition of milk from dairy cows fed frsh alfalfa based diets. *Animal Feed Science and Technology.*, n°131, p.p. 241-254.
- Cauty I., Perreau J.M., 2003.** La conduite du troupeau laitier. Ed France agricole, 288.
- Cayot P ., Lorient D., (1998).** Structure et techno fonction des protéines du lait.
- Cecchinato, A., Penasa, M., Gotet, C. C., De Marchi, M., & Bittante, G. 2012.** Factors affecting coagulation properties of Mediterranean buffalo milk. *Journal of dairy science*, 95(4), 1709- 1713.
- Chamba, J. F. (1988).** Salage de l'Emmental. I. Influence des conditions de saumurage sur l'absorption du sel et sa cinétique. *Le Lait*, 68(2), 121-142.
- Chang, S. J., & Chow, C. K. 2007.** Fatty acids in fermented food products. *Fatty Acids in Food and Their Health Implications*, 317-334.
- Charron G., 1986.** Les productions laitières: les bases de la production. Vol. 1. Tech et Doc. Lavoisier, Paris, France.
- Chatellier V., Colson F., Fuentes M., Vard T., 2000.** Les exploitations d'élevage herbivore dans l'union Européenne. INRA., *Prod. Anim.* Vol. 13, p.p. 201- 213.
- Chehat, F., Bir, A., 2008.** Le développement durable des systèmes d'élevage durable en Algérie: Contraintes et perspectives. Colloque « Durabilité du secteur des Productions Animales. Enjeux, évaluation et perspectives ». Alger, INA-El Harrach, 20-21 Avril 2008.
- Chilliard Y., Sauvant D., Morand-Fehr P., 1981.** La synthèse des matières grasses du lait chez les ruminants et ses implications pratiques. *Journées formation continue ENSA Rennes*, 90 p.
- Chilliard, Y., Glasser, F., Enjalbert, F., Ferlay, A., Bocquier, F. & Schmidely, Ph., 2007.** Données récentes sur les effets de l'alimentation sur la composition en acides gras du lait de vache, de chèvre et de brebis. *Renc. Rech. Ruminants*, 14, 321-328.
- Chiofalo V, Maldonato R, Martin B, Dupont D, Coulon JB., 2000.** Chemical composition and coagulation properties of modicana and Holstein cow's milk. *AnnZootech.* 49:497-503.
- Choumei Y., Kahi A.K., Hirooka H., 2006.** Fit of Wood's function to weekly records of milk yield, total digestible nutrient intake and body weight changes in early lactation of multiparous Holstein cows in Japan. *Livestock Science* n°104, p.p. 156 – 164.

## Références bibliographiques

---

**Codex Alimentarius. 2015. Stan. Standard 276-1973** CODEX STANDARD FOR CAMEMBERT. *Codex Alimentarius International Food Standards*.

**Collin J.C., Grappin R., Legraet Y., 1977.** Etude de la méthode de mesure selon Berridge du temps de coagulation du lait additionné d'une solution enzymatique. *Rev. Lait. Fr.*, n°335, p.p. 389- 394.

**Cooper J.B., Hargove G.L., 1982.** Age and month of calving adjustments of Holstein protein, milk and fat lactation yield. *J. Dairy Sci.* 65, p.p. 1673-1678.

**Coulon J.B., 1991.** Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation. *INRA. Prod. Anim.* Vol. 4, n° 4, p.p. 303-309.

**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.*, 4 (3), p.p. 219-228.

**Coulon J.B., Macheboeuf D., 1994.** Effet du numéro de lactation sur l'aptitude à la coagulation du lait de vache. INRA, Elsevier, *Ann. Zootech.* 43, p.p. 135- 140.

**Coulon J.B., Hauwuy A., Martin B., Chamba J.F., 1997.** Pratiques d'élevage, production laitière et caractéristiques des fourrages dans les alpes du nord. *INRA Prod. Anim.* Vol. 10, n° 3, p.p. 195- 205.

**Coulon J.B., Hurtaud C, Rémond B., 1998.** Factors contributing to variation in the proportion of casein in cows' milk true protein. *Prod Anim.* 11:299-310.

**Coulon J.B., 2005.** Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. INRA, *Prod. Anim.*, Vol. 18, n°1, p.p. 49- 62.

**Coulon, J.-B., Delacroix-Buchet, A., Martin, B., Pirisi, A., 2004.** Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: a review. *Le Lait* 84, 21.

**Coulon J.B., Delacroix- Buchet A., Martin B., Piris A., 2005.** Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. *INRA, Prod. Anim.*, Vol. 18 n°1, p.p. 49-62.

**Collomb M, Bütikofer U, Spahni M, Jeangros B, Bosset JO., 1999.** Fatty acid and glyceride composition of cow's milk from high and lowland regions. *Sci Alim.* 19:97-110.

**Collomb M, Bisig W, Bütikofer U, Sieber R, Bregy M, Etter L., 2008.** Seasonal variation in the fatty acid composition of milk supplied to dairies in the mountain regions of Switzerland. *Dairy Sci Technol.* 88:631-647.

**Coppa, M., Verdier-Metz, I., Ferlay, A., Pradel, P., Didienne, R., Farruggia, A., Montel, M.C., Martin, B., 2011.** Effect of different grazing systems on upland pastures compared with hay diet on cheese sensory properties evaluated at different ripening times. *Int. Dairy J.* 21, 815–822.

## Références bibliographiques

---

- Coppa, M., Ferlay, A., Monsallier, F., Verdier-Metz, I., Pradel, P., Didiene, R., ... & Farruggia, A. 2012.** Le système de pâturage influence-t-il les caractéristiques nutritionnelles et sensorielles des fromages?. *Fourrages*, 209, 33-41.
- Corthier, G. 2008.** Fate and effects of Camembert cheese micro-organisms in the human colonic microbiota of healthy volunteers after regular Camembert consumption. *International journal of food microbiology*, 125(2), 176-181.
- Craninx, M., Steen, A., Van Laar, H., Van Nespen, T., Martin-Tereso, J., De Baets, B., Fievez, V. (2008):** Effect of lactation stage on the odd- and branched-chain milk fatty acids of dairy cattle under grazing and indoor conditions. *Journal of Dairy Science* 91 (7), 2662-2677.
- Craplet C., Thibier M., 1973.** La vache laitière. Deuxième édition, Vigot Frères, 720p.
- Croguennec T., Jeantet R., Brulé G., 2008.** Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Paris, Lavoisier, 161p.
- Da Cruz, A. M., De Castro, E. V., Barbosa, F. J. M., Dos Santos, H. D., De Souza, J. F., Arrivabene, M., & Dias, F. E. F. (2014).** Milk Quality of Dairy Cattle Bred in Cearà, Northeast of Brazil. *Journal of Animal Sciences Advances*, 4(6), 897-903.
- Dahl G. E., Wallace R. L., Shanks R. D. et Lueking D., 2004.** Hot Topic: Effects of frequent milking in early lactation on milk yield and udder health. *J. Dairy Sci.* 87, p.p. 882- 885.
- Dalgleish, D. G., & Corredig, M. 2012.** The structure of the casein micelle of milk and its changes during processing. *Annual review of food science and technology*, 3, 449-467.
- Dalgleish, D. G. 1980.** A mechanism for the chymosin-induced flocculation of casein micelles. *Biophysical Chemistry*, 11(2), 147-155.
- Debouz A., Guerguer L., Hamid Oudjana A et Hadj Seyd AEK (2014).** Étude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaïa. *Revue ElWahat pour les recherches et les études*, Vol.7 (2) : 8-15.
- Debry, G. 2001.** *Lait, nutrition et santé*. Tec & Doc Lavoisier, paris.p 566.
- Debry G., 2005.** "Lait, nutrition et santé", Edition Tec & Doc Lavoisier, paris.p566.
- Debry G., 2007.** Lait, nutrition et santé. Techniques et documentation – Lavoisier, Paris, 566p.
- Decaen C., Adda J., 1970.** Évolution de la sécrétion des acides gras des matières grasses du lait au cours de la lactation de la vache. *Am. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* N°10, p.p.659-677.
- Dehinenet G, Mekonnen H, Ashenafi M, Emmanuelle G., 2013.** Determinants of raw milk quality under a small holder production system in selected areas of Amhara and Oromia National Regional States, Ethiopia. *Agric Biol JN Am.* 4(1):84- 90. DOI : 10.5251 / abjna. 2013. 4.1.84.90.

## Références bibliographiques

---

- Delaby L, Hurtaud C, Peyraud JL. 2001.** Effect of herbage allowance and concentrate supplementation on the milk constituents of grazing dairy cows. *Renc Rech Ruminants*. 8:96.
- 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. Ruminants.*, n°9.
- Delarras C., 2014.** Pratique en microbiologie de laboratoire : Recherche de bactéries et de levures-moisissures. Lavoisier-Tec & Doc, 772p.
- De Marchi M, Dal Zotto R, Cassandro M, Bittante G., 2007.** Milk coagulation ability of five dairy cattle breeds. *J SairySci*. 90(8):3986-3992.
- Dewhurst R J, Shingfield KJ, Lee M R, Scollan N D., 2006.** Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim Feed Sci Technol*. 131(3-4):168-206.
- Dias, M. B. D. C., Leão, K. M., Carmo, R. M. D., Silva, M. A. P. D., Nicolau, E. S., & Marques, T. C. 2017.** Composição do leite e perfil metabólico sanguíneo de vacas em diferentes ordens de parto e estádios de lactação. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39(3), 315-321.
- Djebbara M., 2008.** Durabilité et politique de l'élevage en Algérie. Le cas du bovin laitier. Colloque international « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives », Alger, 20-21 Avril 2008.
- Djermoun, A. Chehat, F. 2012.** Le développement de la filière lait en Algérie : de l'autosuffisance à la dépendance. *Livestock Research for Rural Development*, Vol 24.
- Doreau B.M., Sauvant D., 1989.** Influence de la nature du concentré, céréales ou pulpes de betterave, sur la digestion chez les ruminants. *INRA Prod. Anim.*, Vol 2, n° 4, p.p. 235- 244.
- Drackley, J.K., Beaulieu, A.D. & Elliott, J.P., 2001.** Responses of Milk Fat Composition to Dietary Fat or Nonstructural Carbohydrates in Holstein and Jersey Cows. *J. Dairy Sci*. 84, 1231–1237.
- Dromigny, E. 2011.** Les critères microbiologiques des denrées alimentaires: réglementation, agents microbiens, autocontrôle. Lavoisier.
- Eck A. et Gillis J.C. 2006.** Le fromage. 3ème Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 891 p.
- Eddebarh. A., 1989 :** « Systèmes extensifs d'élevage bovin laitier ». In : Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéennes n° 6, 123-133.
- Edima, H. C. 2007.** *Carnobacterium maltaromaticum*: caractéristiques physiologiques et potentialités en technologie fromagère (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine).

## Références bibliographiques

---

- El-Amine, M. D. A. 2018.** Etude de l'évolution de la flore microbienne indigène d'un fromage industriel à pâte molle type camembert au cours de son affinage et évaluation de ses aptitudes technologiques (Doctoral dissertation, Université de Mostaganem).
- El-Beltagy AE., El-Adawy ta., Rahma EH., et El-Bedawey AA. 2004.** Purification and characterization of an acidic protease from the viscera of boliti fich (*Tilapia nilotica*). *Food Chem.* 86: 33-39.
- Ellies-Oury, M. 2014.** Les filières animales françaises - caractéristiques, enjeux et perspectives (synthese agrico). Technique & DOC
- Ellis KA, Innocent G, Grove-WhiteD, Cripps P, McLean WG, Howard CV, et al., 2006.** Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. *J Dairy Sci.* 89 (6) : 1938-1950.
- 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 Moringa Oleifera flowers. *Food Chemistry*, 135, pp.1848-1854.
- Emtage J. S., Angal S., Doel, M. T., Harris T. J.R., Jenkins, B., Lilley G. et Lowe P. A. 1983.** Synthesis of calf prochymosin (prorennin). *Escherchia coli. Proc nat. Acad.Sci*, 80.3671-3675.
- Enjalbert F., 1993.** Alimentation et composition du lait de vache. *Point Vét.* 25 (156), p.p. 769-778.
- Enjalbert, F., & Meynadier, A. 2016.** Alimentation des vaches laitières et composition en acides gras du lait. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 169(3), 171-175.
- Ernstrom C.A. 1983.** Milk clotting enzymes and their action in: Webb B.H., Johnson A.H., Alford J.A., fundamentals of dairy chemistry. *The Avi Publishing company Inc.* 2ème éd., P.P. 663-718.
- Esvan S., Dragan C., Varenne A., Astruc J.M., Barillet F., Boichard D., Brunshwig P. Dubrulle A., Faucon-Lahalle F., Ferlay A., Lagriffoul G., Larroque H., Legarto J., Palhiere I., Peyraud J.L., Rupp R., Brochard M., 2010.** Rapport PhénoFinlait, 1ers résultats: Influence de l'alimentation, de l'état physiologique et de la génétique sur la composition en acides gras des laits de vache, brebis et chèvre. INRA UMR.
- Falchero, L., Lombardi, G., Gorlier, A., Lonati, M., Odoardi, M. and Cavallero, A., 2010.** Variation in fatty acid composition of milk and cheese from cows grazed on two alpine pastures. *Dairy Sci. Technol*, 90, 657-672.
- FAO. 1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 3 : laits d'animaux laitiers. Collection FAO/ alimentation et nutrition.

