

École Nationale Supérieure Agronomique - El Harrach –Alger
Département : Technologie alimentaire et nutrition humaine
Option : Alimentation et Nutrition
Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences agronomiques

***Influence de quelques paramètres de
production sur la qualité du lait de chèvre.
Aptitude à la coagulation***

Présenté par :
Melle BOUMEDIENE Farida
Promoteur : Mr. BELLAL M. M. Professeur (ENSA)
10-12-2013

Soutenu devant le jury Président : Mr. YAKHLEF H. Professeur (ENSA) Examineurs : Mr. NOUANI
A. Maître de conférences (U. Boumerdès) Mr. MEKIMENE L. Maître de conférences à l'ENSA) Mr.
SADOUKI M. Maître assistant (ENSA)

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Remerciements . . . | 5 |
| Dédicace . . . | 6 |
| Résumé . . . | 7 |
| Abstract . . . | 8 |
| ص خ لم . . . | 9 |
| Introduction générale . . . | 12 |
| PARTIE I DONNEES - BIBLIOGRAPHIQUES . . . | 14 |
| <i>Chapitre I - Situation de la filière lait en Algérie . . .</i> | <i>14</i> |
| 1- Les politiques laitières . . . | 14 |
| 2- Évolution du cheptel laitier . . . | 16 |
| 3- La production laitière nationale . . . | 16 |
| 4- Évolution de la quantité totale du lait cru collecté . . . | 18 |
| 5- Situation du secteur caprin en Algérie . . . | 18 |
| Chapitre II - Lait caprin . . . | 21 |
| 1- Définition . . . | 21 |
| 2- Lait caprin . . . | 22 |
| <i>Chapitre III - Les aptitudes à la coagulation du lait de chèvre . . .</i> | <i>35</i> |
| 1- La biotransformation du lait caprin . . . | 35 |
| 2- Les fromages de chèvre . . . | 37 |
| 3- Le rendement fromager . . . | 41 |
| 4- Les fromages traditionnels en Algérie . . . | 42 |
| 5- Takammèrite ou Kamaria . . . | 43 |
| PARTIE II - MATERIEL ET METHODES . . . | 47 |
| <i>Chapitre I - Méthodologie du travail . . .</i> | <i>47</i> |
| 1- Cadre géographique de la Wilaya de Ghardaïa . . . | 47 |
| 2- Présentation de la ferme d'étude . . . | 48 |
| 3- Conduite de l'étude . . . | 51 |
| <i>Chapitre II - Obtention et caractérisation de l'extrait enzymatique brut . . .</i> | <i>54</i> |
| 1- Matériel biologique utilisé . . . | 54 |
| 2- Obtention de l'extrait enzymatique brut (EEB) . . . | 55 |
| 3- Caractérisation de l'extrait enzymatique brut . . . | 55 |
| <i>Chapitre III - Essai de fabrication d'un fromage frais type Kamaria . . .</i> | <i>57</i> |
| 1- La fabrication du fromage de <i>Kamaria</i> . . . | 57 |
| 2- Rendement fromager . . . | 59 |
| 3- Analyses physicochimiques du fromage . . . | 60 |
| 4- Analyses microbiologiques du fromage . . . | 60 |
| 5- Traitement statistique des données . . . | 61 |
| 6- Analyses sensorielles . . . | 62 |
| PARTIE III - RESULTATS ET DISCUSSION . . . | 63 |
| <i>Chapitre I - Variation de la production laitière . . .</i> | <i>63</i> |

| | |
|---|------------|
| 1- Évaluation de la production laitière . . . | 63 |
| Chapitre II - Variation de la composition du lait de chèvre . . . | 67 |
| 1- Effet du stade de lactation sur la composition chimique du lait chèvre . . . | 67 |
| 2- Effet de la race sur la composition chimique du lait de chèvre . . . | 80 |
| 3- Étude de la corrélation entre les facteurs de production et les variables physicochimiques du lait de chèvre . . . | 90 |
| 4- Résultats des analyses microbiologiques . . . | 91 |
| 5- Analyses globales des différents échantillons . . . | 92 |
| Chapitre III - Fromage . . . | 96 |
| 1- Caractérisation de l'extrait enzymatique brut d'origine caprine . . . | 96 |
| 2- Caractéristiques de l'extrait enzymatique brut (EEB) . . . | 98 |
| 3- Essai de fabrication du fromage frais traditionnel type « Kamaria » . . . | 102 |
| 4- Étude de la corrélation entre les facteurs de production et les variables physicochimiques du fromage frais de chèvre type « Kamaria » . . . | 115 |
| 5- Résultats des analyses microbiologiques de fromage . . . | 116 |
| 6- Analyses globales des différents échantillons du fromage . . . | 117 |
| 7- Analyses sensorielles . . . | 119 |
| CONCLUSION GENERALE . . . | 123 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES . . . | 125 |
| ANNEXES . . . | 148 |
| Annexe 1 -Analyses physicochimiques du lait . . . | 148 |
| Annexe 2 . . . | 150 |
| Annexe 3 - Analyses physicochimiques du fromage . . . | 154 |
| Annexe 4 -Analyses microbiologiques du lait de chèvre . . . | 156 |
| Annexe 5 -Analyses microbiologiques du fromage . . . | 157 |
| Annexe 6 . . . | 158 |
| Annexe 7 . . . | 159 |
| Annexe 8 -Photos fromage . . . | 159 |

Remerciements

J'exprime tout d'abord ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements à Monsieur **BELLAL M.M.**, professeur à l'ENSA et directeur de thèse, pour sa grande disponibilité, sa rigueur scientifique et ses précieux conseils qui m'ont permis de travailler dans les bonnes conditions. Soyez assuré, Monsieur, de toute mon estime et mon profond respect.

Je tiens à remercier vivement Monsieur **YAKHLEF H.**, professeur à l'ENSA, qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements, en particulier, à Monsieur **NOUANI A.**, maître de conférences à l'Université de Boumerdès pour sa présence exceptionnelle, ses précieuses aides et son soutien constant, aussi pour avoir accepté de juger ce travail.

Mes remerciements vont également à Monsieur **MEKIMENE L.**, maître de conférences à l'ENSA et Monsieur **SADOUKI M.**, maître assistant à l'ENSA qui ont accepté de juger ce travail.

Je dois également un mot de remerciement à :

Monsieur **OULED HADJOU I.**, propriétaire de la ferme JAWA et ses fils chez qui cette étude a été réalisée, pour leur accueil et leurs aides.

Monsieur **HANSALI B.**, enseignant à l'INSFP de la wilaya de Ghardaïa pour son aide et sa gentillesse. Veuillez trouver ici, Monsieur, l'expression de ma reconnaissance pour m'avoir accueilli dans le laboratoire de votre institution.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur **CHOUIHAT M.**, enseignant de science naturelle à Ghardaïa qui m'a accompagné, conseillé et favorisé tous les moyens pour l'achèvement de ce travail.

Je souhaite remercier tout le personnel du laboratoire de la laiterie de BOUDOUAOU pour leur aide et leur sympathie.

Je tiens également à exprimer mes reconnaissances les plus distinguées à mes enseignants qui ont participé à ma formation pour leurs conseils et directives. Ainsi, qu'au personnel du département de Technologie alimentaire de l'ENSA et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je tiens vivement à dédier ce travail, A mes parents (deux êtres irremplaçables) pou leurs sacrifices et patiences ; A mes sœurs : Nawel, Meriem, Kenza et Kaouther ; A mon frère : Abdelmalek ; A mes adorables neveux ; A la famille CHOUIHAT (que Dieu vous bénisse pour tout ce que vous avez fait pour moi) ; A toutes mes amies sans distinction, je suis très heureuse des moments passés ensemble et ceux encore à venir. A moi-même Fadi

Résumé

La présente étude a porté sur l'influence de la race et du stade de lactation sur la composition du lait de chèvre et son aptitude à la coagulation par un succédané de la présure, d'origine caprine.

A partir de la caillette de jeune chevreau, une protéase de remplacement de la présure a été obtenue. L'extrait enzymatique brut, (concentration en enzyme voisine de 1,5mg/ml) est caractérisé par une force coagulante de 1/1043. Celle-ci est optimale à une température de 40°C, une concentration en CaCl₂ de 0,03M et un pH de 6,2.

La production laitière varie en fonction de la race et du stade de lactation, elle augmente plus fortement chez la race Saanen (1,97±1,19 l/j) qui présente le niveau de production le plus élevé, suivi par la race Alpine (1,64±1,02 l/j) puis vient en dernier la race Locale (1,30±0,92 l/j) et au sein de la même race en fonction du stade de lactation avec une quantité maximale de production en mi-lactation.

Les résultats obtenus montrent que le lait de chèvre de la race Alpine est plus riche en matière grasse (36,77±4,68 g/l), en protéine (32,75±2,04 g/l) et en caséine (31,01±2,22 g/l) que celui des races Saanen et Locale. Les mêmes variations ont été observées en fonction du stade de lactation.