## Références bibliographiques

---

- Fares, A. 2007.** *L'nstitut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech)* (Doctoral dissertation, Cornell University).
- Faverdin P., M'Hamed D., Rico-Gomez M., Verite R., 2003.** La nutrition azote influence l'ingestion chez la vache laitière. *INRA., Prod. Anim*, vol. 16, n° 1, p.p. 27-37.
- Ferlay, F., Agabriel, C., Sibra, C., Journal, C., Martin, B. & Chilliard, Y., 2008.** Tanker milk variability in fatty acids according to farm feeding and husbandry practices in a French semi-mountain area. *Dairy Sci. Technol*, 88, 193–215
- Ferrah A., 2000.** L'élevage bovin laitier en Algérie, problématique, questions et hypothèses de recherche. Séminaire-Atelier sur la stratégie des acteurs de la filière lait en Algérie (S.A.F lait).6 et 7 juin 2000.
- Ferre D., 2003.** Méthodologie du diagnostic à l'échelle du troupeau, application en élevage bovin laitier. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul-Sabatier, Toulouse, 164p.
- Firmesse, O., Alvaro, E., Mogenet, A., Bresson, J. L., Lemée, R., Le Ruyet, P., ... & Fox, P. F., McSweeney, P. L., & Paul, L. H. 1998.** *Dairy chemistry and biochemistry* (No. 637 F6.). London: Blackie Academic & Professional.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S., 1957.** A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *Journal of Biological Chemistry* 226, 497–509.
- Forge, M., Guiraud, J. P., & Galzy, P. (1977).** Étude d'un accident de fabrication du fromage de roquefort. *Le Lait*, 57(561-562), 24-36.
- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A., 2015.** Chemistry and biochemistry of cheese. In *Dairy chemistry and biochemistry* (pp. 499-546). Springer, Cham.
- Fredot, E. 2009.** Lait et produits laitiers. *Connaissance des aliments. Ed Tech. Doc. Lavoisier*, 9-65.
- Fretin, M. 2016.** Construction de la qualité sensorielle des fromages de type Cantal: rôle des interactions entre les communautés microbiennes et la composition de la matière grasse laitière des fromages (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II).
- Froc J., 2001.** Des jus de fruits ou de plantes pour faire du fromage. *INRA mensuel* n°110, p.p. 41-42.
- Froc, J. (2007).** Balade au pays des fromages : Les traditions fromagères en France (QUAE GIE) (French Edition) (QUAE éd.).
- Gaddour, A., Najari, S., Abdennebi, M., Arroum, S., & Assadi, M. 2013.** Caractérisation physicochimique du lait de chèvre et de vache collectée localement dans les régions arides de la Tunisie. *Options Méditerranéennes*, A, no, 151-154.

## Références bibliographiques

---

- 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.
- Gandini G, Maltecca C, Pizzi F, Bagnato A, Rizzi R., 2007.** Comparing local and commercial breeds on functional traits and profitability: The case of Reggiana dairy cattle. *J Dairy Sci*. 90(4):2004-2011.
- Gastaldi, E., Lagaude, A., & De La Fuente, B. T., 1996.** Micellar transition state in casein between pH 5.5 and 5.0. *Journal of Food Science*, 61(1), 59-64.
- Gaucheron, F. 2005.** The minerals of milk. *Reproduction Nutrition Development*, 45(4), 473- 483.
- Ghozlane F., Belkheir B., Yakhlef H., 2010.** “Impact du fond national de régulation et de développement agricole sur la durabilité du bovin laitier dans la wilaya de Tizi Ouzou (Algérie) », *New Médit* n° 3, 2010.
- Goff C.G., Moir D.T., Kohno T., Gravius T.C., Smith R.A., Yamasaki E., Taunton R., 1984.** Expression of calf prochymosin in *Saccharomyces cerevisiae*. *Gene*, 27, p.p. 35 – 46.
- Goodall A., 1983.** An analysis of seasonality of milk production. *Anim. Prod.*, 36, p.p. 69-72.
- Goudéranche, H., Camier-Caudron, B., Gassi, J. Y., & Schuck, P. (2001).** Procédés de transformation fromagère (partie 2). *Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire*, 3(F6306), F6306-1.
- Gosta F., 1995.** Le tout sur le lait. Manuel de transformation du lait. Ed Tétrapak. 424p.
- Goursaud J., 1999.** Réacteurs enzymatiques à enzymes libres et à enzymes immobilisées. in : Scriban R., *Biotechnologie*. Paris, Lavoisier, p.p. 365-390.
- Greenfield H., Southgate D.A.T., (2007).** Données sur la composition des aliments production gestion et utilisation. Seconde édition. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Guerra, L. (2009).** Contribution à la connaissance des systèmes d'élevage bovin. Ingéniorat d'état en agronomie. Université Sétif, Algérie.
- Guizani, N., Kasapis, S., Al-Attabi, Z. H., & Al-Ruzeiki, M. H. (2002).** Microbiological, physicochemical, and biochemical changes during ripening of camembert cheese made of pasteurized cow's milk. *International Journal of Food Properties*, 5(3), 483-494.
- Hachana, Y., Aouini, W., Lanouar, L., & Guider, M. (2018).** Influence of raw milk quality on skimmed milk powder quality. *Journal of New Sciences*, 50, 3015-3024.
- Halzoun, F. (2015).** Evolution de la lipolyse et protéolyse et recherche d'activité antioxydante au cours de l'affinage des fromages à pâte molle type camembert (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

## Références bibliographiques

---

- Hamed, H., Trujillo, A.J., Juan, B., Guamis, B., Elfeki, A. & Gargouri, A., 2012.** Interrelationships between somatic cell counts, lactation stage and lactation number and their influence on plasmin activity and protein fraction distribution in dromedary (*Camelus dromedaries*) and cow milks. *Small Ruminant Res.* 104, 300–307.
- Hansen JV, Friggens N C, Højsgaard S. 2006.** The influence of breed and parity on milk yield, and milk yield acceleration curves. *Livest Sci.* 104(1-2):53-62.
- Hanuš O, Křížová L, Samková E, Špička J, Kučera J, Klimešová M, et al., 2016.** The effect of cattle breed, season and type of diet on the fatty acid profile of raw milk. *Arch Anim Breed.* 59(3): 373-380.
- Haug, A., Høstmark, A.T. & Harstad, O.M., 2007.** Bovine milk in human nutrition – a review. *Lipids in Health and Disease*, 6, 25. 1-16.
- 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.
- Hennequin D. et Hardy J., 1997.** Les propriétés rhéologiques **In** : Eck A. et Gillis J.C. Le fromage. 3<sup>ème</sup> édition. Lavoisier. Techniques et documentation, (891 pages).
- 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 (1). *INRA Productions animales*, 4(5), 361-367.
- Hoden, A., Müller, A., Peyraud, J. L., Delaby, L., & Faverdin, P. 1991.** Pâturage pour vaches laitières. Effets du chargement et de la complémentation en pâturage tournant simplifié. *Productions animales*, 4(3), 229-239.
- Houmani H. ,1999.** Situation alimentaire du bétail en Algérie”, *Recherche Agronomique INRA Algérie*, n°4, pp : 15-24.
- Hsieh, J. F., & Pan, P. H. 2012.** Proteomic profiling of the coagulation of milk proteins induced by chymosin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(8), 2039-2045.
- Hymøller, L., Alstrup, L., Larsen, M.K., Lund, P. & Weisbjerg, M.R., 2014.** High-quality forage can replace concentrate when cows enter the deposition phase without negative consequences for milk production. *J. Dairy Sci.* 97, 4433–4443.
- Institut De L'élevage, 2020. Résultats de contrôle laitier, espèce bovine-France 2019. 111p.**
- Issanchou S et Martin. 2018.** L'analyse sensorielle du fromage (aspects scientifiques) ; **In** : » ECK A. et GILLIS J.C. (2018), Edition technique et documentation, 4<sup>ème</sup> édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 1001p.

## Références bibliographiques

---

- Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brulé G., 2008.** Les produits laitiers. Ed : 2. Techniques et Documentation - Lavoisier, Paris, 185p.
- J.O.R.A. 1993.** Journal officiel de la république algérienne n° 69 : Arrêté interministériel du 18 août 1993.
- JORA, 1998.** (Journal officiel de la république algérienne). Arrêté interministériel du 27 mai 1998 relatif aux spécifications microbiologique de certaines denrées. Ministère du commerce N°35.
- Joudu, I., Henno, M., Kaart, T., Püssa, T., & Kärt, O. 2008.** The effect of milk protein contents on the rennet coagulation properties of milk from individual dairy cows. *International Dairy Journal*, 18(9), 964-967.
- Journet M., Rémond B., 1980.** Influence de l'alimentation et de la saison sur les fractions azotées du lait de vache. *Le lait*, LX, p.p. 140- 159.
- Kacimi El Hassani S., 2013.** La dépendance alimentaire en Algérie : importation de lait en poudre versus production locale, quelle évolution ? *Mediterranean Journal Of Social Sciences* Vol 4, N°11, 152-158.
- Kadi, S. A., Djellal, F. & Berchiche, M., 2007.** Caractérisation de la conduite alimentaire des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 19(4).
- Kadi, S. A., Gani, F., Mouhous, A., Guermah, H., Fiounane, R. & Djellal, F., 2019.** Main plant species grazed by goats in two types of rangelands in Algeria. In: mountainous vs. Saharan. Joint Meeting FAO- CIHEAM Networks on Sheep and Goats and Mediterranean Pastures. 23-25 Oct 2019, Morocco (Abstracts).
- Kalandi, M., Sow, A., Guigma, W. V. H., Zabre, M. Z., Bathily, A., & Sawadogo, G. J., 2015.** Evaluation de la qualité nutritionnelle du lait cru dans les élevages traditionnels de Kaolackau Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(2), 901-909.
- Kali S., Benidir M., Ait Kaci K., Belkhiri B. et Benyoucef MT., 2011.** Situation de la filière lait en Algérie: Approche analytique d'amont en aval. *Livestock Research for Rural Development*, 23 (8).
- Kalli, S., Saadaoui, M., Ait Amokhtar, S., Belkheir, B., Benidir, M., Bitam, A., & Benmebarek, A. M., 2018.** Éléments d'enquête générale sur la filière lait en Algérie. *Int J Innov Financ Strateg*, 1, 12-9.
- Kaouche S., Boudina M. et Ghezali S., 2011.** Évaluation des contraintes zootechniques de développement de l'élevage bovin laitier en Algérie : cas de la wilaya de Médéa. *Nature & Technologie* n° 06, 85-92.
- Kaouche-Adjlane, S., & Mati, A. 2017.** Effets des pratiques d'élevage sur la variation de la qualité hygiénique et nutritionnelle du lait cru dans la région médio-septentrionale d'Algérie. *Revue Méd. Vét*, 168(7-9), 151-163.

## Références bibliographiques

---

- Kędzierska-Matysek, M., Litwińczuk, Z., Florek, M., & Barłowska, J. (2011).** The effects of breed and other factors on the composition and freezing point of cow's milk in Poland. *International Journal of Dairy Technology*, 64(3), 336-342.
- Kerst S., Christopher H.K., 1997.** Effect of unilateral once or twice daily milking of cows on milk yield and udder characteristics in early and late lactation. *J. Dairy Res.* 64, p.p. 487-494.
- Kibwana, D. K., Makumyaviri, A. M., & Hornick, J. L. 2012.** Pratiques d'élevage extensif et performances de bovins de race locale, et croisée avec des races laitières exotiques en République démocratique du Congo. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 65(3-4), 67-74.
- Kirdar SV., Kursun-Yurdakul O., Kalit S., Kalit MT., 2018** Microbiological changes throughout ripening of Keş cheese. *J. Cent. Eur. Agric* 19:61-71.
- Klei, L. R., Lynch, J. M., Barbano, D. M., Oltenacu, P. A., Lednor, A. J. & Bandler, D. K., 1997.** Influence of Milking Three Times a Day on Milk Quality. *Journal of Dairy Science.* 80, 427-436.
- Klessen C., Schmidt K.H., Gumpert J., Grosse H.H., Malke H., 1989.** Complete secretion of activable bicine prochymosin by genetically engineered L forms of *proteus mirabilis*, *App. Environ. Microbiol.* 55, p.p. 1009 – 1014.
- Kothe, C. 2021.** Diversité des bactéries halophiles dans l'écosystème fromager et étude de leurs impacts fonctionnels (Doctoral dissertation, université Paris-Saclay).
- Kramer A., 1960.** A rapid method for determining significance of difference from rank sums. *Food technology*, vol. 14, pp. 576-581.
- Kuczyńska, B., Puppel, K., Gołębiewski, M., Kordyasz, M., Grodzki, H., & Brzozowski, P. 2012.** Comparison of fat and protein fractions of milk constituents in Montbeliarde and Polish Holstein-Friesian cows from one farm in Poland. *Acta Veterinaria Brno*, 81(2), 139-144.
- Labatut, J., & Tesnière, G. 2017.** La race bovine Holstein, institution de la modernisation de l'agriculture entre bien marchand et bien commun.
- Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachioui, M., Berny, E., & Ouhssine, M. 2009.** Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 148, 7-16.
- Lachebi, S., & Yelles, F. 2018.** Valorisation du lactosérum par technique membranaire. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 4(3).
- Lapointe-Vignola, C. 2002.** *Science et technologie du lait: transformation du lait.* Presses inter Polytechnique.