Des essais de fabrication d'un fromage traditionnel « Kamaria » à partir des différents échantillons de lait ont été réalisés, en utilisant l'extrait enzymatique d'origine caprine et la présure traditionnelle. L'analyse des produits obtenus montrent qu'il n'y a pas de différence de qualité entre les fromages obtenus avec la présure et ceux obtenus avec la coagulase caprine. Cependant les rendements fromagers varient selon le type de lait.

En effet les laits des races Alpine et Saanen donnent des rendements fromagers plus élevés par rapport à ceux des laits de la race locale.

Mots clés : Lait de chèvre, coagulase caprine, présure, coagulation, Fromage *Kamaria*.

Abstract

This study focused on the influence of race and stage of lactation on the composition of goat milk and coagulation with a substitute for rennet, from goats.

From curd young kid, a protease replacement rennet was obtained. The crude enzyme extract (enzyme concentration in the region of 1.5 mg / ml) is characterized by a coagulating strength 1/1043. This is optimal at a temperature of 40 ° C, a concentration of 0.03 M CaCl₂ and pH 6.2.

Milk production varies with the breed and stage of lactation, it is growing strongly in the Saanen breed (1.97 ± 1.19 l / d), which has the highest level of production followed by the Alpine race (1.64 ± 1.02 l / d) and comes last Local race (1.30 ± 0.92 l / d) within the same race in the stage of lactation with a maximum production in mid-lactation.

The results show that the goat milk of the Alpine race is richer in fat (36.77 ± 4.68 g / l), protein (32.75 ± 2.04 g/l) and casein (31.01 ± 2.22 g / l) than Local and Saanen breeds. The same changes were observed in the stage of lactation.

Trials of making a traditional cheese "Kamaria" from different samples of milk were produced, using the enzyme from goats and traditional rennet extract. Analysis of the products obtained show that there is no difference in quality between the cheeses obtained with rennet and those obtained with goat coagulase. However cheese yields vary according to the type of milk. In fact, the milk of Alpine and Saanen breeds give higher compared to those of the local breed milk cheese yields.

Keywords: Goat milk, goat coagulase, rennet, coagulation, Cheese *Kamaria*.

ص خلم

ركزت هذه الدراسة على تأثير العرق ومرحلة الرضاعة على تكوين حليب الماعز وتختره بديل عن الأنفحة مستخرج من معدة الماعز. يتميز بديل الأنفحة المتحصل عليه أو الانزيم الخام (تركيز البروتين يقارب 1.5 ملغ / مل) بقوة التختير 1043/1. تكون هذه الأخيرة متلى عند درجة حرارة 40 درجة مئوية. تركيز كلورور الكالسيوم 0.003 مولودرجة الحموضة 6.2. يختلف إنتاج الحليب مع العرق ومرحلة الرضاعة، حيث يرتفع الإنتاج بقوة عند سائين (1.19 ± 1.97 لتر / ي)، التي لديها أعلى مستوى من الإنتاج تليها الألبين (1.02 ± 1.64 لتر / ي)، وتأتي في الأخير السلالة المحلية (0.92 ± 1.30 لتر / ي) و ضمن نفس السلالة وفقاً لمرحلة الرضاعة مع حد أقصى للإنتاج في منتصف الرضاعة وتظهر النتائج أن حليب ماعز الألبين أغنى بالدهون (4.68 ± 36.77 غرام / لتر)، والبروتين (2.04 ± 32.75 غرام / لتر) والكازين (2.22 ± 31.01 جم / لتر) من السلالات المحلية وسائين. وقد لوحظت نفس التغييرات في مرحلة الرضاعة.

أبرزت تجربة صنع عينات مختلفة من الجبن باستخدام انزيم الماعز و الأنفحة التقليدية أن ليس هناك فرق في الجودة بين الجبن التي تم الحصول عليها مع المنفحة وتلك التي حصلنا عليها من بديل الأنفحة ومع ذلك غلة الجبن تختلف وفقاً لنوع من الحليب فحليب الألبين وسائين تعطيلة أعلى مقارنة بتلك المصنوعة من حليب السلالة المحلية.

الكلمات الرئيسية: حليب الماعز، مخترة الماعز، الأنفحة، تختير، جبن كمرية

Liste alphabétique des abréviations

- **A** : alpine
- **ACP** : analyse en composantes principales
- **AFD** : analyse factorielle discriminante
- **AFNOR** : Association Française de Normalisation
- **AFSCA** : Agence Fédérale pour La Sécurité de la Chaine Alimentaire.
- **AG** : acides gras
- **AGI** : acides gras insaturés
- **AGICMC** : acides gras insaturés à courte et moyenne chaînes
- **AGILC** : acides gras insaturés à longue chaîne
- **AGS** : acides gras saturés
- **AGSCMC** : acides gras saturés à courte et moyenne chaînes
- **AGSLC** : acides gras saturés à longue chaîne
- **B.L.M** : bovin laitier moderne
- **B.L.A** : bovin laitier amélioré
- **B.L.L** : bovin laitier local
- **C** : caséines
- **CFCE** : Centre français du commerce extérieur
- **C.M.V** : complément minéral et vitaminique

- **CNIEL** : Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière
- **D** : densité
- **DA** : dinar algérien
- **DA/l** : dinar algérien par litre
- **ddl** : degré de liberté
- **Ec.** : écart
- **EEB** : extrait enzymatique brut
- **ESD** : extrait sec dégraissé
- **EST** : extrait sec total
- **FAO** : Food Agriculture Organisation
- **FNDIA** : fonds national de développement de l'investissement agricole
- **g** : gramme
- **g/l** : gramme par litre
- **h** : heure
- **H%** : teneur en eau
- **j** : jour
- **kg** : kilogramme
- **l** : litre
- **L** : locale
- **l/j** : litre par jour
- **M** : mole
- **MADR** : ministère de l'agriculture et de développement rural
- **MAT** : matières azotées totales
- **mg** : milligramme
- **mg/ml** : milligramme par millilitre
- **min** : minute
- **MG** : matière grasse
- **ml** : Millilitre
- **Moy.** : moyenne
- **MS** : moyenne des scores
- **N** : Normale
- **nm** : nanomètre
- **NNP** : azote non protéique
- **NST** : azote soluble total
- **NT** : azote total
- **ONIL** : office national interprofessionnel du lait
- **OPVM** : office de protection et de promotion de la vallée de M'Zab
- **p** : probabilité
- **pH** : potentiel d'hydrogène

-
- **PNDA** : plan national de développement agricole et rural
 - **PS** : protéines solubles
 - **r** : coefficient de corrélation
 - **s** : seconde
 - **S** : Saanen
 - **SAB** : sérum albumine bovine
 - **SR** : somme des rangs
 - **TCA** : acide trichloracétique
 - **TB** : taux butyreux
 - **TP** : taux protéique
 - **Trs/min** : tours par minute
 - **%** : pourcentage
 - **°C** : degré Celsius
 - **°D** : degré Dornic
 - **α** : seuil de signification
 - **μg** : microgramme
 - **μl** : microlitre
 - **μm** : micromètre

Introduction générale

Le lait des différentes espèces de ruminants, soit frais, soit en tant que produits laitiers, comprend un aliment d'une importance exceptionnelle pour l'homme tout au long de leur vie. Le lait peut être considéré comme une source de macro et micronutriments, et contient également un certain nombre de composés actifs qui jouent un rôle important tant dans la nutrition et la protection de la santé (**Boza et Sanz Sampelayo, 1997**).

Parmi tous les aliments et sur la base de son contenu nutritionnel, le lait de chèvre est considéré comme étant l'un des plus complets et des mieux équilibrés (**Jenot et al., 2000** ;

Doyon, 2005). Une bonne connaissance des caractéristiques de ce lait et de sa valeur nutritionnelle pourrait faire de ce dernier un bon substitut du lait de vache (**Wehrmuller et Ryffel, 2007**).

Aujourd'hui, le lait de chèvre est d'un intérêt particulier en raison de sa composition spécifique, ce qui a conduit à être considéré comme une matière première de haute qualité pour la fabrication des aliments pour les nourrissons et les personnes âgées, ainsi que pour certains secteurs de la population ayant des besoins particuliers (**Haenlein, 2004; Boza et Sanz Sampelayo, 1997; Park, 2006**).

En Algérie, la filière élevage caprin reste une activité peu développée; malgré cela l'effectif caprin a doublé en l'espace de dix ans. Cette augmentation montre bien l'intérêt porté à l'élevage caprin. La conduite du troupeau est traditionnelle, dans les conditions optimales, la charge pastorale en caprin est généralement de 4 à 5 têtes par ha.

Les races caprines, caractérisées généralement par une grande rusticité, sont adaptées aux conditions difficiles du milieu. De ce fait elles constituent un patrimoine génétique à sauvegarder. La portée des races caprines est de deux fois par an avec en moyenne trois chevreaux par mise bas dans les conditions d'entretien et d'alimentations optimales.

L'élevage caprin est réparti en toutes zones. Au nord il est cantonné aux zones montagneuses, mais le gros de l'effectif est reparti dans les zones steppiques et subdésertiques (Moustari, 2008).

Dans notre pays, si un effort de développement se poursuit, la production du lait caprin sera à la hausse, ce qui donne des perspectives très importantes de la consommation et la vente de ce lait à l'état frais ou sa transformation notamment en fromage.

Après le lait ce sont ces dérivés qui entrent le plus dans l'alimentation humaine.

En Algérie, les fromages de chèvre sont associés aux notions de traditions et vendus essentiellement à l'état frais ou sont autoconsommés. Ce type de fromage a fait l'objet de cette étude.

Au cours de la fabrication fromagère, la coagulation du lait reste l'étape la plus importante tout en utilisant un agent coagulant. La présure extraite à partir de la caillette de veau avant sevrage est l'agent coagulant le plus utilisé et le mieux adapté à la transformation fromagère du lait. Mais son obtention coûteuse reste une contrainte primordiale de son utilisation surtout avec l'augmentation de la demande mondiale du fromage.

C'est précisément pour cette raison que la recherche de succédanées de la présure de différentes origines (animales, végétales et microbiennes) ont fait l'objet de plusieurs études. Néanmoins, ces recherches sont confinées dans le cadre expérimental et non pas pu aboutir à une application industrielle.

En effet, les caractéristiques du lait de chèvre, d'un point de vue nutritionnel et social, sont importantes et encouragent les études visant à évaluer la production et la qualité (Fernandes et *al.*, 2008).

Dans cette optique, notre travail consiste à étudier, dans les conditions particulières du sud algérien, l'effet du stade de lactation et de la race sur la composition chimique du lait de chèvre et son aptitude à la coagulation par un succédané de présure d'origine caprine comparé à la présure commerciale et ce, par la réalisation des essais de fabrication de fromage frais traditionnel type « Kamaria ».

Notre étude comporte alors une première partie décrivant la situation de la filière lait et le secteur caprin en Algérie, quelques généralités sur le lait caprin et les facteurs de variation de sa composition, ainsi que les aptitudes de ce lait à la coagulation ; une seconde partie présentant le matériel et les méthodes utilisées. Les résultats obtenus et leur discussion sont détaillés dans une troisième partie.

PARTIE I DONNEES - BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I - Situation de la filière lait en Algérie

1- Les politiques laitières

Dès les premières années d'indépendance, l'Algérie a amorcé quelques tentatives dans le but d'améliorer l'élevage laitier et assurer la consommation en lait du fait de l'apport consistant de protéines animales à moindre prix. Toutefois, les efforts déployés par l'Etat n'ont pas donné les résultats escomptés.

L'Algérie reste un pays tributaire des importations ; les politiques de développement, jusque-là engagées par l'Etat, certes ont contribué à maintenir une production locale, mais qui reste très en deçà des résultats attendus et des efforts consentis.

1-1- Les premières orientations des politiques laitières

1-1-1- Au niveau de la ferme

Les faiblesses de la production de lait, celle des cultures fourragères, le manque d'infrastructure d'élevage et le peu de technicité disponible au cours des premières années de indépendance ont été à l'origine des nouvelles orientations du plan quadriennal 70/73

Pour commenter les difficultés rencontrées, on retrouve :

- La nécessité d'accroître le nombre de têtes de bovines (peuplement des étables) par l'importation de 30000 génisses ;
- La construction d'infrastructures d'accueil pour le bétail ;
- L'introduction de techniques modernes pour l'amélioration et la reproduction ;
- La réduction de la jachère et son remplacement par un important développement de la production fourragère.

1-1-2- Les actions des entreprises au niveau de transformation

Selon (**Arif et Zga, 1993**), les politiques de développement et de régulation de la filière lait, menées jusqu'à la fin de 1980, avaient pour principal objectif l'amélioration de la consommation du lait et la satisfaction des besoins de la population. Pour atteindre cet objectif, l'État s'est appuyée sur 2 principaux instruments:

- Les prix à la consommation maintenus relativement bas grâce à l'octroi des subventions croissantes.
- Les importations d'importantes quantités de poudre de lait (**Bencharif, 2001**).

1-1-3- Les nouvelles politiques laitières

Pour lever les contraintes engendrées par la politique précédente, une nouvelle politique visant à encourager le développement de la production locale et sa collecte ainsi que la mobilisation et la responsabilisation de tous les professionnels de la filière (**CFCE, 2003**).

En effet, si dans le passé, l'Etat a favorisé la reconstitution du lait en poudre importée, aujourd'hui une politique d'encouragement de la production et de la collecte de la production locale est adoptée. Cette dernière vise à travers le nouveau programme de développement de la filière (**B rabez, 2012**) :

- Un accroissement des effectifs de cheptel laitier ;
- Un accroissement des superficies réservées aux fourrages pour permettre une production de 23 millions de quintaux ;
- Le développement du programme de transfert d'embryons et d'insémination artificielle pour produire 1,5 million de doses de semence animale (bovine, caprine et ovine), stocker en banque, entre 2009 et 2010, 3 millions de doses et inséminer 400.000 vaches laitière en 2013 ;
- Une mise à niveau des étables ;
- Un développement conséquent des réseaux de collecte et l'organisation de la filière.

Selon **B rabez (2012)**, la nouvelle politique laitière s'articule autour de trois principaux axes:

1. Incitation au développement des cultures fourragères en vert ;
2. Les actions soutenues par le FNDIA « Fonds national de développement de l'investissement agricole » pour le développement de la production et de la productivité dans la filière lait sont :
 - l'acquisition de matériels et d'équipement spécialisés d'élevage ;
 - la réalisation d'infrastructures spécialisées pour la collecte (centre de collecte), le transport du lait (acquisition de citerne réfrigérante).
1. Incitation à l'augmentation de la production de lait, collecte de lait et intégration du lait cru dans la transformation. Les montants de soutien sont inscrits dans la décision ministérielle du 13 janvier 2009. Le fonds national de régulation de la production agricole (FNRPA) octroie des incitations financière aux producteurs de lait cru pour stimuler la productivité. La prime à la collecte se présente comme suit :
 - Les exploitants éleveurs produisant du lait cru de vache, de chèvre, de brebis et de chammes perçoivent, pour incitation à l'augmentation de production laitière et à la livraison aux unités de transformation, une prime de 12 DA / l,
 - les collecteurs de lait cru perçoivent une prime de 5DA/l (incitation à la collecte de lait cru) ;
 - Une incitation financière aux transformateurs pour stimuler l'intégration du lait cru ont une prime d'intégration industrielle du lait cru allant de 2 à 4 DA en fonction de la quantité de lait intégrée. La prime d'intégration industrielle du lait cru est destinée aux transformateurs fabricants de lait pasteurisé conditionné.

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

2- Évolution du cheptel laitier

En Algérie, le cheptel se caractérise principalement par la prédominance de cinq races à savoir : les bovins, les ovins, les caprins, les camelins et les équins.

Selon le Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural, les ovins prédominent avec un effectif global de plus de 10 millions de brebis entre 1989 et 2001. L'élevage caprin vient en seconde position comprenant 1,6 à 2 millions de chèvre durant la période 1989-2011. L'effectif des bovins reste faible avec 0.7 - 0.8 millions de vaches laitière.

En Algérie il y a une spécialisation des zones agro écologiques en matière d'élevage. L'élevage bovin reste cantonné dans le Nord du pays avec quelques incursions dans les autres régions. Les parcours steppiques sont le domaine de prédilection de l'élevage ovin et caprin avec plus de 90 pour cent des effectifs qui y vivent entraînant une surexploitation de ces pâturages (**Nedjraoui, 2003**).

| Espèce Période | Vaches laitières | | Chèvres | Brebis | Chamelles |
|-------------------|------------------|---------|-----------|------------|-----------|
| | BLM | BLA+BLL | | | |
| 1989-2001 | 788 719 | | 1 635 052 | 10 686 342 | 152 139 |
| 2002 | 211 090 | 681 870 | 1 884 890 | 9 764 660 | 148 400 |
| 2003 | 192 364 | 640 860 | 1 904 120 | 9 860 400 | 150 960 |
| 2004 | 199 165 | 645 335 | 1 940 180 | 10 184 770 | 160 990 |
| 2005 | 204 240 | 624 590 | 2 027 100 | 10 396 250 | 156 470 |
| 2006 | 207 740 | 639 900 | 2 151 340 | 10 696 580 | 170 170 |
| 2007 | 216 340 | 643 630 | 2 200 645 | 10 899 540 | 173 825 |
| 2008 | 214 485 | 639 038 | 2 159 571 | 10 924 626 | 176 884 |
| 2009 | 229 929 | 652 353 | 2 298 611 | 10 852 024 | 179 223 |
| 2010 | 239 776 | 675 624 | 2 492 855 | 13 086 963 | 186 062 |
| 2011 | 220 595 | 644 281 | 2 452 105 | 13 001 766 | 181 268 |

Tableau n° 1 - Évolution de l'effectif de cheptel (M.A.D.R, 2012) Unité : Têtes.