## Références bibliographiques

---

- Larsen, M. K., Kidmose, U., Kristensen, T., Beaumont, P., & Mortensen, G. (2013).** Chemical composition and sensory quality of bovine milk as affected by type of forage and proportion of concentrate in the feed ration. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(1), 93-99.
- Latyr, F. C. 1997.** Étude des fraudes du lait cru: Mouillage et écrémage (Doctoral dissertation).
- Law, B. A. 2012.** Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk. Springer Publishing.
- Lawless, F., Stanton, C., L'Escop, P., Devery, R., Dillon, P. & Murphy, J.J., 1999.** Influence of breed on bovine milk cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid content. *Livest Prod Sci*, 6, 43-49.
- Lazereg, M., Bellil, K., Djediane, M., & Zaidi, Z., 2020.** La filière lait Algérienne face aux conséquences de la pandémie de la COVID-19. *Les cahiers du cread*, 36(3), 227-250.
- Leclercq-Perlat, M. N., Picque, D., & Corrieu, G., 2013.** 21. Camembert cheese: processing and ripening. *of cheese in health*, 299.
- Le Feunteun, S., 2007.** Diffusion de sondes moléculaires mesurée par RMN à gradient de champ pulsé: Application à l'étude de l'évolution de la structure des systèmes caséiques au cours de la formation des gels (Doctoral dissertation).
- Lee, J. S., & Bae, I., 2018.** Quality characteristics, changes in physiochemical properties and functional properties of camembert cheese containing red ginseng powder. *Korean journal for food science of animal resources*, 38(1), 64.
- Lefebvre-Cases, E., Gastaldi, E., Vidal, V., Marchessau, S., Lagaude, A., Cuq, J. L., & De La Fuente, B. T., 1998.** Identification of interactions among casein gels using dissociating chemical agents. *Journal of Dairy Science*, 81(4), 932-938.
- Legarto, J., Gelé, M., Ferlay, A., Hurtaud, C., Lagriffoul, G., Palhiere, I., ... & Brunshwig, P., 2014.** Effets des conduites d'élevage sur la production de lait, les taux butyreux et protéique et la composition en acides gras du lait de vache, chèvre et brebis évalués par spectrométrie dans le moyen infrarouge. In PhénoFinlait : phénotypage et génotypage pour la compréhension fine du lait. Brochard M., Boichard D., Brunshwig P., Peyraud J.L. (Eds). Dossier INRA Prod. Anim. , 27, pp 269-282.
- Legrand, P. 2008.** Intérêt nutritionnel des principaux acides gras des lipides laitiers. Sciences des aliments.
- Leymarios, F. C. 2010.** Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation (Doctoral dissertation, thèse pour le doctorat vétérinaire, école nationale vétérinaire d'Alfort. Paris, France, p15).
- Le Roux Y., 1999.** Les mammites chez les vaches laitières. – Paris : INPL-UHP-INRA. Laboratoire des sciences animales.

## Références bibliographiques

---

- Li N, Richoux R, Boutinaud M, Martin P, Gagnaire V. 2014.** Role of somatic cells on dairy processes and products: a review. *Dairy Sci Technol.* 94(6):517-538. DOI: 10.1007/s13594-0176-3.
- Lo Piero, A. R., Puglisi, I., & Petrone, G., 2002.** Characterization of “Lettucine”, a serine-like protease from *Lactuca sativa* leaves, as a novel enzyme for milk clotting. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(8), 2439-2443.
- 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. *Productions animales*, 19(1), 15-28.
- Luquet F. M., 1985.** Lait et produits laitiers (vache, brebis, chèvre). Tome 1 : les laits de la mamelle à la laiterie. Technique et documentation Lavoisier, 217-261.
- Luquet F.M., 1986.** Lait et produits laitiers : vache, brebis et chèvre. Paris, Lavoisier, 637p.
- Macheboeuf J.B., Coulon J.B., D'Hour P., 1993.** Aptitude à la coagulation du lait de vache : influence de la race, des variant génétiques des lactoprotéines du lait, de l'alimentation et numéro de lactation. *INRA. Pro. Anim.*, Vol 4.n °5, p.p. 333-344.
- Mac Gibbon, A.K. H. & Taylor, M .W., 2006.** Composition and Structure of Bovine Milk Lipids. *Advanced Dairy Chemistry, Volume 2: Lipids*, 3rd edition. 1-42. Edited by P.F. Fox and P.L.H. McSweeney, Springer, New York.
- Madani T., 1993.** Complémentarité entre élevage et forêts, dans l'Est algérien : fonctionnement et dynamique des systèmes d'élevage dans le massif des Beni Salah. Thèse USTL Montpellier; 2 tomes, 140 et 126 p.
- Madani T., 2000.** 3ème Jour de Rech sur les Prod. Anim, Tizi Ouzou, 13-15 Novembre 2000, 78 – 84, 368p.
- Madani T. et Mouffok C., 2008.** Production laitière et performances de reproduction des vaches Montbéliarde en région semi aride algériennes. *Revue Elev. Méd.Vét.Pays Trop.*, 61(2) :97-107.
- MADR., 2022.** Statistiques agricoles. Evolution des productions animales de 2000 à 2020 directions des statistiques. *Ministère de l'Agriculture et du Développement Durable.*
- Mahaut M., Jeantet R., Brulé G., 2003.** Initiation à la technique fromagère. Techniques et Documentation., Lavoisier, Paris, 194p.
- Mahboub, N., Telli, A., Siboukeur, O., Boudjenah, S., Slimani, N., & Mati, A. 2010.** Contribution à l'amélioration de l'aptitude fromagère du lait camelin: étude des conditions de conservation des enzymes gastriques camelines. *Annales des Sciences et Technologies*, 2(1), 71-80.
- Mahecha L, Angulo J, Salazar B, Cerón M, Gallo J, Molina C, et al., 2008.** Supplementation with bypass fat in silvopastoral systems diminishes the ratio of milk saturated / unsaturated fatty acids. *Trop Anim Health Prod.* 40(3):209-216.

## Références bibliographiques

---

- Maïworé, J., Baane, M. P., Toudjani Amadou, A., Daibe Ouassing, A., Tatsadjieu, N. L., & Montet, D. 2018.** Influence des conditions de la traite sur les qualités physico-chimiques et microbiologiques du lait cru collecté à Maroua, Cameroun.
- Makhlouf M., 2015.** « La politique laitière algérienne : entre sécurité alimentaire et soutien différentiel de la consommation ».In : NEW MEDIT. n°1. Pp. 12-23.
- Makhlouf M., Montaigne E., & Tessa A., 2015,** « La politique laitière Algérienne entre sécurité alimentaire et soutien différentiel à la consommation », *revue Newmedit n°01/2015. p. 12-23.*
- Makhlouf M., Montaigne E., 2017.** « Impact de la nouvelle politique laitière algérienne sur la viabilité des exploitations laitières », *Revue NewMedit n°1/2017, 2-10.*
- Mane, A., & Mc Sweeney, P. L. 2020.** Proteolysis in Irish farmhouse Camembert cheese during ripening. *Journal of Food Biochemistry, 44(1), e13101.*
- Mansour, A., & Alais, C. 1972.** Étude du salage et de l'affinage du fromage en saumure. I. Aspect biochimique: évolution de la composition du fromage et rendement. *Le Lait, 52(518), 515-535.*
- Mansour. L., 2015.** Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait : effet de l'alimentation. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques, université Ferhat Abbas Sétif 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 190p.
- Mapekula, M., Chimonyo, M., Mapiye, C. & Dzama, K., 2011.** Fatty acid, amino acid and mineral composition of milk from Nguni and local crossbred cows in South Africa. *Journal of food composition and analysis, 24, 529 – 539.*
- Marilley, L., & Casey, M. G. 2004.** Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *International journal of food microbiology, 90(2), 139-159.*
- Marnet, P. G., & Billon, P. 2010.** A la ferme : Influence des conduites, de la technologie de traite et du stockage du lait sur la matière grasse. *Sciences des Aliments, 29(1- 2), 9- 20.*
- Martin B. et Coulon J. B., 1995.** Facteur de production du lait et caractéristique du fromage. Influence du facteur de produit sur l'aptitude à la coagulation des laits. *Lait. Pages 5 : 61-80.*
- Martin B., Pradel P., Verdier-Metz I., 2000.** Effet de la race (Holstein/ Montbéliarde) sur les caractéristiques chimiques et sensorielles des fromages. *Renc. Rech. Rum. 307-317.*
- Martin, B., Buchin, S., & Hurtaud, C. 2003.** Conditions de production du lait et qualités sensorielles des fromages. *Productions animales, 16(4), 283-288.*
- Martin B., Verdier –Metz I., Buchin S., Hurtaud C., Coulon J.-B., (2005).** How do the nature of forages and pasture diversity influence the sensory quality of dairy livestock products *Anim. Sci. 81, 205–212.*

## Références bibliographiques

---

- Martin, B., Ferlay, A., Hurtaud, C., Graulet, B., Cornu, A., Lefrileux, Y., ... & Sibra, C. (2014).** Chapitre 2: Les liens entre les conditions de production et les composés d'intérêt nutritionnel du lait.
- Maubois, J. L., Ricordeau, G., Mocquot, G., Dupont, J. Y., Gervais, E., & Barbier, N. 1970.** Étude des rendements en fromagerie de Camembert et de Saint-Paulin. *Le lait*, 50(497), 351-373.
- Mathieu J., 1998.** Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris, 220p.
- Mebirouk-Boudechiche L., Boudechiche L., Maatallah S., Chemmam M., Menasri G., 2011.** Comportement alimentaire de vaches de race locale sur des prairies de plaine du nord-est algérien. *Fourrages*. 205, 53-59.
- Meklati, F. R., Meribai, A., Yezli, N., & Ben-Mahdi, M. H. (2020).** State of play of the dairy sector in Algeria: between objectives and dependencies: an overview. *CABI Reviews*, 15, No 27.
- 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 Journal*, 22 (3), 293-304.
- Meribai, A. (2015).** Influence de quelques paramètres de production sur la composition physico-chimique du lait et aptitude technologique (Doctoral dissertation).
- Meyer, C., & Denis, J. P. (1999).** *Elevage de la vache laitière en zone tropicale*. Editions Quae.
- Millogo V, Ouédraogo GA, Agenas S, Svennersten-Sjaunja, K. 2008.,** Survey on dairy cattlemilk production and milk quality problems in peri-urban areas in Burkina Faso. *Afr J Agric Res*. 3 (3):215-224.
- Morales, M.S., Palmquist, D.L., Weiss, W.P. 2000.** Effects of fat source and copper on unsaturation of blood and milk triacylglycerol fatty acids in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 83, 2105–2111.
- Mouhous A., Ayadi F., Ouchene A., 2012.** Caractérisation de l'élevage bovin laitier en zone de montagne. Cas de la région de Tizi-Ouzou (Algérie). *Renc. Rech. Ruminants* 19 : 301.
- Narwal R.K. Bhushan B., Pal A., Panwar A., Malhotra S., 2016.** Purification physico-chemico-kinetic characterisation and thermal inactivation thermodynamics of milk clotting enzyme from *Bacillus subtilis* MTCC 10422. *LWT- Food Science and technology*, vol. 65, pp.652-660.
- Ndob, A. M., Melas, M., & Lebert, A. 2015.** Propriétés physico-chimiques des aliments: nouveaux outils de prédiction (Vol. 1). ISTE Group.
- Nouani A., Belkhodja R., Machou D., Fernani L., Bellal M.M., 2002.** Recherche et caractérisation de quelques succédanés de présure en vue de leur utilisation dans la technologie

## Références bibliographiques

---

fromagère. 1<sup>er</sup> séminaire international sur la qualité et la sécurité dans le secteur agroalimentaire, Blida 13 et 14 mai.

**O’Callaghan TF, Sugrue I, Hill C, Ross RP, Stanton C. 2019.** Nutritional aspects of raw milk: a beneficial or hazardous food choice. In *Raw Milk*, Academic Press. p.127-148.

**Ouakli T. et Yakhlef H., 2003.** Performances et modalités de production laitière dans la Mitidja. *Annales de la recherche agronomique INRAA ; N°6*, 32p.

**Palmquist, D.L., 2006.** Milk Fat: Origin of Fatty Acids and Influence of Nutritional Factors Thereon. In *Advanced Dairy Chemistry, Volume 2: Lipids*, 3rd edition. 43-92. Edited by P.F. Fox and P.L.H. McSweeney, Springer, New York, 2006.

**Patton J., Kenny D. A., Mee J. F., O’Mara F. P., Wathes D. C., Cook M., Murphy J. J., 2006.** Effect of milking frequency and diet on milk production, energy balance, and reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89, p.p. 1478-148.

**Paul A.A., Southgate D.AT., 1978.** McCance and Widdowson’s the composition of foods, 4<sup>th</sup> ed. London: H.M. Stationery Office.

**Pešek M, Špička J, Samková E. 2005.** Comparison of fatty acid composition in milk fat of Czech Pied cattle and Holstein cattle. *Czech J Anim Sci.* 50(3):122-128.

**Peyraud J.L., 2000.** Fertilisation azote des prairies et nutrition des vaches laitières. Conséquences sur les rejets d’azote. *INRA Prod. Anim.*, Vol. 13, n° 1, p.p. 61- 72.

**Peyraud, J. L., & Apper-Bossard, E. 2006.** L’acidose latente chez la vache laitière. *INRA. Prod. Anim.* 19(2). 79-92.

**Phipps, R. H., J. A. Bines, R. J. Fulford, et R. F. Weller. 1984.** Complete diets for dairy cows: A comparison between complete diets and separate ingredients. *J. Agric. Sci.* 103:171-180.

**Pougheon S., Goursaud J., 2007.** Le lait : caractéristiques physicochimiques. In : Debry G., *Lait, nutrition et santé. Techniques et documentation – Lavoisier, Paris*, 566p.

**Preedy, V. R., Watson, R. R., & Patel, V. B. 2014.** *Handbook of Cheese in Health: Production, nutrition and medical sciences (Human Health Handbooks) (1re éd.)*. Wageningen Academic Publishers.

**Ragot, M. 2011.** *Produire du lait biologique : conversion et témoignages (French Edition)*. EDUCAGRI.

**Ramet, J. P. 1985.** *La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen. Etude FAO production et santé animales 48*, Rome, Italie.

**Ramet, J.P. 1997.** Les agents de transformation du lait; la présure et les enzymes coagulantes In: *Le fromage*. Ed., A. Eck, 3<sup>ème</sup> ed., Technique et documentation Lavoisier, p.101-107, 539p.