3- La production laitière nationale

Selon (**Meziane, 2013**), la production laitière est fournie par 4 espèces animales : vaches (950 000 têtes), chèvres (2 500 000 têtes), brebis (13 500 000 têtes) et chamelles (185 000 têtes). Cette production est évaluée à plus de 2,5 milliards de litres, mais 1,5 milliard de litres sont autoconsommées. Un milliard de litres seulement sont commercialisés. 700 millions uniquement passent par des laiteries.

Cette faible production laitière est due (**Soukehal, 2013**) :

- Le capital zootechnique laitier par habitant est très faible (1 vache pour 40 habitants, une chèvre pour 15 habitants, une brebis pour 3 habitants et une chamelle pour 200 habitants).
- L'élevage est du type extensif, reparti inégalement à travers le territoire, c'est un potentiel mal valorisé pour la production laitière qui doit alimenter les zones urbaines.

- Plus de 60% de la production nationale est auto consommée en zone rurale, elle concerne la totalité des productions caprines, ovines et camelines, et 2/3 de celle des vaches. Cette production joue un rôle très important pour l'équilibre nutritionnel des populations rurales : 13 millions d'habitants en 2012 (35% de la population).
- Il n'a pas été accordé suffisamment d'intérêt à l'amélioration de la production laitière des races bovines locales, des races caprines, ovines et camelines.
- La contrainte principale actuelle de la production laitière est d'abord l'insuffisance en ressources fourragères que ce soit sous formes de pâturages ou prairies, ou de cultures fourragères en sec ou en irrigué.

Le tableau ci-dessous représente l'évolution de la production laitière en Algérie.

Cette dernière couvre près de 50% des besoins du lait frais (**Hacini, 2007**) et ce malgré les contraintes que connaît cette filière :

- Les surfaces fourragères très limitées du fait de la faible pluviométrie et des surfaces irriguées ;
- L'insuffisance des infrastructures de la collecte du lait ;
- Les prix administrés appliqués à la production et à la consommation favorisant l'utilisation de la poudre de lait importée au détriment de la collecte de lait local.

L'examen de l'évolution de la production laitière nationale (**M.A.D.R, 2012**) toute race confondue, montre qu'elle est passée de 2,09 en 2005 à 2,73 milliards de litres en 2011.

La production est passée :

- De 1,34 en 2005 à 2 milliards de litres en 2011 pour les bovins ;
- De 0,22 en 2005 à 0,24 milliards de litres en 2011 pour les caprins ;
- De 0,043 en 2005 à 0,056 milliards de litres en 2001 pour les chamelles ;
- De 0,49 en 2005 à 0,44 milliards de litres en 2011 pour les ovins.

L'évolution de la production de lait cru n'a pas suivi celle des capacités de transformation dans l'industrie, malgré une évolution moyenne de 2,6% de la production laitière depuis 2000 (**FAOSTAT, 2011**). Cette dernière reste faible et n'arrive toujours pas à couvrir une demande sans cesse en croissance (**Tableau n°2**). Par ailleurs, nous constatons sur le terrain les efforts de certains éleveurs pour une meilleure qualité du produit.

| Année | Laits | | | | Total |
|-------|-------------------------|-----------|-------------|-----------|-------|
| | De vache (BLM+BLL +BLA) | De chèvre | De chamelle | De brebis | |
| 2001 | 1,17 | 0,23 | 0,044 | 0,19 | 1,63 |
| 2002 | 1,16 | 0,14 | 0,030 | 0,23 | 1,56 |
| 2003 | 1,22 | 0,13 | 0,027 | 0,27 | 1,64 |
| 2004 | 1,31 | 0,18 | 0,031 | 0,40 | 1,92 |
| 2005 | 1,34 | 0,22 | 0,043 | 0,49 | 2,09 |
| 2006 | 1,50 | 0,22 | 0,046 | 0,47 | 2,23 |
| 2007 | 1,52 | 0,21 | 0,039 | 0,41 | 2,18 |
| 2008 | 1,51 | 0,19 | 0,059 | 0,46 | 2,22 |
| 2009 | 1,80 | 0,22 | 0,039 | 0,39 | 2,45 |
| 2010 | 1,90 | 0,27 | 0,040 | 0,37 | 2,58 |
| 2011 | 2,00 | 0,24 | 0,056 | 0,44 | 2,73 |

Tableau n° 2 - Évolution de la production laitière nationale durant la période 2001-2011 (M.A.D.R, 2012). Unité : milliard de litres.

B.L.M : Bovin Laitier Moderne ; BLA : Bovin Laitier Amélioré ; B.L.A : Bovin Laitier Local.

4- Évolution de la quantité totale du lait cru collecté

La collecte nationale de lait reste faible ou les laitiers utilisent actuellement, d'après **Hacini (2007)**, au moins 20% de la production nationale pour leurs besoins, 25% sont vendus comme lait cru ou transformé de manière artisanale, ceci laisse supposer qu'il existe une production destinée à l'autoconsommation et au circuit informel, hors du contrôle sanitaire vétérinaire.

Dans cet aperçu sur la situation de la filière lait en Algérie, on a essayé de décrire cette dernière succinctement, car elle a été largement étudiée au niveau de l'ENSA (ex INA) pour le lait bovin.

5- Situation du secteur caprin en Algérie

La construction des filières laitières caprines en est à ses premiers stades dans la plupart des pays méditerranéens, tel est le constat qui se dégage de la confrontation des différentes expériences. L'élevage caprin apparaît généralement comme un sous-produit du troupeau ovin, plutôt que comme un atelier indépendant ; le fait est que les deux espèces sont complémentaires pour l'exploitation des parcours, plutôt que concurrentes.

Si le lait des meilleures laitières est souvent prélevé, c'est le plus souvent à des fins d'autoconsommation, ou pour le mélanger au lait de vache ou de brebis. En Algérie, la vocation première de l'activité caprine est la production de viande contrairement à certaines régions du bassin méditerranéen (Tel que la France) ou le secteur laitier caprin est totalement différencié.

5-1- Caractéristiques et répartition géographique des races caprines algériennes

Le cheptel caprin en Algérie compte un effectif de près de 2,5 millions de têtes (**MADR, 2012**). L'espèce *Capra hircus* se présente en Algérie sous la forme d'une mosaïque de populations très variées appartenant toutes à des populations traditionnelle (**Anonyme, 2010**). Il est concentré généralement dans les zones difficiles et les régions défavorisées de l'ensemble de territoire : steppes, régions montagneuses et oasis. Il peut être aussi présent dans les exploitations agricoles de régions plus favorables comme les hautes plaines, les plaines intérieures et les piémonts de montagnes du Nord du pays (**Abdelguerfi et Laouar, 2003**).

Bien que relativement homogène, la population locale caprine est divisée en quatre sous populations (la *Arabia*, la *Makatia*, la chèvre de *M'Zab* et la *naine de Kabylie* auxquelles s'ajoute le cheptel importé et les produits de croisements) selon le milieu d'élevage, le format et la morphologie.

5-2- Les races caprines Algériennes

Les populations existantes en Algérie sont de type traditionnel, le rameau Nord Africain aux poils noirs, gros et résistant se rapproche du type Kurde et Nubio-syrien, mais il existe dans certaines régions, des métissages avec les races méditerranéennes, comme la *Maltaise*, la *Damasquine*, la *Murciana*, la *Toggenburg* et plus récemment avec *l'Alpine* et la *Saanen*, qui ont fait l'objet aussi de tentatives d'élevage en race pure, spécialisée en production laitière dans la région de Kabylie. En effet le cheptel caprin algérien est peu

connu, sa conformation et ses aptitudes ne sont pas encore définies. Il est représenté par la chèvre *Arabe*, la plus dominante en terme d'effectif et qui comprend deux types, la chèvre *Kabyle* et la chèvre *M'zab* (**Feliachi, 2003**).

5-3- Les races importées

5-3-1- Race Alpine

Cette race est originaire du Massif alpin plus particulièrement des parties suisse et française de la chaîne des Alpes. Elle est de taille moyenne, un bouc pèse de 80 à 100 Kg, une chèvre de 50 à 70 Kg, à poils ras, avec une poitrine profonde, un bassin large et peu incliné et des membres solides ce qui donne des aplombs corrects. La chèvre Alpine est une très bonne laitière qui supporte bien les différentes formes d'élevage, en stabulation, en semi-plein air ou en plein air, pâturage ou pelouse alpine.

Une chèvre fournit plus de 730 Kg de lait et sa durée de lactation moyenne est de 269 jours ; certaines chèvres peuvent aller jusqu'à 1000 Kg par lactation. Le lait présente un taux butyreux de 33,4 g /L et un taux protéique de 29 g/L. L'Alpine est une race qui s'est particulièrement bien habituée à la machine à traire (**Babo, 2000 ; De Simiane, 1995**).