## Références bibliographiques

---

- Ray D.E., Halbach T.J., Armstrong D.V., 1992.** Season and lactation number effects on milk production and reproduction of dairy cattle in Arizona. *J. Dairy Sci.* 75, p.p. 2976-2983.
- Raynaud, S., Lefrileux, Y., Morge, S., Pétrier, M., Allut, G., Barral, J., & Gauzere, Y. 2018.** Qualité des fromages fermiers lactiques: locaux et maîtrise de l'affinage (LACTAFF). *Innovations Agronomiques*, 63, 1-21.
- Remeuf, F., Cossin, V., Dervin, C., Lenoir, J., & Tomassone, R. 1991.** Relations entre les caractères physico-chimiques des laits et leur aptitude fromagère. *Le Lait*, 71(4), 397-421.
- Rémond B., 1987.** Influence du stade de lactation et de l'âge sur la composition chimique du lait. In : Le lait, matière première de l'industrie laitière. *INRA publication, Versailles*, p.p. 151-159.
- Révion S, Python P, Martin B, Farruggia A, Meisser M, Mosimann E., 2008.** Grazing: an argument for the promotion of upland products on the consumers' markets. *Fourrages*. 196:461-472.
- Riahi M.H., 2006.** Modélisation des phénomènes microbiologiques, biochimiques et physicochimiques intervenant lors de l'affinage d'un fromage de type pâte molle croute lave; thèse de doctorat Institut National Agronomique, École Doctorale ABIÉS, Paris- Grignon.
- Ribadeau-Dumas, B. 1984.** Maîtrise de l'affinage des fromages de type Camembert. *Le Lait*, 64(643-644), 448-468.
- Rodriguez-Bermúdez R, Miraud M, Orjales I, Rey-Crespo F, Muñoz N, Lopez-Alonso M., 2017.** Holstein-Friesian milk performance in organic farming in North Spain: Comparison with other systems and breeds. *Span J Agric Res*. 15(1):20.
- Roger W., 1998.** L'alimentation des vaches laitières. Edition France agricole. 263p.
- Ronez, F. 2012.** Exploration fonctionnelle et valorisation industrielle de la protéine de choc thermique bactérienne Lo18 (Doctoral dissertation, Dijon).
- Ross, R. P., Stanton, C., Hill, C., Fitzgerald, G. F., & Coffey, A. 2000.** Novel cultures for cheese improvement. *Trends in Food Science & Technology*, 11(3), 96-104.
- Rossi, A. P., da Silva-Kazama, D. C., Lino-Lourenço, D. A., dos Santos, F. S., dos Santos, G. T., Damasceno, J. C., & Ribas Neto, P. G. 2012.** Milk composition and quality as a function of lactation phase and order. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1), 4-23.
- Sala, C.C. 2008.** Igiena, tehnologia și controlul laptelui și a produselor derivate, Eurobit Publishing House Timișoara, Romania.
- Samková E, Koubová J, Hasoňová L, Hanuš O, Kala R, Kváč M, et al. 2018.** Joint effects of breed, parity, month of lactation, and cow individuality on the milk fatty acids composition. *Mljekarstvo*. 68(2):98-107.

## Références bibliographiques

---

- Sandra, S., Alexander, M., & Dalgleish, D. G. 2007.** The rennet coagulation mechanism of skim milk as observed by transmission diffusing wave spectroscopy. *Journal of Colloid and Interface Science*, 308(2), 364-373.
- Sassi, E., Attou, S., Homrani, A., & Nemiche, S. 2018.** Effect of the Season on the Microbiological quality of Raw cow's milk on the farm in Western Algeria. *Adv. Biores. Adv. Biores*, 9(3), 108-122.
- Sauvant D., 2003.** Physiologie comparée de la digestion et de la nutrition. Institut National Agronomique Paris- Grignon. Département des sciences animales.
- Schlienger, J. L., Paillard, F., Lecerf, J. M., Romon, M., Bonhomme, C., Schmitt, B., ... & Bresson, J. L. 2014.** Effect on blood lipids of two daily servings of Camembert cheese. An intervention trial in mildly hypercholesterolemic subjects. *International journal of food sciences and nutrition*, 65(8), 1013-1018.
- Schultz M.M., Hansen L.B., Steuernagel G.R., Kuck Al., 1990.** Variation of milk fat, protein and somatic cells for dairy cattle. *J.Dairy .Sci.*, n°73, p.p. 484- 493.
- Schwendel, B.H., Wester, T.J., Morel, P.C.H., Tavendale, M.H., Deadman, C., Shadbolt, N.M., Otter, D.E. 2015:** Invited review: Organic and conventionally produced milk - An evaluation of influence factors on milk composition. *Journal of Dairy Science* 98 (4), 2831-2831.
- Sébédio, J. L. 2008.** La matière grasse laitière. Introduction. *Sciences des Aliments*, 28(1-2), 5-11.
- Sebbane, H., Almi, D., Hadouchi, S., Hedjel, L., Smail-Saadoun, N., & Mati, A. 2021.** Microbiological and physicochemical changes during ripening of Camembert cheeses made from raw and pasteurized cow milk produced in Tizi-Ouzou (north of Algeria). *Indian J Dairy Sci*, 74(1), 18-29.
- Sekerden O., 2002.** Relationships between lactation stage with milk yield and constituents, and heritabilities of milk constituents. *Hay Uret J. Anim. Prod.* 43: 61-67.
- Senoussi A., 2008.** Caractérisation de l'élevage bovin laitier dans le sahara : Situation et perspectives de développement. Cas da la région de Guerrara. Colloque intarnational « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives » Alger, 20-21 Avril 2008.
- Sérieys, F., Auclair, J., Poutrel, B., 1987.** Influence des infections mammaires sur la composition chimique du lait.In :CEPIL. Le lait matière première de l'industrie laitière. CEPIL-INRA.Paris, 161-170.
- Sibra, C. 2014.** Composés d'intérêt nutritionnel du lait et des fromages de terroir. 114p.

## Références bibliographiques

---

- Silva SV, Allmere T., Malcata FX. Et Andren A., 2003.** Comparative studies on the gelling properties of cardosins extracted from *Cynara cardunculus* and chymosin on cow's skim milk. *Int Dairy J.* 13 : 559-564.
- Slamani R., 2003.** Optimisation d'une méthode d'extraction de la pepsine ovine. Essai de purification et de caractérisation. Mém. Mag., Institut national agronomique, El Harrach, Alger, 43p.
- Snoussi A, Haïli L, Maïz HAB. 2010.** The dairy bovine breeding situation in the region of Guerrara (Northern Algerian Sahara). *Livest Re Rural Dev.* 22(12).
- Soltner D. 1993.** La reproduction des animaux domestiques d'élevage. Zootechnie générale, Tome 1, deuxième Edition, collection sciences et technique agricole, 232 p.
- Soukehal A., 2013.** Communication sur la filière laitière forum des chefs d'entreprises relatives à La sécurité alimentaire, quels programmes pour réduire la dépendance en céréales et lait, Avril 2013. [http://www.fce.dz/phocadownload/fichiers\\_liens/FILIERE% 20 LAIT.%](http://www.fce.dz/phocadownload/fichiers_liens/FILIERE%20LAIT.%).
- Soulat, J. 2021.** Des prairies aux produits. Les effets de l'herbe des pratiques dans les filières d'élevage à l'herbe sur la qualité des produits. (Cluster Herbe Massif central, Éd.). 62 pages. Aubière : SIDAM.
- 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(2), 151-170.
- Soustre, Y., Chesneau, C., & Marmonier, C. 2011.** Place de la matière grasse laitière dans l'alimentation des Français. *Sciences des aliments*, 30(1), 33.
- Soyeurt, H., Dardenne, P., Dehareng, F., Lognay, G., Veselko, D., Marlier, M., Bertozzi, C., Mayeres, P. & Gengler, N., 2006.** Estimating Fatty Acid Content in Cow Milk Using Mid-Infrared Spectrometry. *Journal of Dairy Science*, 89,3690–3695.
- Soyeurt, H. & Gengler, N., 2008.** Genetic variability of fatty acids in bovine milk. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 12(2), 203-210.
- Stergiadis, S., Bieber, A., Franceschin, E., Isensee, A., Eyre, M.D., Maurer, V., Chatzidimitriou, E., Cozzi, G., Bapst, B., Stewart, G., Gordon, A & Butler, G., 2015.** Impact of US Brown Swiss genetics on milk quality from low-input herds in Switzerland: *Interactions with grazing intake and pasture type. Food Chemistry*, 175, 609–618.
- 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), 600p.
- Stockdale, C.R., 2004.** Effects of level of feeding of concentrates during early lactation on the yield and composition of milk from grazing dairy cows with varying body condition score at calving. *Aust. J. Exp. Agric.* 44, p.p.1– 9.

## Références bibliographiques

---

- Stocco, G., Cipolat-Gotet, C., Bobbo, T., Cecchinato, A. & Bittante, G., 2017.** Breed of cow and herd productivity affect milk composition and modeling of coagulation, curd firming, and syneresis. *Journal of Dairy Science*, 100, 129–145.
- Stokes S.R., WALDNER D.N., JORDAN E.R., LOOPER M.L. 2000.** Managing Milk Composition: Normal Sources of Variation, Texas Agricultural Extension Service, L- 5388, disponible sur <http://stephenville.tamu.edu/~sstokes/15388>.
- Stoll W., 2002.** Alimentation de la vache laitière et composition du lait. Rapacruel, Station fédérale de recherche en production animale.
- Stoll W., 2003.** Vaches laitières : L'alimentation influence la composition du lait, RAPPOSIEUX, *Agri.*, Vol. 09, N° 15, p. 19.
- Stoop, W. M., Bovenhuis, H., Heck, J. M. L., & Van Arendonk, J. A. M. 2009.** Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *Journal of dairy science*, 92(4), 1469-1478.
- Tammar N., 2007.** Le marché du lait en Algérie. Missions économiques d'Alger. Ambassade de France en Algérie.
- Tekerli M., Gündogan M., 2005.** Effect of certain factors on productive and reproductive efficiency traits and phenotypic relationships among these traits and repeatabilities in West Anatolian Holsteins. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 29, p.p. 17-22.
- Thapon JL. 2005.** Technologie de la fabrication du lait Agro campus–Rennes, France.Pp.51.
- Théodet, C., & Gandemer, G. 1991.** Comparaison de cinq méthodes pour extraire les lipides du lactosérum et de ses dérivés. *Le Lait*, 71(1), 41- 54.
- Tir Elhadj, Bounoua, S., Heddar, M., & Bouklila, N. (2015).** Étude de la qualité physico-chimique et microbiologique de laits crus de vache dans deux fermes de la wilaya de Tissemsilt (Algérie). *Revue El Wahat pour les Recherches et les Études*, 8(2), 26-33.
- Tucker H.A. 1985.** 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 Production Animale*, 4 (3) : 219-228.
- Udabage, P., McKinnon, I. R., & Augustin, M. A. 2001.** Effects of mineral salts and calcium chelating agents on the gelation of renneted skim milk. *Journal of Dairy Science*, 84(7), 1569-1575.
- Valles, E., & Furet, J. P. 1977.** Étude des caillettes des bovins à l'état ruminant pour l'obtention d'extraits coagulants à base de pepsine bovine. I. Méthodes d'extraction. *Le lait*, 57(569-570), 601-618.
- Vanbelle, M., Vervack, W., Foulon, M., & Bailleux, L. (1978).** Composition en acides gras supérieurs de quelques types de fromages consommés en Belgique. *Le Lait*, 58(575-576), 256-260.

## Références bibliographiques

---

- Vanden Tempel, T., & Nielsen, M. S. 2000.** Effects of atmospheric conditions, NaCl and pH on growth and interactions between moulds and yeasts related to blue cheese production. *International journal of food microbiology*, 57(3), 193-199.
- Vassal, L., Monnet, V., Le Bars, D., Colette, R. O. U. X., & Gripon, J. C. (1986).** Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert. *Le lait*, 66(4),341-351.
- Veisseyre R., 1979.** Technologie du lait : Constitution, récolte, traitement et transformation du lait. Paris, Maison Rustique, 714p.
- Verdier-Metz, I., Buchin, S., Hurtaud, C., Bérodier, F., Pradel, P., Montel, M. C., & Coulon, J. B. (2009).** Effet de l'alimentation des vaches sur les caractéristiques sensorielles des fromages selon les types de technologie (pâte molle, pressée ou pressée demi-cuite). *Renc. Rech. Ruminants*, 16, 135-138.
- Vierling E., 1999.** Aliments et boissons : filière et produits. Paris, Doin, 271p (Collection : science des aliments).
- Vierling E., 2008.** Aliments et boissons filières et produits. 3<sup>ème</sup> édition Biosciences et 338techniques.Paris.pp :15-16.
- Vignola C. L., 2002.** Science et technologie du lait : Transformation du lait. Canada, Presses Internationales Polytechniques. Montréal (Canada), 600p.
- Vivegnis, J., Dubois, C., Nicolay, L., Mairy, F., Jacob, C., Piraux, É., ... & Decallonne, J. 1998.** Qualité microbiologique des fromages artisanaux fabriqués au lait cru en Région wallonne. *BASE*.
- Vlaeminck B, FievezV, Cabrita ARJ, Fonseca, AJM, Dewhurst, RJ., 2006.** Factors affecting odd-and branched-chain fattyacids in milk: A review.*Anim Feed Sci Technol*. 131(3-4):389-417.DOI:10.1016/j.anifeedsci. 06.017.
- Walker, G. P., Dunshea, F. R., & Doyle, P. T. (2004).** Effects of nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(10), 1009-1028.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. 2006.** Chapter 11 Cooling and freezing. *Dairy Science and Technology*; Taylor & Francis Group, LLC: Boca Raton, FL, USA, 297-307.
- Wattiaux M.A., 1998.** Composition et valeurs nutritives du lait : Lactation et récolte du lait. Institut Babcock.
- Wedholm A., Larsen L.B., Lindmark-Månsom H., Karlsson A.H., Andren A., 2006.** Effect of protein composition on the cheese-making properties of milk from individual dairy cows. *Journal of Dairy Science*, n° 89, p.p. 3296–3305.

## Références bibliographiques

---

- Weller J.I., Ezra E., 2004.** Genetic analysis of the Israeli Holstein dairy cattle population for production and nonproduction traits with a multitrait animal model. *J. Dairy Sci.*, 87: 1519-1527.
- White SL, Bertrand JA, Wade MR, Washburn SP, Green JT, Jenkins TC., 2001.** Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J Dairy Sci.* 84(10):2295-2301.
- Wolter R., 1997.** Alimentation de la vache laitière. 3ème éd. France Agricole, Paris, 263p.
- Yakhlef, H., 1998.** La production extensive de lait en Algérie. *Options méditerranéennes, série séminaire, (6)* 135- 139.
- Yakhlef, H., Madani, T. et Abbache, N. ,2002.** Biodiversité importante pour l'agriculture: cas des races bovines, ovines, caprines et camelines. MATE-GEF/PNUD : projet ALG/G13, Décembre 2002. 43p.
- Yakhlef H, Madani T, Ghozlane F and Bir B. 2010.** Rôle du matériel, animal et de l'environnement dans l'orientation des systèmes d'élevages bovin en Algérie: *In: la filière lait en Algérie. Communication aux 8eme Journées des Science Agri, les 18 et 19 avril. Ecole National Supérieure Vétérinaire d'alger.* Algerie.
- 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.
- Zeiber, P., & Truchelut, J. (2020).** La Pâtisserie de Référence : Techniques, préparations de base, fiches techniques de fabrication (French Edition). EDITIONS BPI.
- Zendri, F., Ramanzin, M., Bittante, G. & Sturaro, E., 2016.** Transhumance of dairy cows to highland summer pastures interacts with breed to influence body conditions, milk yield and quality. *Italian journal of animal science, 15*, 481- 49.

### Annexe 1

#### Analyse physico-chimiques du lait

##### **1- Détermination de l'acidité selon la norme NF V 04 - 206 (AFNOR, 1986) par un acidimètre Dornic :**

Dans un bécher introduire 10 ml de lait, ajouter 0,1 ml de phénophtaléine à 1% (m/v dans l'éthanol à 95%), titrer par la solution d'hydroxyde de sodium N/9 jusqu'à avoir un virage au rose pâle persistant, lire ensuite sur la colonne de l'acidimètre la graduation correspondant au niveau de la soude : le nombre de dixième de ml de soude indique l'acidité du lait en degré Dornic.

##### **2- Détermination du pH**

Le pH est déterminé à l'aide d'un pH-mètre étalonné, le lait est ramené à une température de 20°C. Lire directement sur l'échelle graduée du galvanomètre la valeur du pH après avoir introduit l'électrode dans le becher contenant l'échantillon de lait.

##### **3- Détermination de la densité selon la norme NF, V 04-204 (AFNOR, 1986)**

- Verser l'échantillon du lait dans une éprouvette cylindrique sans bec avec précaution pour éviter la formation de mousse jusqu'à un niveau provoquant un débordement du liquide.
- Plonger doucement le lactodensimètre en exprimant un léger mouvement de rotation, l'échantillon devant déborder franchement.
- Effectuer la lecture de graduation à la partie supérieure du ménisque, et au même temps lire la température rapidement.
- Si la température du lait est différente de 20°C, ajouter à la masse volumique lue 0,0002 par degré Celsius au-dessus de 20°C, et retrancher la même valeur par degré Celsius au-dessous de 20°C.

##### **4- Détermination de la matière sèche**

- Dans un dessiccateur à infrarouge possédant une balance de précision intégrée, placer une capsule préalablement séchée et lavée, y introduire 03 grammes de l'échantillon à analyser (Lait), Lancer la dessiccation à 165°C

- Lire le résultat exprimé en g/l sur l'affichage du dessiccateur après 15 à 20 min
- La lecture se fait directement par affichage sur l'écran du dessiccateur, la valeur de l'EST est exprimée en g/l.

### **5- Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique de Gerber**

- D'abord Introduire 10 ml d'acide sulfurique de densité 1,820 à 1,830 dans un butyromètre de Gerber ;
- Ajouter 1 ml de lait doucement en évitant un mélange prématuré entre le lait et l'acide ;
- Verser à la surface du lait 1 ml d'alcool iso-amylique de densité 0,811 ;
- Boucher soigneusement le butyromètre, et agiter avec précaution, puis effectuer six retournements ;
- Placer le butyromètre dans une centrifugeuse à 1200 t/ mn pendant 5 mn ;
- Faire ensuite la lecture directement sur la tige graduée du butyromètre, la matière grasse est donnée par la relation suivante :

$$(B - A) \times 10$$

A : la lecture de la graduation correspondant au niveau inférieur de la colonne lipidique.

B : valeur de la graduation correspondant au point le plus bas du ménisque supérieur de la colonne lipidique.

### **6- Détermination des protéines par le dosage de la matière azotée totale selon la méthode de KJELDAHL (AFNOR 1986, Norme NF V04-211)**

#### **1. Dosage de la matière azotée totale :**

##### **a. 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 Kjeldhal. Ajouter 15 à 17 ml d'acide sulfurique concentré et 5 à 6 g de catalyseur (20 g de sulfate de potassium + 10 g de sulfate de cuivre + 1 g

de sélénium), agiter, ensuite 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.

- **Distillation et dosage de l'ammoniac :**

Après refroidissement, diluer le contenu du matras par addition de 30 à 50 ml d'eau qui servent au même temps à rincer les parois du col du matras, laisser refroidir puis ajouter 55 à 65 ml de la solution concentrée (33%) d'hydroxyde de sodium, effectuer la distillation dans les conditions prévu pour l'appareil, en plaçant aussi l'alonge qui termine le dispositif dans un bécher de 200 ml contenant 20 ml d'acide borique à 4 % et 2 gouttes d'indicateur de tashiro.

Après distillation, titrer le distillat avec l'acide sulfurique 0,1 N jusqu'à atteindre le pH de l'acide borique.

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en gramme d'azote par litre :

$$NT = V_1 \times 0,0014 \times 1000/V_0$$

$V_0$  : volume de la prise d'essai (5ml) ;

$V_1$  : volume de la solution d'acide sulfurique 0,1 N.

### **7- La détermination du profile en acides gras du lait**

Elle se fait en trois étapes :

- **Extraction étheroammoniacale de la matière grasse du lait par la méthode de Röse – Gottlieb NF EN ISO 1211 (AFNOR, 1986)**
  - Prélever 20 ml de lait
  - Ajouter 2 ml d'ammoniacque à 20%, mélanger vigoureusement;
  - + 10 ml d'éthanol, mélanger doucement ;
  - + 25 ml d'éther diéthylique, agiter vigoureusement mais sans excès afin d'éviter la formation d'émulsion persistante ;

- + 25 ml d'ether de pétrole (30-60°C), agiter vigoureusement aussi pendant 30 secondes ;
- Attendre 30 minutes.
- Récupération de la phase organique (phase supérieure), dans un ballon.
- Evaporation à sec.
- Récupération de la matière grasse avec 10 ml d'hexane.
- Conservation à -20°C.

➤ **Préparation des esters méthyliques:** utilisation d'une méthode rapide décrite dans la norme (NF T 60-233).

- Prélever 1ml d'hexane contenant 50 à 100 mg de matière grasse pure et le mettre dans un tube à vis.
- Ajouter 200 µl de NaOH 2N dans du méthanol. Bien boucher. Agiter 10 secondes.
- Porter au bain marie à 50°C pendant 20 secondes. Agiter. Laisser refroidir.
- Ajouter 200 µl d'HCl méthanolique 2N afin d'éviter l'introduction d'agents alcalins dans la colonne.
- Agiter, laisser décanter et recueillir la couche supérieure (phase hexanoïque) qui contient les esters méthyliques.

➤ **Analyse des esters méthyliques par chromatographie en phase gazeuse.**

**8- Extraction de la matière grasse du lait de mélange selon la méthode de Larsen et al. (2013).**

Pour l'analyse des acides gras, la crème a été séparée du lait écrémé par centrifugation (1700 g, 4°C, 20 min), puis centrifugée (13000 g, 20°C, 10 min) pour séparer la graisse. Une fraction de graisse liquide a été obtenue par chauffage à 60°C pendant 10 min et centrifugation (13 000 g, 40°C, 10 min).

- Verser les échantillons du lait dans des flacons (la même quantité).
- Mettre les flacons dans la centrifugeuse réglée à 1700 à 20°C pendant 20 min.
- Transférer la crème obtenue dans des godets puis la mettre à centrifugation à 13 000 à 20 °C pendant 10 min.
- Après centrifugation, chauffer la crème obtenue dans un bain-marie réglé à 60°C pendant 10 min.

- Centrifuger la crème chauffée dans la centrifugeuse réglée à 13000 à 40°C pendant 10 min.
- Retirer la matière grasse liquide obtenue dans les tubes, et peser.

### **9- Détermination du nombre de cellules somatiques dans les échantillons de lait**

Le principe de mesure est la cytométrie de flux qui est basée sur le principe du passage d'un film de liquide échantillon sous une unité de comptage. L'échantillon liquide est transporté sous l'unité de comptage par un liquide de protection (sheath liquid) qui enveloppe d'une manière bien précise le fin film d'échantillon. Le fin film de liquide échantillon est dû au faible diamètre de la cuvette et à la pression avec laquelle l'échantillon est pompé dans celle-ci. Le diamètre de ce film est si petit qu'il ne permet que le passage d'une cellule somatique à la fois dans la cuvette. Avant de passer dans la cuvette, un colorant est ajouté au lait et colore l'ADN des cellules. Grâce à la fluorescence développée les cellules peuvent être comptées par un photo-multiplieur.

### **10- Présentation et principe de fonctionnement du Milko Scan FT 120**

Le MilkoScan™ FT120 est un spectrophotomètre à FTIR (Fourier Transformed Infrared Spectroscopy) automatique. Il utilise la technologie d'absorption spectroscopique en moyen infrarouge à transformée de Fourier (capacité : 3 - 10  $\mu\text{m}$  correspondant à 1000 – 5000  $\text{cm}^{-1}$ ).

#### ➤ Principe de mesure de l'interféromètre FTIR

L'interféromètre FTIR balaye le spectre complet du moyen infrarouge, fournissant des absorbances sur un nombre de longueurs d'ondes illimité. Les résultats sont fournis en simultané à partir du spectre complet ce qui permet de mesurer de nouveaux paramètres, et ce, même lorsqu'il s'agit d'analyser des produits laitiers complexes. L'analyse des paramètres supplémentaires devient simplement une question de calibrage.

Une fois les faisceaux divisés par le miroir semi-réfléchissant, l'appareil envoie une partie des rayons sur un miroir fixe et l'autre partie sur un miroir mobile. A partir des miroirs, les rayons se réfléchissent et se recombinent avant d'atteindre le détecteur. Toutes les fréquences infrarouges passent au même moment dans l'interféromètre. Le miroir effectue de rapides et petits mouvements, ce qui permet de balayer le spectre moyen infrarouge. Le laser envoie une lumière monochromatique qui est utilisée pour déterminer avec précision la position du balayage des longueurs d'ondes.

En un laps de temps court, l'interférogramme est recueilli par le spectromètre, traité par le calcul de transformation de Fourier et est converti en un spectre entier de l'échantillon.

A partir de ce stade, on retrouve à nouveau la théorie générale de la spectrométrie, de l'intensité de la lumière, de l'absorption et leurs relations avec les paramètres composants un échantillon spécifique.

### **11- Substrat de Berridge**

#### **➤ Les constituants du substrat de Berridge :**

- Le lait en poudre, de type LOW-HEAT obtenu à partir d'un lait écrémé pasteurisé de bonne qualité microbiologique (-5000 germes/ml).
- Solution de  $\text{CaCl}_2$  de qualité anhydre utilisée à une concentration de 0.01M est obtenue à partir d'une solution mère aqueuse de chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) d'une concentration de 1M à conserver à 4°C et à l'obscurité avec quelques cristaux de thymol.

#### **➤ Mode opératoire :**

- Dissoudre 12g de lait en poudre dans 100 ml de  $\text{CaCl}_2$  à 0.01M.
- Mettre le mélange sous une agitation magnétique douce pendant 30 minutes.
- Ajuster le pH à 6.4 par l'ajout d'une solution de HCl ou de NaOH.
- Ramener la température du lait à 35°C afin de mesurer le temps de coagulation, qui correspond à l'apparition des premiers flocons sur les parois internes du tube dans les conditions de réaction.

### Annexe 2

#### Analyses physico-chimique du fromage

##### **1- Détermination de la teneur en matière grasse du fromage par la méthode acido-butyrométrique de Van Gulick**

- Introduire 3g de fromage broyé dans le butyromètre
- Introduire par l'extrémité du butyromètre 10 ml d'acide sulfurique.
- Boucher l'ouverture de la tige puis placer le butyromètre dans le bain-marie à 65°C jusqu'à la dissolution totale du fromage
- Agiter le butyromètre horizontalement toutes les 5 minutes jusqu'à dissolution complète de la prise d'essai
- Ajouter 1 ml d'alcool iso-amylique
- Placer le butyromètre dans la centrifugeuse à 1200 tours /min pendant 5 min
- La lecture se fait directement sur la graduation du butyromètre, la teneur est exprimée en g/100g.