5-3-2- Race Saanen

La Saanen avec l'Alpine est une des deux races laitières les plus couramment citées pour obtenir le meilleurs rendement laitier possible. Elle est d'ailleurs considérée comme la race caprine la plus élevée dans le monde. La Saanen est uniformément blanche. Elle provient de la vallée de la Saane, en Suisse. C'est une race très développée, avec une grande capacité thoracique dont son poids atteint 50 à 90 kg pour les femelles et 80 à 120 kg pour

le mâle. Elle produit 894 kg du lait à 3,31% de MG et 3,02% de protéines en 296 jours (Vanwarbeck, 2008).

| Races | Description | Répartition géographique | Observations |
|---------------|---|---|---|
| Chèvre arabe | 70cm de pas de cornes, robe polychrome (blanc associé à du roux, gris ou noir) | Hauts plateaux, Nord de Sahara | Animal rustique peut rester deux jours sans boire |
| Race Arabia | 80 cm de haut, robe ou conjugue, le noir dominant, type sédentaire avec poils longs (14-21 cm) type transhumant 10à17cm. | Laghouat, Aïn Dheb | Animal rustique |
| Race Makatia | Race de grande taille et de couleurs différentes | Hauts plateaux et Nord de l'Algérie | Plutôt pour le lait et de cuir |
| Race Kabyle | Petite de taille, tête à profil convexe, poils longs de couleur brun foncé ou noir | Massifs montagneux de Kabylie, les Aurès et le Dahra | Adaptée aux montagnes, utilisée en reproduction |
| Race M'zabite | 65 cm de haut, corps allongé droit et rectiligne, tête fine avec cornes, robe conjugue (chamois dominant associé au blanc ou le noir) | De Metlili (Ghardaïa) mais répandue dans toute la partie Nord du Sahara | 22% de l'effectif national, deux mises bas par an, bonne fécondité et prolificité |

Tableau n°3 - Caractéristiques et répartition géographique des races caprines Algériennes (Chabaka-Dramachini, 2009).

5-4- Les contraintes du secteur caprin en Algérie

La situation actuelle de l'élevage caprin en Algérie fait ressortir un retard net de développement par rapport aux autres secteurs (bovin, ovin). Cette situation est la résultante de multiples facteurs qui n'ont cessé de peser sur l'évolution favorable de l'élevage de la chèvre et de la transformation des systèmes de production.

Selon la **FAO (1996)** cette évolution s'est heurtée à diverses contraintes d'ordre structurel, socioprofessionnel, environnemental, économique et technique.

5-4-1- Contraintes d'ordre structurel

La répartition des caprins dans les zones défavorisées a sérieusement limité les possibilités de développement de cet élevage.

5-4-2- Contraintes liées à l'environnement

La chèvre a toujours été considérée comme une espèce dévastatrice des plantations forestières et arboricoles; à ce titre elle est souvent considérée comme "ennemie" de l'environnement, et son accès aux parcours restreint, ce qui l'expose à des pénuries alimentaires de plus en plus graves et la prive de ressources fourragères appréciables.

5-4-3- Contraintes d'ordre socioprofessionnel

L'éleveur caprin, de part son cantonnement en zones défavorisées et d'accès difficiles, et son faible niveau d'instruction, reste à l'écart de toute innovation ou forme d'organisation à même de lui permettre de bénéficier d'un appui technique et professionnel approprié.

5-4-4- Contraintes d'ordre technique

- Un système d'élevage mal connu et par conséquent une approche de développement pas toujours objective.
- une population caprine mal définie et à potentiel génétique limité.

une conduite alimentaire, de reproduction, d'hygiène et habitat exposant le cheptel à des pénuries ou à des maladies pouvant entraîner des pertes graves.

Ces contraintes sont d'autant plus accentuées que les recherches restent encore timides et l'encadrement est très limité, voire inexistant.

5-4-5- Contraintes d'ordre économique

Les coûts des facteurs de production comparés à la rémunération des produits caprins (notamment du lait) limitent toute possibilité de développement et découragent les éleveurs à améliorer leur production.

Chapitre II - Lait caprin

1- Définition

Le lait est un liquide opaque, blanc mat légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre, à odeur peu marquée et au goût douceâtre, sécrété après parturition, par la glande mammaire des animaux mammifères femelles pour nourrir leur nouveau-né (**Larousse agricole, 2002**).

Selon la définition établie par le congrès international de la répression des fraudes alimentaire à Genève (1908) « le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée, il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum » (**Debry, 2006**)

| Constituants | Lait de chèvre | Lait de brebis | Lait de vache |
|------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Eau | 900-920 | 830-850 | 890-910 |
| Matière sèche | 115-117 | 185-190 | 120-130 |
| Matière grasse | 33-38 | 70-75 | 36-40 |
| Matière azotée | | | |
| • Caséine | 18 | 48 | 24 |
| • Prot solubles | 8 | 10 | 7 |
| • Azote non prot | 3 | 2 | 2 |
| Lactose | 47-48 | 47-48 | 48-50 |
| Matière minérale | 7-8 | 11-12 | 7-8 |
| Poids de litre | 1030 | 1038 | 1032 |
| pH | 6,4-6,8 soit 12 à 14°D | 6,6-6,65 soit 18 à 22 °D | 6,65 à 6,85 soit 16 à 18°D |

Tableau n°4 - Comparaison de la composition de lait de différentes espèces (Pradal, 2012) .

Le tableau ci-dessous donne la comparaison de la composition du lait des principales espèces exprimées en gramme/kg de lait.

Le tableau ci-dessous montre que les laits de vache et de brebis sont plus riches en matière grasse et en matière azotée que le lait de chèvre. Par contre celui-ci présente une composition en protéines soluble et en matière azotée non protéique plus élevée.

2- Lait caprin

2-1- Principales caractéristiques du lait de chèvre

2-1-1- Organoleptiques

Comme le lait de vache, le lait de chèvre est une émulsion de matière grasse sous forme de globules gras dispersés dans une solution aqueuse comprenant de nombreux éléments, les uns à l'état dissous (lactose, protéine de lactosérum...etc.), les autres sous forme colloïdale (caséines) (**Doyon, 2005**). Contrairement au lait de vache, l'absence de pigments caroténoïdes confère au lait et aux fromages de chèvre leur couleur blanche si caractéristique. Le lait caprin a un goût légèrement sucré (**Duteurtre et al., 2005**). Il est caractérisé par une saveur particulière et un goût plus relevé que le lait de vache (**Jooyandeh et Abroumend, 2010**).

2-1-2- Physicochimiques

2-1-2-1- Le pH

Un lait normal de chèvre à la sortie de la mamelle est proche de la neutralité et a un pH de 6,5 qui peut varier jusqu'à 6,7. Toute valeur située en dehors de cet intervalle traduit une anomalie. Il en résulte la détection des mammites par simple mesure du pH ; tout lait mammiteux étant alcalin (pH>7).

L'alcalinité est due à l'albumine et aux caséines des cellules somatiques du tissu mammaire (**Bosset et al., 2000**). En effet (**Reumeuf et al., 1989**) donne un intervalle du pH du lait de chèvre allant de 6,45 à 6,90. Le lait de chèvre en raison d'un polymorphisme génétique important de ses protéines, se démarque par une variabilité du pH suivant le type génétique en question.

2-1-2-2- L'acidité

A sa sortie de la mamelle, le lait de chèvre est à 15°D environ (**Corcy, 1991**). L'acidité de lait de chèvre reste assez stable durant la lactation. Elle se situe entre 14 et 18° Dornic (**Vignola, 2002**). En technologie fromagère celle-ci réduit le temps de coagulation de lait caprin par la présure et accélère la synérèse du caillé (**Kouniba, 2007**).

2-1-2-3- La densité

La densité du lait chèvre est comparable à celle de lait de vache, avec une densité moyenne de 1030,05 à 15°C (**Bonassi et al., 1998**). La densité de lait de chèvre est assez stable (**Veinoglou et al., 1982**) et se situe à 1,022, inférieure à celle de lait de vache (1,036).

2-2- Composition chimique

Les principaux constituants chimiques du lait de chèvre sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

| Constituants | Quantité (g/l) | Etat physique des constituants |
|--------------------|----------------|--|
| Glucides : Lactose | 45 | Solution |
| Matière grasse | 43 | Emulsion des globules gras (3 à 5 microns) |
| Protides | 34,1 | |
| Caséines | 26 | Suspension micellaire |
| Protéines solubles | 8,10 | |
| Sels minéraux | 0,02 | Solution vraie |
| | | Solution colloïdale |
| Extrait sec total | 138 | Solution vraie |

Tableau n°5 - Principaux constituants chimiques du lait de chèvre (FAO, 1995).

2-2-1- L'eau

En règle générale, l'eau est le constituant principal du lait (**Lebeuf et al ., 2002**). D'après **Desjeux (1993)**, les laits de chèvre, de vache et humain montre peu de différence. Ces laits se caractérisent respectivement par 87,5, 87,7 et 87,1 g d'eau pour 100g de lait analysé.

2-2-2- Les minéraux

Le lait de chèvre est plus riche que d'autres laits en Calcium, Potassium, Phosphore et Magnésium (**Vanwerbeck, 2008**). Les teneurs varient légèrement en fonction du stade de lactation, des races, de la saison et de l'alimentation. L'intérêt du lait de chèvre réside essentiellement en sa richesse en calcium (120 mg/100ml) particulièrement bien absorbé (du fait notamment de la présence dans le lait de protéines, de peptides, de lactose...) et en phosphore (**FID, 2008**).

Les teneurs en Ca, en P et en caséines d'un lait ont une influence sur son pouvoir tampon. On définit le pouvoir tampon comme étant la capacité à résister à une variation de pH même en ajoutant de l'acide. Un lait de chèvre faiblement tamponné verra donc son pH passer de 6,6 à 6 avec une faible formation d'acide lactique tandis qu'il en faudra une grande quantité pour obtenir la même variation de pH sur un lait fortement tamponné, soit un lait riche en Ca, en P et en caséines. En terme de fabrication fromagère, cela implique qu'un lait faiblement tamponné coagulera plus rapidement qu'un lait fortement tamponné (**Zeller, 2005**).

Le lait de chèvre contient aussi de nombreux oligo-éléments indispensables à l'organisme (fer, cuivre, sélénium, chrome, fluor) à l'état de trace. Le zinc est en revanche présent en quantité importante (2 à 5 mg/l) et est particulièrement bien absorbé du fait de la présence de lactose et de protéines, participant ainsi au bon fonctionnement de l'organisme. L'iode est aussi bien présent dans le lait de chèvre avec des teneurs variables selon les régions et les saisons (**FID, 2008**).

En général, en ce qui concerne la composition minérale du lait de chèvre, les niveaux mesurés des principaux éléments et l'utilisation nutritionnelle sont meilleurs que le lait de vache (**Moreno, 1995 ; Boza et Sanz Sampelayo, 1997; Haenlein, 2001; Campos et al ., 2003**).

2-2-3- Les vitamines

Les données sur le contenu vitaminique de lait de chèvre montre que la vitamine A y est plus présente que dans le lait de vache (**Heinlein et Caccese, 2006**). En dehors des vitamines E, B3 et B9 plus riches dans le lait de vache, les deux laits (qui ont des teneurs relativement similaires) sont assez carencés en vitamine C et D (**Jaubert, 1997 ; Raynal –Ljautovac et al, 2008**).

| Espèce | Chèvre | Brebis | Vache | Humain |
|--------------------------------|--------|--------|-------|--------|
| Vitamine liposolubles | | | | |
| A Retinol (mg) | 0,04 | 0,08 | 0,04 | 0,06 |
| A Beta carotène (mg) | 0,00 | | 0,02 | 0,02 |
| D (µg) | 0,06 | 0,18 | 0,08 | 0,06 |
| E tocophérol (mg) | 0,04 | 0,11 | 0,11 | 0,23 |
| Vitamines hydrosolubles | | | | |
| B1 thiamine (mg) | 0,05 | 0,08 | 0,04 | 0,02 |
| B2 Riboflavine (mg) | 0,14 | 0,35 | 0,17 | 0,03 |
| B3 Niacine (PP) (mg) | 0,20 | 0,42 | 0,09 | 0,16 |
| B5 acide pantothénique (mg) | 0,31 | 0,41 | 0,34 | 0,18 |
| B6 Pyridoxine (mg) | 0,05 | 0,08 | 0,04 | 0,01 |
| B8 biotine (µg) | 2,00 | | 2,00 | 0,70 |
| B9 acide folique (µg) | 1,00 | 5,00 | 5,30 | 5,20 |
| B12 Cobalamine (µg) | 0,06 | 0,71 | 0,35 | 0,04 |
| Acide ascorbique (mg) | 1,30 | 5,00 | 1,00 | 4,00 |

Tableau n° 6 - Teneur en vitamines des laits de chèvre, de brebis, de vache et humain (pour 100g) (Jaubert, 1997 ; Paccard et Lagriffoul, 2006 a,b).

2-2-4- Les enzymes

Les enzymes de lait de chèvre sont principalement des estérases c'est-à-dire les lipases, la phosphatase alcaline et des protéases. Il est bon de noter que le lait de chèvre contient trois fois moins de phosphatase alcaline que le lait de vache (**Vignola, 2002**).

Le lait de chèvre contient en général des teneurs en protéines, en matière grasse ainsi qu'en lactose plus basses que le lait de vache et par conséquent une teneur énergétique plus faible (**Wehrmüller et Ryffel, 2007**).

2-2-5- Le lactose

Le pourcentage de lactose est légèrement inférieur dans le lait de chèvre, étant d'environ 4,4% comparativement à 4,8% pour le lait de vache (**Vignola, 2002**). Sa teneur varie en fonction du stade de lactation entre 44 et 47 g/l (**Le Mens, 1985**). Son principal rôle est de servir de substrat aux bactéries lactiques dans la fabrication des fromages utilisant un caillage lactique (**Zeller, 2005**).

2-2-6- La matière grasse

La matière grasse est le composant le plus variable du lait, d'un point de vue quantitatif ou qualitatif. Sa composition et sa production dépendent principalement des facteurs animal (espèce, race, stade de lactation et caractéristiques individuelles des animaux), (**Palmquist et al., 1993**) et environnemental, parmi lesquels l'alimentation constitue le levier le plus efficace et le plus rapide (**Palmquist et al., 1993 ; Kennely, 1996 ; Ashes et al., 1997 ; Chilliard et al., 2003**).

Le taux de matière grasse ou taux butyrique moyen dans le lait de chèvre est de 33g/Kg contre 36,15 g/Kg pour le lait de vache (**Grappin et al ., 1981**).

La matière grasse du lait de chèvre présente deux particularités qui lui sont propres : de acides gras à courtes et moyennes chaînes et de petits globules gras (**Daniaux, 2010 ; Johansson, 2011**).

La matière grasse du lait est constituée de 98% de triglycérides, eux même constitués d'acides gras. Cette composition en acides gras est particulière au lait de chèvre par rapport au lait de vache, on y trouve une proportion double en acides gras à courte et moyenne chaîne acide butyrique (C4), acides caprylique (C6), caproïque (C8) et caprique (C10) (**Chilliard et al ., 2006a; Paccard et Lagriffoul, 2006a,b ;Daniaux, 2010**).

La matière grasse du lait de chèvre contient en moyenne plus d'acides gras saturés à chaîne courte et moyenne (de C4:0 à C16:0) et d'acide linoléique (C18:2) que la matière grasse du lait devache, mais moins d'acide stéarique (C18:0) et d'acide oléique (C18:1) (**Haenlein, 2004; Barłowska et al ., 2011**). Ceci peut indiquer une différence de la synthèse des AG entre ces deux espèces, principalement dans l'élongation de la chaîne carbonée des AG (**Chilliard et al ., 2003**).

Les principaux AG ramifiés (AG ramifiées totaux : presque 2% des AG totaux) du lait de chèvre sont les ai-C15 :0, ai-C17:0 et i-C16:0(**Schmidely et Sauvant, 2001**). D'autres AG ramifiés (AG avec groupement méthyle) rares dans le lait de vache sont présents dans le lait de chèvre, indiquant que chez cette espèce l'utilisation du methylmalonyl-CoA (produit à partir du propionyl-CoA) à la place du malonyl-CoA est possible (**Massart-Lëen et al ., 1983**).

La glande mammaire caprine peut synthétiser des AG impairs (principalement du C11:0-C15:0) à partir du propionate (**Massart-Lëen et al ., 1981 ; Massart-Lëen et al ., 1983**), ce qui expliquerait les teneurs (environ 2%) des ces AG dans le lait de chèvre (**Schmidely et Sauvant, 2001**).

Le « goût de chèvre » caractéristique provient du fait que le lait de chèvre contient plus d'acides caproïque, caprylique et caprique (**St Gelais et al , 2000**) que le lait de vache. Le lait de chèvre contient une proportion plus importante de petits globules gras que le lait de vache : 63% des globules gras caprins ont un diamètre inférieur à 3µm contre 43% pour le lait de vache (**Daniaux, 2010**). La membrane du globule gras caprin est composée de protéines montrant une tendance à l'association des caséines, qui ne se retrouve pas chez les bovins (**Cabo et al , 2010**).