##### **2- Détermination du taux protéique par le dosage de l'azote par la méthode de Kjeldhal (AFNOR, 1982)**

###### ➤ **Minéralisation**

- Introduire dans un ballon Kjeldhal ou matras 1 à 2g d'échantillon auquel sont ajoutés 15 à 17 ml d'acide sulfurique concentré et environ 2g de catalyseur ;
- Agiter et placer les matras sur le dispositif de chauffage sous une hotte d'absorption des vapeurs;
- Augmenter le chauffage jusqu'à douce ébullition du mélange acide;
- Prolonger le chauffage 30 minutes après décoloration du mélange acide;
- Laisser refroidir et boucher pour éviter tout contact avec les vapeurs ammoniacales présentes dans le laboratoire.

### ➤ Distillation

- Addition de 30 à 50 ml d'eau distillée tout en rinçant les matras,
- Alcaliniser le contenu du matras avec 55 à 65 ml de soude concentrée (20 à 30 ml pour le fromage) et adapter aussitôt à l'appareil de distillation,
- L'allonge du réfrigérant est ajustée de façon à ce qu'elle plonge au fond d'un bûcher dans lequel sont introduits 10 ml de solution d'acide borique avec un indicateur coloré,
- L'entraînement de l'ammoniac commence presque aussitôt et se fait très rapidement et l'indicateur contenu dans le bûcher vire à sa teinte alcaline.

### ➤ Titrage

Titrer avec de l'acide sulfurique 0,1N jusqu'au virage de l'indicateur à sa teinte acide.

### ➤ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche (MS) comme suit :

$$N \text{ (g)} = X * 280 * 10^{-6} * (100/Y) * (100/A)$$

Où

X : descente de la burette (ml)

Y : prise d'essai (1g)

A : volume du minéralisat

### 3- Dosage des chlorures par la méthode de Mohr

- Peser 10g de fromage râpé dans un Erlenmeyer ;
- Ajouter 15 ml d'eau chauffée à 55-65°C ;
- Agiter à l'aide d'un agitateur magnétique ;
- Ajouter 25 ml d'eau pour disperser le fromage ;
- Compléter à 100 ml avec de l'eau distillée ;
- Transférer 50 ml de la solution en filtrant dans un Erlen de 250ml.
- Ajouter 1ml de chromate de potassium à 10% ;

- Titrer la solution avec du nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3$  à 0.1M jusqu' à l'apparition d'une couleur rouge brique persistante pendant 30 secondes.

➤ **Expression des résultats :**

La teneur en sel est calculée de la manière suivante :

$$\text{Cl (\%)} = \frac{\text{N.Eq.NaCl}}{\text{m.10}}$$

Où : **Cl** : Teneur en sel exprimée en %

**N**: Normalité d'  $\text{AgNO}_3$  (0.1N)

**V (ml)** : Volume en ml d'  $\text{AgNO}_3$  utilisé pour le titrage

**Eq.g (NaCl)** : Equivalent grammes de NaCl égal à 58.5

**m**: Prise d'essai en g.

Dosage des chlorures du camembert

#### 4. **Extraction de la matière grasse du camembert par la méthode de Folsh**

- Peser 25g du fromage (Camembert) ;
- Ajouter 75ml du mélange chloroforme/méthanol (2:1 v/v) dans un Erlenmeyer de 250 ;
- Mélanger pendant 45 mn avec agitateur magnétique ;
- Filtrer le mélange ;
- Extraire à nouveau la phase solide 1 ou 2 fois avec le même volume de l'extractant ;
- Combiner les phases liquides dans une ampoule à décanter ;
- Ajouter 35 ml de solution de NaCl saturée ;
- Agiter le mélange ;
- Après une séparation de phases, filtrer ensuite sécher la phase chloroforme avec du sulfate de Sodium anhydre ;
- Filtrer à nouveau
- Peser le ballon rodé
- Mettre la phase chloroformique dans le ballon

- Peser à nouveau le ballon + phase chloroformique
- Passer au Rotavapor (Température : 40°C)
- Peser à nouveau le ballon rodé avec la phase lipidique uniquement
- Déduire le poids de la phase lipidique (poids ballon + phase lipidique – poids ballon vide)

### Annexe 3

#### Analyses microbiologiques du fromage

##### 1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

- Prélever aseptiquement 1ml de la dilution  $10^{-1}$  et la mettre dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec de la gélose VRBL préalablement liquéfié et refroidit à  $45^{\circ}\text{C}$
- Répéter la même opération pour les dilutions  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$
- Faire ensuite des mouvements circulaires en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout
- Laisser solidifier le mélange sur une pailasse ;
- Une fois le milieu est solidifié, couler à nouveau environ 4 à 5 ml de la même gélose pour protéger la culture contre les diverses contaminations
- Laisser solidifier à nouveau
- Les boîtes sont incubées, couvercles en bas pendant 24 h à  $37^{\circ}\text{C}$  pour les coliformes totaux et 24 h à  $44^{\circ}\text{C}$  pour les fécaux

##### Lecture :

Les coliformes apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge foncé de 5 mm de diamètre et fluorescentes.

##### 2. Recherche des *Staphylococcus aureus*

- Réaliser un enrichissement en prélevant 1ml de chaque dilution ( $10^{-1}$  à  $10^{-3}$ ) et l'introduire dans des tubes contenant le bouillon de Giolitti-Cantoni, puis incubé à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24h
- Prélever à l'aide d'une pipette pasteur 0.1ml de la solution précédente pour les trois dilutions puis réaliser un ensemencement par épuisement sur la gélose Chapman préalablement écoulée dans des boîtes de pétri stériles et
- Incuber à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24h
- Les colonies de *Staphylococcus aureus* apparaissent lisses brillantes, pigmentées en jaune, et pourvues d'une catalase et d'une coagulase.

### 3. Recherche des salmonelles

- Pré-enrichissement : Introduire 1ml de lait dans des tubes contenant de l'eau peptonée tamponnée. La préparation est homogénéisée puis incubée à 37°C pendant 24 heures
- Enrichissement : Introduire 10 ml du liquide pré-enrichi dans des tubes contenant un bouillon au sélénite de sodium (SFB) stérile et incubé 24 heures à 37°C.
- Isolement sur milieu solide : Prélever à l'aide d'une pipette pasteur ou d'une anse en platine 0.1ml de la solution précédente pour les trois dilutions puis réaliser un ensemencement par épuisement sur la gélose Hektoen préalablement égouttée dans des boîtes de pétri stériles et séchées
- Incuber à 37°C pendant 24h
- Les colonies des salmonelles sont vertes ou bleues avec ou sans centre noir.

### Annexe 4

#### Analyses physico-chimiques des fourrages

##### 1- Détermination de la teneur en matière sèche

Dans une capsule en porcelaine séchée et tarée au préalable, introduire environ 2 g de l'échantillon à analyser. Porter la capsule dans une étuve à air réglée à  $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durant 5 h, Retirer de l'étuve et refroidir au dessiccateur, peser et remettre 01 h à l'étuve et procéder à un nouvelle pesée. Continuer l'opération jusqu'à poids constant.

La teneur en matière sèche est donnée par la relation :

$$\text{MS}\% = (\text{Y}/\text{X}) 100$$

Dont :

X : poids de l'échantillon humide

Y : poids de l'échantillon après dessiccation

##### 2- Détermination de la teneur en cendres

Peser 2 g de prise d'essai dans un creuset en porcelaine et placer dans un four à température contrôlée préchauffé à  $600^{\circ}\text{C}$ . Maintenir à cette température 2 h. Transférer le creuset directement dans le dessiccateur, refroidir et peser immédiatement, en rapportant le pourcentage de cendres à la première décimale.

$$\text{Cendre (p/p) \%} = \frac{\text{Poids de la prise d'essai (g)} - \text{poids de la prise d'essai après incinération (g)}}{\text{Poids de la prise d'essai (g)}} \times 100$$

##### 3- Détermination de la teneur en protéines par la méthode de Kjeldahl:

###### - Minéralisation

Peser 0.25 à 2 g de substance, l'introduire dans un matras de 250 ml (éviter que les particules adhèrent à la paroi). Ajouter environ 2 g de catalyseur (250g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ; 250g de  $\text{CuSO}_4$  et 5 g Se), et 20 ml d'acide sulfurique pur ( $d=1,84$ ).

Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer à ébullition jusqu'à décoloration du liquide ou l'obtention d'une coloration verte stable.

Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu, avec précaution 200 ml d'eau distillée en agitant, puis laisser refroidir.

### - **Distillation**

Transvaser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil de distillatoire (Buchi). Rincer la burette graduée, dans un bêcher destiné à recueillir le distillat et introduire 20 ml de l'indicateur composé pour 1l de solution : 20 g d'acide borique, 200 ml d'éthanol absolu, 10 ml d'indicateur, contenant (1/4 de rouge de méthyle à 0,2 % dans l'alcool à 95° et 3/4 de vert de bromocrésol dans l'alcool à 98°)

Verser lentement dans le ballon de l'appareil de distillation 50 ml de lessive de soude (d=2,33).

Mettre l'appareil en position de marche, laisser l'attaque se faire jusqu'à obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins (l'extrémité inférieure de la colonne réfrigérante de l'appareil distillatoire doit prolonger dans la solution d'acide borique (pour éviter les pertes).

Titrer par de l'acide sulfurique N/20 ou N/50 jusqu'à réobtention de la couleur initiale de l'indicateur

La teneur en matière azotée totale est déterminée par la formule suivante :

**Teneur en MAT (%MS)=Ng x 6, 25**

**Où :**  $N g = X.0,0007 \times (100/Y)(200/A)$

X : descente de burette (en ml)

Y : poids de l'échantillon de départ

A : volume de la prise d'essai

### **4- Détermination de la teneur en Matières grasses**

Les matières grasses (MG) des substrats sont obtenues par extraction épuisante directe dans un appareil de type Soxhlet, au moyen d'un solvant, puis élimination du solvant par distillation et dessiccation et finalement pesée du résidu.

3 à 5 g de l'échantillon à analyser sont introduits dans l'extracteur Soxhlet , ce dernier est ensuite placé sur un ballon sec préalablement pesé puis rempli d'une quantité suffisante du solvant d'extraction (hexane). Un réfrigérant est adapté au-dessus de l'extracteur.

A l'aide d'un chauffe ballon, le solvant est porté à ébullition, la vapeur de ce dernier passe par la partie intermédiaire où elle se condense grâce au réfrigérant. Le liquide obtenu tombe dans le corps de l'extracteur et solubilise la substance à extraire. Lorsque l'extracteur est

suffisamment rempli de solvant, le siphonage s'amorce, ce qui provoque le retour du liquide dans le ballon, accompagné de l'huile extraite. Le solvant continue alors de s'évaporer, alors que les substances extraites restent piégées dans le ballon, leur température d'ébullition étant nécessairement nettement supérieure à celle du solvant extracteur. L'extraction se fait pendant 6 à 8 heures. Le ballon contenant le résidu est ensuite placé dans l'étuve à 102°C pendant 3 heures, puis refroidi dans le dessiccateur et enfin pesé.

La teneur en MG est obtenue par l'équation suivante :  $\%MG = (x - y)/z * 100$

x: Poids du ballon + résidu après 3 heures à l'étuve(g).

y: Poids du ballon vide (g).

z: Poids de la prise d'essai (g).

### **5- Détermination de la teneur en cellulose brute :**

- Peser 1 g de l'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 1,5 g d'acide sulfurique pour 1000 ml.
- Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30 mn exactement.
- Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse.
- Séparer ce ballon du réfrigérant dans un ou plusieurs tubes de centrifugation en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon.
- Centrifuger jusqu'à clarification totale de liquide, séparer celui-ci et laver chaque fois jusqu'à ce que les eaux de lavage ne soient plus acides (entraîner le moins possible de produit à chaque lavage).
- Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube à centrifuger avec 100ml de solution bouillante contenant 12,5 g de soude pour 1000 ml, faire bouillir durant 30 mn exactement comptées comme dans la première partie de l'opération.
- Filtrer sur creuset (de porosité 1 ou 2) préalablement pesé,
- Mettre le résidu + creuset dans l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant.
- Effectuer les pesées après refroidissement au dessiccateur 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 cellulosiques : une grande partie de la cellulose vraie, une partie de la lignine, et les résidus d'hémicelluloses.

La teneur en cellulose brut est calculée par la formule suivante

$$\text{Teneur en CB (\%MS)} = \left[ \frac{A-B \times 100}{C \times MS} \right] 100$$

A : poids du creuset + résidu après dessiccation

B : poids du creuset + résidu après incinération

C : poids de l'échantillon de départ.