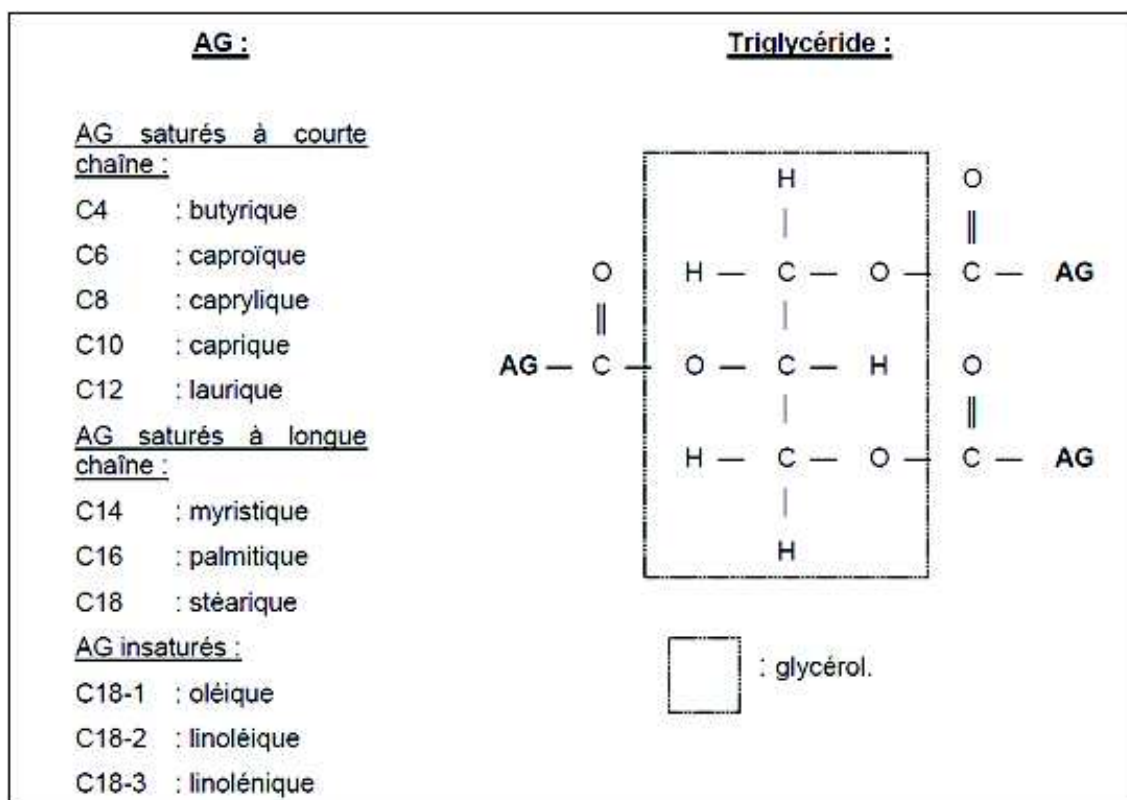


Figure n° 1 - listes des acides gras composant les triglycérides de lait de chèvre (D'après **St Gelais et al, 2000**).

| | Diamètre des globules gras (µm) | Acides gras saturés (AGS) | AGM | AGP | C18:2 | C18:3 | Ratio n-6 : n-3 | ALC | Cholestérol (mg/100 g de lait) |
|----------|---------------------------------|---------------------------|-------|------|---------|---------|-----------------|---------|--------------------------------|
| Homme | - | 37-45 | 33-45 | 3-19 | 6-17,7 | 0,6-3,4 | 7-8 | 0,2-1,1 | 14-20 |
| Vache | 3,2-4,6 | 56-73 | 23-30 | 2-6 | 1,6-3 | 0,3-1,8 | 2,1-3,7 | 0,2-2,4 | 3,1-31,4 |
| Chèvre | 2,6-3,5 | 60-70 | 22-36 | 3-6 | 2,5-4,3 | 0,2-0,9 | - | 0,3-1,2 | 8,1-20 |
| Brebis | 3,0-3,3 | 58-65 | 23-39 | 2-7 | ,6-3,6 | 0,5-2,1 | 1-3,8 | 0,6-1,1 | 8,4-29,0 |
| Buffle | 4,1-8,7 | 62-94 | 24-31 | 2-4 | 2,0 | 0,7 | 2 | 0,4-2 | 4-18 |
| Chamelle | 2,99 | 60-70 | 28-80 | 7-10 | 1,2-1,6 | 0,5-0,6 | - | - | 31,3-37 |

Tableau n°7 - Profil d'acides gras (% des acides gras totaux) et teneur en cholestérol du lait de différentes espèces animales (**AFSCA, 2013**).

Respectivement, acides gras mono-et polyinsaturés ; acide linoléique / acide linoléinique ; ALC = acide linoléique conjugué.

2-2-7- La fraction protéique

Les protéines de lait de chèvre comme celles des autres espèces de mammifères, sont composées de deux fractions l'une majoritaire dénommée caséines (représentent environ 80%) (**Mahe et al. , 1993**), précipite à pH 4,2 pour le lait de chèvre et 4,6 pour le lait de vache (**Masle et Morgan, 2001**), l'autre minoritaire et dénommée protéine sériques se caractérisant par leur solubilité dans les mêmes conditions de pH (**Collin et al , 1991 ; Trujillo et al , 2000, Chanokphat, 2005**).

Par comparaison avec le lait de vache, les protéines du lait de chèvre contiennent proportionnellement moins de caséines et davantage d'azote non protéique (**Fege, 2012**).

Le lait de chèvre contient de nombreuses protéines, les six principales étant les caséines α S1, β , α S2 et κ , et deux protéines du lactosérum, la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine. Les caséines, soit 80 % des protéines du lait, représentent la matière première protéique des fromages dans les procédés classiques de fabrication.

Le lait de chèvre comme le lait de brebis ou de vache contient quatre types de caséines, les caséines α (subdivisées en caséines α S1 et α S2) qui représentent en moyenne 30 % du total des caséines du lait de chèvre contre 45 % dans le lait de vache (**Eck, 1997**). Les caséines κ et β dont la proportion est plus élevée dans le lait caprin.

Les quatre caséines sont organisées sous forme de submicelles, elles-mêmes assemblées en micelles, c'est-à-dire en particules sphériques très fines. La caséine κ joue un rôle primordial, puisqu'elle assure la formation et la stabilité des micelles (**Ricordeau et al., 1999**). La taille de micelle caprine est sensiblement plus élevée que celle de lait bovin ou ovin (**Remeuf et al., 1991**).

2-2-7-1- Les caséines

Si la teneur en matières azotées du lait de chèvre est supérieure à celle du lait de vache (40 contre 35 g/l), on notera que sa teneur en caséine qui conditionne le rendement en fromage est plus faible. On trouve 68 à 70% de caséine au sein des protéines totales dans le lait de chèvre et près de 80% pour celui de vache (**St Gelais et al., 2000**), ce qui explique un rendement fromager moindre avec du lait de chèvre (**CNIEL, 2006**).

Les caséines sont dépourvues d'acides aminés soufrés donc non structurés par des ponts disulfures. Elles sont par contre riches en résidu proline (particulièrement la caséine β) résidus connus par leur rigidité stéréochimique, expliquant ainsi l'absence de structure organisée pour ces protéines (**Payens, 1982**).

Ces caséines possèdent des chaînes latérales polaires (résidus phosphoséryle, glutamyle et aspartyle) du côté N-terminal et des chaînes latérales apolaires du côté C-terminal (caséines α S et β) représentation inversée pour ce qui est caséines κ (**Lorient et Cayot, 2000**).

Ces protéines forment des structures micellaires en suspension par interaction de phosphate de calcium avec les résidus phosphosérines de celles-ci (**Marletta et al., 2007**).

Ces structures ont pour conséquences l'exposition des groupements hydrophobes des caséines plus que ceux des protéines globulaires ce qui explique la grande tendance des caséines à l'association.

La structure micellaire caprine se diffère de celle bovine, par un diamètre et un degré de dispersion plus important (**Ould Eleya et al., 1995**), diamètre qui augmente avec la diminution de la teneur en caséine (**Remeuf et al., 1989**).

De plus, celle-ci à la différence d'une minéralisation supérieure ce qui rend son hydratation fortement diminuée (**Remeuf et Lenoir, 1985 ; Remeuf et al., 1989 ; Ould Eleya et al., 1995 ; Eck, 1997**).

Une enquête approfondie dans le lait de chèvre a révélé la présence du nombre élevé d'allèles à quatre loci de caséine (**Albenzio et al., 2009; Kupper et al., 2010; Moiola et al., 2007; Sacchi et al., 2005; Roncada et al., 2002**). Le polymorphisme des caséines est associé à différents niveaux de synthèse de la caséine et des taux différents

de phosphorylation de la chaîne peptidique (Albenzio et al., 2009; Grosclaude et al., 1994; Martin, 1993; Park et al., 2007).

Alors que près de 50 variants génétiques ont été décrits pour les protéines du lait de vache, le nombre de variantes génétiques de protéines du lait de chèvre est plus élevé, et est particulièrement élevé pour α 1-caséine. Cette grande variabilité génétique dans les protéines de lait de chèvre peut expliquer les résultats en ce qui concerne la tolérance du lait de chèvre par sujets allergiques aux protéines du lait de vache (Ballabio et al., 2011).