## Annexes 5

## Analyses sensorielles des fromages

## 1- Table de Kramer

Nombre de dégustateurs	Nombre d'échantillons 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	23-37	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

2- Résultats des analyses sensorielles

L'aspect de la croûte

Produit Dégustateurs	FA (Artisanal)		FI (Industriel)	
	Scores	Rangs	Scores	Rangs
1	2.5	2	3.8	1
2	1.8	2	3.5	1
3	2.3	2	4.25	1
4	1	2	4.25	1
5	2.8	2	3.25	1
6	2.6	2	3.7	1
7	1	2	3.6	1
8	2.8	2	3.6	1
9	1.6	2	3.7	1
10	1.8	2	4.7	1
11	1.8	2	2.2	1
12	5	1,5	5	1,5
13	2.5	2	4	1
14	3	1.5	3	1.5
15	3	1.5	3	1.5
Moyenne des scores	$\bar{x}= 2,36$		$\bar{x}= 3,7$	
Somme des rangs		$\Sigma=28.5$		$\Sigma= 16.5$

La couleur

Produit Dégustateurs	A (Artisanal)		B (Industriel)	
	Scores	Rangs	Scores	Rangs
1	4	1,5	4	1,5
2	2	2	4	1
3	2	2	4	1
4	2	2	4	1
5	4	1.5	4	1.5
6	4	1,5	4	1,5
7	4	1,5	4	1,5
8	4	1,5	4	1,5
9	4	1,5	4	1,5
10	2	2	4	1
11	4	1,5	4	1,5
12	4	1,5	4	1,5
13	4	1.5	4	1.5
14	4	1.5	4	1.5
15	2	2	4	1
Moyenne des scores	$\bar{x}= 3,3$		$\bar{x}= 4$	
Somme des rangs		$\Sigma= 25$		$\Sigma= 20$

## L'odeur

Produit Dégustateurs	A (Artisanal)		B (Industriel)	
	Scores	Rangs	Scores	Rangs
1	2.5	2	5	1
2	1	2	2,5	1
3	2.5	2	5	1
4	1	2	2.5	1
5	2.5	1.5	2.5	1.5
6	2.5	2	5	1
7	2.5	2	5	1
8	2.5	2	5	1
9	1	2	2,5	1
10	1	2	2.5	1
11	5	1	2.5	2
12	5	1.5	5	1.5
13	1	2	2.5	1
14	5	1	2.5	2
15	1	2	2.5	1
Moyenne des scores	$\bar{x}= 2,4$		$\bar{x}= 3,5$	
Somme des rangs		$\Sigma=27$		$\Sigma=19$

## Le goût :

Produit Dégustateurs	A (Artisanal)		B (Industriel)	
	Scores	Rangs	Scores	Rangs
1	2.5	2	5	1
2	5	1	2,5	2
3	1	2	5	1
4	1	2	5	1
5	1	2	5	1
6	2.5	2	5	1
7	5	1.5	5	1.5
8	2.5	2	5	1
9	5	1.5	5	1.5
10	1	2	5	1
11	2.5	2	5	1
12	1	2	5	1
13	5	1	2.5	2
14	5	1	1	2
15	5	1	1	2
Moyenne des scores	$\bar{x}= 3$		$\bar{x}= 4,1$	
Somme des rangs		$\Sigma= 27$		$\Sigma=20$

La texture :

Produit Dégustateurs	A (Artisanal)		B (Industriel)	
	Scores	Rangs	Scores	Rangs
1	2,2	2	2,3	1
2	2,3	2	3,7	1
3	3,4	1	3,2	2
4	1,8	2	5	1
5	2,4	2	3,3	1
6	2,9	2	3,5	1
7	2,4	2	3,7	1
8	2,4	2	3,4	1
9	3,1	2	3,3	1
10	2,9	2	3,1	1
11	1,8	2	3,8	1
12	2,2	2	2,6	1
13	5	1,5	5	1,5
14	5	1,5	5	1,5
15	5	1,5	5	1,5
<b>Moyenne des scores</b>	$\bar{x} = 2,9$		$\bar{x} = 3,7$	
<b>Sommes des rangs</b>		$\Sigma = 27,5$		$\Sigma = 17,5$

## 3- Fiche de dégustation

Fiche d'analyse sensorielle : dégustation de.....

- Description de l'odeur
  - Par le nez sans mettre le produit en bouche
  - Absence d'odeurs : 1, forte odeur : 6

1	2	3	4	5	6

- Description de la saveur :

Sucré	Acide	Salé	Amère	Umami	Métallique

- Salinité : moins salé : 1, trop salé : 6

1	2	3	4	5	6

- Description des sensations

Dou	Piquant	Acre	Brulant

- Description de la finale en bouche

Agréable	Très typique	Riche en arôme	Intense en goût	Persistante	Plutôt courte	Fondant

Caractère	2	3	4	5	6
Dureté (mou :1, dur : 6)					
Cohésion (souple : 1, friable : 6)					
Structure de la pâte (onctueux :1, granuleux :6)					

Avez-vous des remarques à faire au sujet de cette dégustation ?

Formulaire de test de dégustation

Age :

Sexe :

- Comment trouvez-vous le produit ?

•Couleur :

Produits	Acceptable	Pas acceptable
Produit 1		
Produit 2		
Produit 3		
Produit 4		

•Odeur

Produits	Bonne	Moyenne	Pas bonne
Produit 1			
Produit 2			
Produit 3			
Produit 4			

•Goût :

Produits	Bon	Moyen	Pas bon
Produit 1			
Produit 2			
Produit 3			
Produit 4			

•Acidité

Produits	Trop acide	Acceptable	Peu acide
Produit 1			
Produit 2			
Produit 3			
Produit 4			

•Texture

Produits	Homogène (lisse à la dégustation)	Intermédiaire (pas totalement lisse, présente quelques grumeaux)	Hétérogène (présence de grumeaux à la dégustation)
Produit 1			
Produit 2			
Produit 3			
Produit 4			

•Consistance

Produits	Epaisse	Moyenne	Liquide
Produit 1			
Produit 2			
Produit 3			

**Annexe 6**

**Questionnaire adressé aux éleveurs**

**I - Identification de l'exploitation**

- **Nature juridique** : Propriétaire  Locataire  EAI  EAC  Ferme pilote

**- Renseignements sur le dirigeant de l'exploitation**

Propriétaire  Fonctionnaire

- Niveau scolaire : aucun  primaire  secondaire  universitaire

- Formation agricole : Oui  Non

- Nature de l'activité : Principale  Secondaire

- Age :

- **mains d'œuvre** : Familiale  non familiale

-Effectif :

-Niveau intellectuel

**II- Potentiel Foncier**

➤ **Foncier**

S.A.T	S.A.U	S.A.U en sec	S.A.U en irrigué	Superficie des fourrages

➤ **Production végétale**

Culture	Type de culture	Période de récolte	Surface	La production
Céréales	Blé dur Blé tendre Orge Avoine Vesce avoine			

<b>Fourrage :</b> Luzerne Trèfle Avoine Autre	
<b>Maraichers :</b> en sec En irriguée	
<b>Autre</b>	

Y a-t-il des variations interannuelles des superficies consacrées aux fourrages : oui  non

**Mode de conservation :** Fanage  Ensilage

**Type de d'ensilage :** de foin de maïs  de l'herbe  autre

### 3/ Bâtiment d'élevage

Etable	Type de stabulation		Dimension	Etat				Aire de couchage			
	Libre	Entravée		Excellent	Bon	Moyen	Médiocre	Sol	Sol paillé	Bétons paillé	Bétons

**4/ Ressource en eau :** Oued  Puits  Forage  Autre  Nombre :

### 5/ Production animale

**- Elevage :** Bovin  Ovin  Caprin

#### \* Effectif et composition du cheptel bovin

	Vaches laitière	Génisses	Taurillon	Taureaux	Veaux	Velles
Acheté						
Explt						
Total						

**6/ Conduite du troupeau**

**\* Alimentation**

Saison	Ration de base			
	Composition	Quantité	Mode de présentation	Fréquence de distribution
Hiver				
Printemps				
Eté				
Automne				

**Période de pâturage :**

Saison	Prairie	Jachère	Pâturage	Chaume	Période
<b>Hiver</b>					
<b>Printemps</b>					
<b>Eté</b>					
<b>Automne</b>					

Période à l'étable :

Répartition des vaches par ha (densité) :

➤ **Complémentation**

Complémentation à l'étable : oui  non

Si oui :

Type de complémentation	
Quantité	
Fréquence de distribution	

- Fréquence de distribution par stade physiologique : Gestation

Lactation

- L'addition des éléments nutritionnels pour augmenter la digestibilité du fourrage :  
Urée  sels minéraux  autre

- Mode d'alimentation : collectif  individuel

- Lieu et mode de préparation des aliments

➤ **Abreuvement**

- Abreuvement à volonté : oui  non

- L'alimentation des vaches en eau ce fait : à l'étable  à l'air libre

- Quantité consommé par chaque vache :

- Fréquence d'abreuvement :

**7/ La conduite de la reproduction :**

- Mode d'insémination :

- Insémination Artificielle :

- Monté Naturelle :

- Quel est l'âge moyen de la génisse à l'apparition des premières chaleurs ?.....

- Quel est l'âge à la première saillie ?..... - Quel est le poids à la première saillie ?.....

- Quel est l'écart vêlage-vêlage ?..... – Quel est l'écart vêlage-première saillie ?.....

- Quel est l'écart vêlage-saillie fécondante ?.....

- Comment déterminez-vous les chaleurs ?.....

- Surveillez-vous le retour des chaleurs ? oui  non

- la pratique de la synchronisation des chaleurs ? oui  non

Quand et pourquoi ?.....

- Quelle est la durée du tarissement ?.....

- Saison de vêlage ?.....

**8/ Hygiène et prophylaxie**

**\* Hygiène de l'étable**

Eclairage : oui  non

Aération : naturelle  mécanique   
Evacuation des bouses : Avec de l'eau  A sec

Fréquence de nettoyage de l'étable :

Renouvellement de la litière :

\* Nettoyage des animaux : oui  non

\* Fréquence

\* Etat sanitaire Pathologie dominante

Vaccination et période

Traitement antiparasitaire

\* Conduite et hygiène de la traite

Salle de traite : oui  non

Type de traite : manuelle  mécanique

Nombre et intervalle de traite

Horaire de la traite

Extraction complète du lait avec égouttage

Alimentation : avant  pendant  après

Nettoyage de la mamelle avant la traite : absence  collective  individuel

Nettoyage de la mamelle après la traite : absence  collective  individuel

Est-ce que vous laver : toute la mamelle  seulement les pis

Essuie de la mamelle avec des serviettes : commune  individuel

Mode de nettoyage :

\* eau javellisée

\* eau chaude

\* eau froide

\* savon

\* autre

Elimination des premiers jets : oui  non

Préparation des mamelles à la traite

Nettoyage du matériel de traite : Fréquence

Produit de nettoyage

Même pratique à chaque traite :

Etat de la litière : sèche  humide (parfois ou toujours)

Nettoyer vous les récipients avant la traite ?

Nettoyage du récipient : avec de l'eau  avec de l'eau + détergeant

Durée de stockage :

\* le contrôle laitier :

Lieu à l'étable  autre

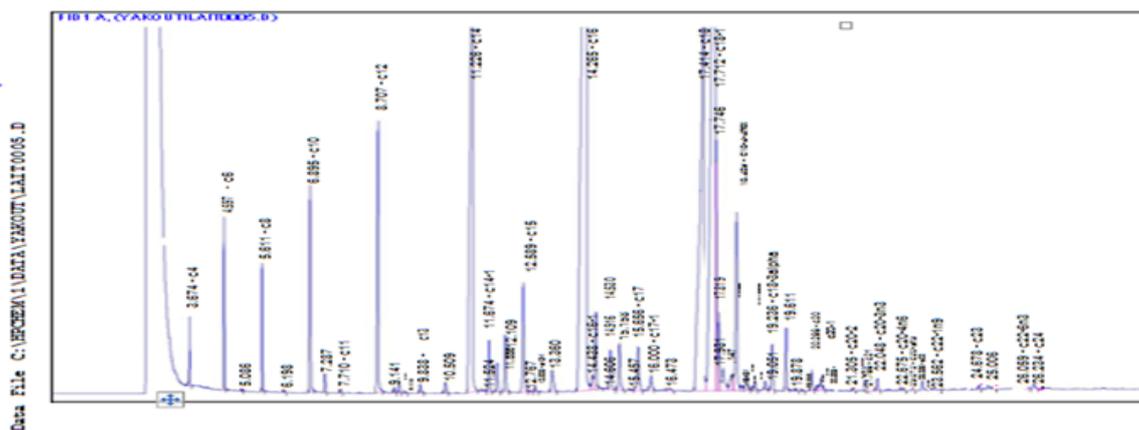
Contrôle quantitatif oui  non

Contrôle qualitatif oui  non

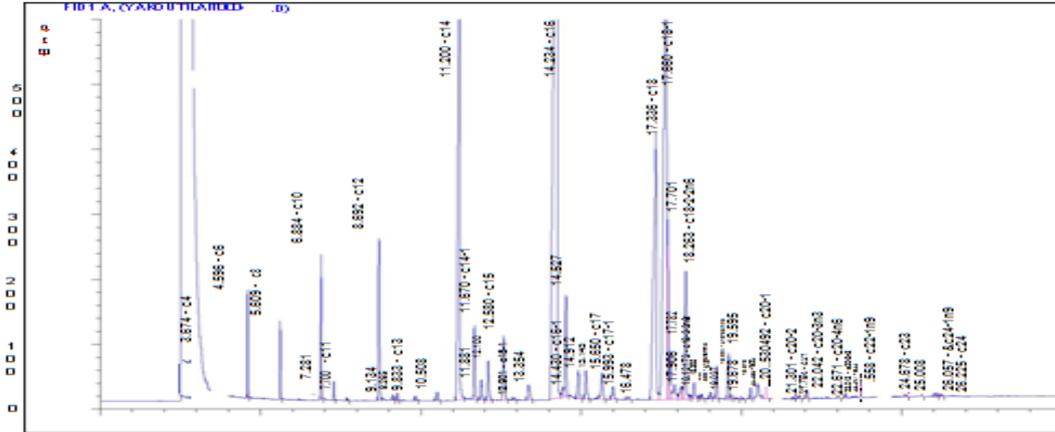
Si oui quels sont les paramètres de qualité analysés ?

\* *production de lait /jour et /mois*

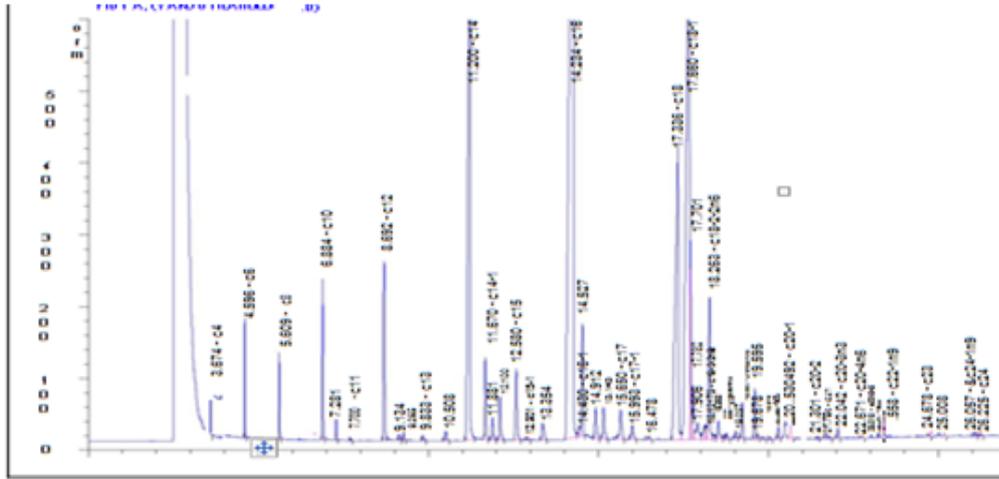
Quelques chromatogrammes des acides gras du lait



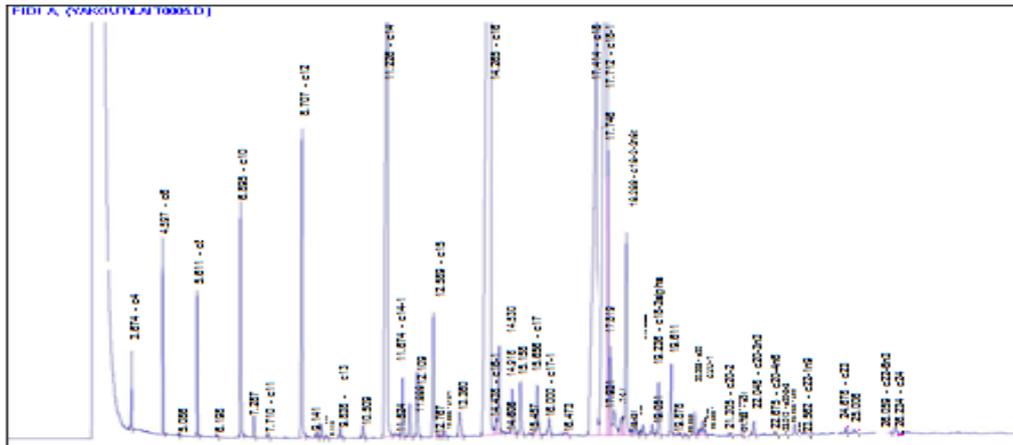
Data File C:\HPCHEM\1\DATA\YAKOUT\LAIT0004.D



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\YAKOUT\LAIT0004.D

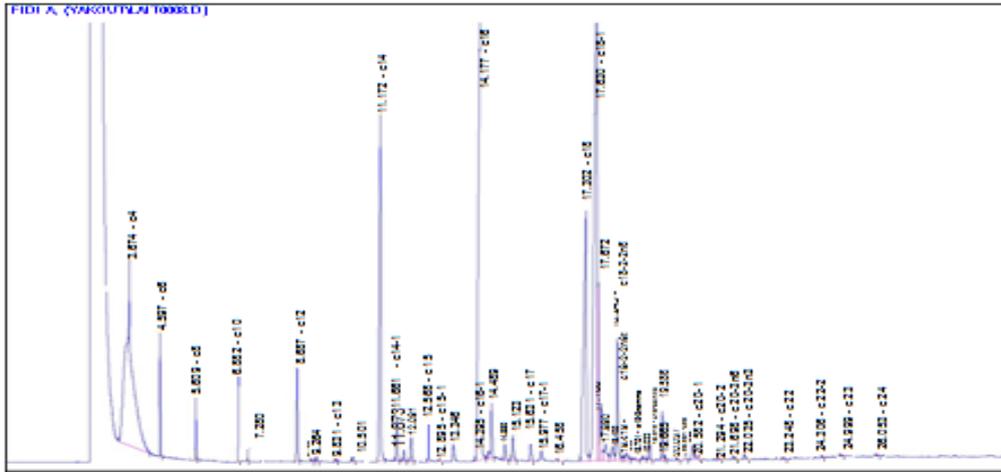


Data File C:\HPCHEM\1\DATA\YAKOUT\LAIT0005.D

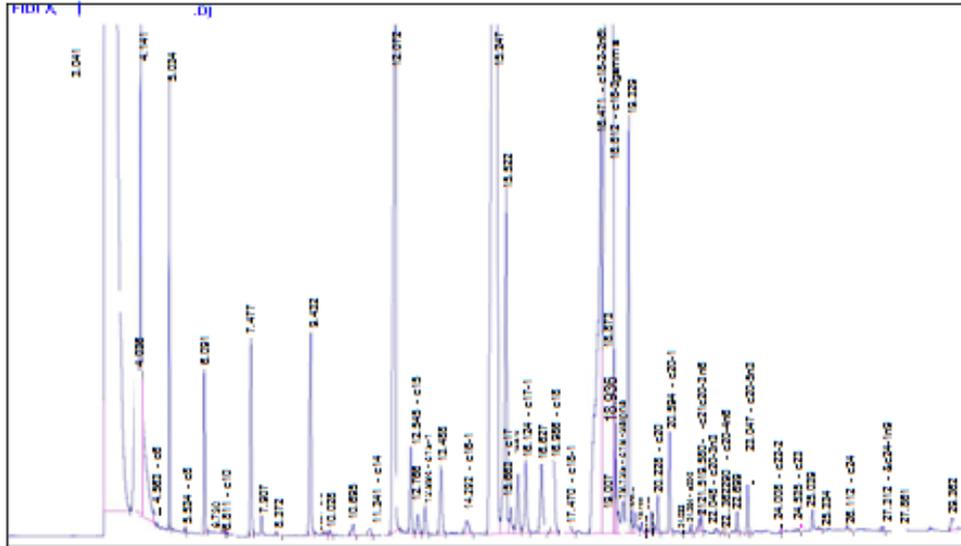




Data File C:\HPCHEM\1\DATA\VAROUT\LAIT0008.D



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\VAROUT\LAIT0026.D



## ملخص

تم تقييم تأثير عوامل الإنتاج على الجودة الفيزيوكيميائية و الأحماض الدهنية للحليب والأجبان الطرية. السلالة لها تأثير كبير ( $P > 0.001$ ) على إنتاج الحليب. الكمية اليومية من الحليب التي تنتجها أبقار سلالة هولشتاين أعلى بكثير من تلك التي تنتجها أبقار السلالة المحلية. تختلف أيضاً مستويات البروتين والمستخلص الجاف الخالي من الدهون بشكل كبير بين هاتين السلالتين ( $P > 0.05$ ). علاوة على ذلك، فإن محتوى الدهون (MG) أعلى في سلالة الهولشتاين مقارنة بلمونبيلارد ( $p > 0.05$ ). يختلف عدد الخلايا الجسدية في الحليب أيضاً بشكل كبير ( $P > 0.01$ ) بين السلالة المحلية وهولشتاين. تختلف أوقات التخثر بشكل كبير بين السلالتين المدروستين في النظام المكثف والواسع. تأثير السلالة لا يكاد يذكر على تباين الأحماض الدهنية (FA) بين سلالتين من النظام الموسع (السلالة المحلية وهولشتاين). لوحظت أيضاً فروق معتبرة ( $p > 0.05$ ) في بعض الأحماض الدهنية في الحليب بين هولشتاين ومونبيلارد.

يتوافق التأثير الملحوظ لمرحلة الإرضاع على إنتاج الحليب ( $P > 0.05$ ) مع التطور النظري للإرضاع. تختلف العديد من الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة في دهن الحليب وفقاً لمرحلة الرضاعة ( $P > 0.05$ ) وهي في الغالب لصالح المرحلة الأولى من الرضاعة. كشفت نتائج التحليل عن اختلافات طفيفة في تكوين وجودة الحليب بين اعوام الإرضاع ، ولكنها غير معتبرة. محتويات البروتين وسكر اللاكتوز في صالح الأبقار المتبعة في نظام المكثف ( $P > 0.05$ ). يعتبر تأثير نظام التربية على اختلاف تركيبة الأحماض الدهنية للحليب أكثر أهمية. في الواقع ، الحليب المنتج في النظام الجبلي الواسع غني بالأحماض الدهنية غير المشبعة ( $p > 0.001$ ). بالإضافة إلى ذلك ، أظهرت الدراسة الإحصائية لنتائج تحليل الحليب المختلط اختلافات معنوية كبيرة في الجودة الفيزيوكيميائية ، خاصة في المواد المفيدة (الدهون والبروتينات). أظهرت نتائج التحليل للمقارنة بين نوعي الجبن الطري (الحرفي والصناعي) أن الجبن المصنوع يدويًا أغنى بالدهون ( $p < 0.05$ ) والمادة الجافة من الصطناعي ومع ذلك ، فإن هذا الأخير أغنى بالبروتين. علاوة على ذلك ، لا تظهر الأحماض الدهنية لنوعي الجبن أي فرق معنوي بين المنتجين.

الكلمات المفتاحية: الحليب ، السلالة ، الإرضاع ، نظام تربية الحيوان، الأحماض الدهنية ، الجبن

## **Abstract**

The influence of production factors was evaluated on the physico-chemical quality and fatty acid profiles of milk and soft cheeses. Breed has a highly significant effect ( $p < 0.001$ ) on milk production. Holstein cows produced significantly more milk per day than cows of the local breed. Protein levels and fat-free dry matter also varied significantly between the two breeds ( $p < 0.05$ ). Fat content was higher in Holsteins than in Montbeliards ( $p < 0.05$ ). The number of somatic cells in milk also varied significantly ( $p < 0.01$ ) between local breeds and Holsteins. Coagulation times varied significantly between the two breeds studied, in both intensive and extensive systems. The influence of breed was negligible on the variation in fatty acid (FA) profiles between the two breeds in the extensive system (local breed and Holstein). Significant differences ( $p < 0.05$ ) were observed on some milk fatty acids between the Holstein and Montbéliarde breeds. The marked influence of lactation stage on milk production ( $p < 0.05$ ) is in agreement with the theoretical evolution of lactation. Many saturated and unsaturated fatty acids in milk fat vary according to the stage of lactation ( $p < 0.05$ ) and are mostly in favor of the first stage of lactation. The analysis results revealed slight differences in the composition and quality of the milk between the two lactation orders, but which remain insignificant. The protein and lactose contents are in favor of the cows driven in an intensive system ( $p < 0.05$ ). The effect of the rearing system on the variation of the fatty acid composition of milk is more important. Milk from the extensive mountain system is richer in unsaturated fatty acids ( $p < 0.001$ ). In addition, statistical analysis of the blended milk showed highly significant differences in physico-chemical quality, particularly in useful matter (fat and protein). Analysis of the two types of cheese (artisanal and industrial) showed that artisanal cheese is richer in fat ( $p < 0.05$ ) and dry matter. However, the latter is richer in. Furthermore, the fatty acid profiles of the two types of cheese revealed no significant difference between the two products

**Key words :** Milk, breed, lactation, breeding system, fatty acids, cheese.

## Résumé

L'influence des facteurs de production a été évaluée sur la qualité physico-chimique et les profils en acides gras du lait et des fromages à pâte molle. La race a un effet hautement significatif ( $p < 0,001$ ) sur la production laitière. La quantité journalière de lait produite par les vaches de race Holstein est nettement plus élevée que celle des vaches de la race locale. Les taux protéiques et l'extrait sec dégraissé varient aussi d'une façon significative entre ces deux races ( $p < 0,05$ ). Par ailleurs la teneur en matière grasse (MG) est plus élevée chez la Holstein par rapport à la Montbéliarde ( $p < 0,05$ ). Le nombre des cellules somatiques dans le lait varie aussi très significativement ( $p < 0,01$ ) entre la race locale et la Holstein. Les temps de coagulation varient significativement entre les deux races étudiées aussi bien dans le système intensif qu'extensif. L'influence de la race est négligeable sur la variation des profils en acides gras (AG) entre les deux races du système extensif (race locale et Holstein). Des différences significatives ( $p < 0,05$ ) ont été observées sur quelques acides gras du lait entre la Holstein et la Montbéliarde.

L'influence marquée du stade de lactation sur la production laitière ( $p < 0,05$ ) est en accord avec l'évolution théorique de la lactation. De nombreux acides gras saturés et insaturés dans la matière grasse du lait varient en fonction du stade de lactation ( $p < 0,05$ ) et sont pour la plupart en faveur du premier stade de lactation. Les résultats d'analyse ont révélé de légères différences dans la composition et la qualité du lait entre les deux rangs de lactation, mais qui restent non significatives. Les teneurs en protéines et en lactose sont en faveur des vaches conduites en système intensif ( $p < 0,05$ ). L'effet du système d'élevage sur la variation de la composition en acides gras du lait est plus important. En effet le lait issu du système extensif de montagne, est plus riche en acides gras insaturés ( $p < 0,001$ ). Par ailleurs l'étude statistique des résultats d'analyse du lait de mélange a montré des différences très significatives dans la qualité physico-chimique, notamment en matières utiles (matière grasse et protéines). Les résultats d'analyse de la comparaison des deux types de fromage à pâte molle (l'Artisanal et l'industriel), ont montré que le fromage artisanal est plus riche en matière grasse ( $p < 0,05$ ) et en matière sèche. Cependant ce dernier est plus riche en protéines avec une moyenne de  $23.11 \pm 1.26\%$  versus  $21.09 \pm 1.66\%$ . Par ailleurs les profils en acides gras des deux types de fromage ne révèlent aucune différence significative entre les deux produits.

Mots clés : Lait, race, lactation, système d'élevage, acides gras, fromage.