2-2-7-1-1- La caséine α S1

La caséine α S1 est composée dans les deux laits (bovin et caprin) de 199 acides aminés pour une masse moléculaire de 23600 Da (Marletta et al., 2007) la similitude dans les deux laits est à 80% (Trujillo et al., 2000). Cette protéine diffère de son homologue bovin par une forte variation individuelle liée à l'existence d'un haut degré de polymorphisme génétique (Lejouane et al., 1990).

Les gènes de la caséine caprine montrent des modifications conduisant à sa variabilité au niveau quantitatif et qualitatif se qui se répercute aussi bien sur la composition que sur les propriétés technologiques (propriétés fromagères) de lait de chèvre (Moatsou et al., 2006 ; Albenzio et Santillo, 2011). Le polymorphisme de la caséine caprine α S1 est l'un des facteurs clés qui déterminent les propriétés technologiques importantes de lait, comme la rentabilité et le rendement en fromage (Devold et al., 2011).

Le lait de chèvre avec des allèles forts ont été associés à des rendements fromagers élevés et du lait caillé plus ferme que le lait provenant d'animaux avec allèles faibles (Clark et Sherbon, 2000; Tziboula-Clarke, 2003; Albenzio et al., 2009).

Les allèles de la caséine α S1 peuvent être classés en quatre groupes, les allèles forts avec un contenu de 3,5 g / l, les allèles intermédiaires avec 1,1 g / l, allèles faibles avec 0,5 g / l et allèles nuls (O1, O2 et N) sans production de caséine α S1 (Caroli et al., 2007; Ceballos et al., 2009; Martin et al., 2002; Neveu et al., 2002; Park et al., 2007).

Par ailleurs, le polymorphisme génétique de caséine α S1 a des effets importants sur la matière grasse du lait de chèvre et sa composition en AG (Chilliard et al., 2006b). Des études ont démontré un lien entre le génotype caprin de caséine α S1 et la taille des globules gras (Neveu et al., 2002) avec de plus petits globules pour allèle nul (OO) que pour les forts piles (AA).

2-2-7-1-2- La caséine α S2

La caséine α S2 partage 88% de similitude avec l'homologue bovin (Trujillo et al., 2000). Dans le lait de chèvre, un polymorphisme génétique en question a été observé pour le locus de la caséine α S2. Ce locus se caractérise par la présence de sept allèles associés à trois différents niveaux de synthèse: A, B, C, E et F allèles (Bouniol et al., 1994; Lagonigro et al., 2001; Ramunno et al., 2001a) associés à un contenu en caséine α S2 (environ 2,5 g / l), l'allèle D associée à une réduction de contenu de la caséine α S2 (Ramunno et al., 2001a) et l' allèle O est associé à une quantité non détectable de cette caséine dans le lait (Ramunno et al., 2001b; Moatsuet al., 2006) Ce dernier influence de manière significative la composition en protéines du lait (Marletta et al., 2004). Aucune association entre l'aptitude technologique et les variants de cette fraction n'a pour le moment été établie (Remeuf et al., 2001).

2-2-7-1-3- La caséine β

La caséine β est constituée de 207 résidus d'acides aminés soit deux de moins de que la protéine homologue bovine (Trujillo et al., 2000 ; Marletta et al., 2007).

Le polymorphisme des caséines caprines montre l'existence de trois variants de la caséine β (A, B et O) (Trujillo et al., 2000). L'existence de variant O s'accompagne d'une baisse sensible de la teneur en caséine totale de lait caprin et une augmentation de la caséine α S1.

En revanche, les laits possédant l'allèle caséine β nul ont une proportion plus faible de protéines coagulables et une répartition différente des caséines, avec plus de caséines α S2 et κ , et surtout plus de caséine α S1 (Remeuf et al., 2001). Les laits sans caséines β ont un temps de prise beaucoup plus long et un caillé plus mou par rapport aux laits ayant une teneur normale en caséine β (Chianese et al., 1993).

2-2-7-1-4- La caséine κ

Elle contient deux résidus phosphate et elle est difficilement précipité par les ions calcium. Ces deux facteurs font que la caséine κ joue le rôle de stabilisant pour les autres (Chanokphat, 2005). Pour ces raisons, la caséine κ est localisée à la périphérie de la micelle de caséine en jouant le rôle de limitant de la croissance de micelle et maintien de celle-ci en

suspension (Léonil et al., 2007). C'est une glycoprotéine possédant des propriétés amphiphiles (Martin et Leroux, 2000). Aussi, le polymorphisme de caséine κ en particulier le niveau de la glycosylation et la phosphorylation affecte la sensibilité de lait de chèvre aux enzymes de coagulation (Amigo et al., 2000) avec implication technologique importante en agissant sur les étapes de la coagulation de l'emprésurage (Albenzio et al., 2009).

Seulement au cours des dernières années il été démontré que le gène CSN3 (caséine κ) a beaucoup de formes alléliques (Angiolillo et al., 2002 ; Jann et al., 2004 ; Prinzenberg et al., 2005 ; Yahyaoui et al., 2001 ; Yahyaoui et al., 2003).

2-2-7-1-5- La caséine μ

Elle se retrouve en faible quantité dans le lait, et résulte d'une protéolyse naturelle et limitée de la caséine β (Chanokphat, 2005).

2-2-7-2- Les protéines sériques

Les protéines de lait de chèvre sont composées de 19% de protéines solubles (albumines et globulines). Ce sont des protéines sensibles aux traitements thermiques (Lorient et Cayot, 2000). Les fonctions de ces protéines sont très hétérogènes affectant les processus aussi différents que la synthèse de lactose (Lalba), le transport de molécules hydrophobes et microbienne d'immunité (lactoferrine et la lactoperoxydase) (Amills et al., 2012).

La β -lactoglobuline (β -Lg) et α -lactalbumine (α -La) sont les protéines de lactosérum les plus importantes en raison de leur grande teneur en protéines totales du lactosérum et de l'importance pour l'industrie alimentaire (Janovič et al., 2005). Deux types de β lactoglobuline et trois variants d' α lactalbumine ont été identifiés chez le lait de chèvre (Moatsou et al., 2005). Cependant, leur importance physiologique est inconnue sauf l' α lactalbumine qui est nécessaire pour la synthèse de lactose (Park et al., 2007).

Influence de quelques paramètres de production sur la qualité du lait de chèvre. Aptitude à la coagulation

| | Homme | Vache | Chèvre | Brebis | Buffle | Chamelle |
|--|----------------|----------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Caséine totale | 2,4-4,2 | 24,6-28 | 23,3-46,3 | 41,8-46 | 32-40 | 22,1-26 |
| α1-caséine | 0,77 | 8-10,7 | 0-13 | - | 8,9 | - |
| α2-caséine | - | 2,8-3,4 | 2,3-11,6 | 15,4-22,1 | 5,1 | - |
| β-caséine | 3,87 | 8,6-9,3 | 0-29,6 | 15,6-17,6 | 12,6-20,9 | - |
| κ-caséine | 0,14 | 2,3-3,3 | 2,8-13,4 | 3,2-4,3 | 4,1-5,4 | - |
| γ-caséine | | 0,8 | - | - | - | - |
| Taille des micelles de caséine (nm) | 64-80 | 150-182 | 260 | 10-210 | 180 | 380 |
| Protéines du lactosérum totales | 6,2-8,3 | 5,5-7,0 | 3,7-7,0 | 10,2-11 | 6 | 5,9-8,1 |
| β-lactoglobuline | - | 3,2-3,3 | 1,5-5,0 | 6,5-8,5 | 3,9 | |
| α-lactalbumine | 1,9-3,4 | 1,2-1,3 | 0,7-2,3 | 1-1,9 | 1,4 | 0,8-3,5 |
| Albumine sérique | 0,4-0,5 | 0,3-0,4 | - | 0,4-0,6 | 0,29 | 7-11,9 |
| Protéose-peptone | - | 0,8-1,2 | - | | 3,31 | - |
| Lactoferrine | 1,5-2,0 | 0,02-0,5 | 0,02-0,2 | 0,8 | 0,03-3,4 | 0,02-7,28 |
| Lysozyme | 0,1-0,89 | (70-600) x10 ⁻⁶ | 250x10 ⁻⁶ | 100x10 ⁻⁶ | (120-152) x10 ⁻⁶ | (60-1350) x10 ⁻⁶ |
| NNP | 0,45 | 0,27-0,38 | 0,40-0,61 | - | - | 0,68 |

Tableau n°8 - Concentration en caséine et en protéines de lactosérum (g/l) dans le lait de différentes espèces (AFSCA, 2013).

2-3- Qualité du lait de chèvre

2-3-1- Qualité nutritionnelle du lait de chèvre

A cause de son goût particulier, ses propriétés nutritionnelles et sa reconnaissance comme un aliment sain, le lait de chèvre a reçu une attention particulière par les chercheurs et l'industrie laitière. Certaines propriétés du lait de chèvre sont connues pour être avantageuses par rapport à celles du lait de vache, comme la tolérance plus élevée chez les enfants allergiques, qui est liée à la quantité et les différences structurelles dans les protéines de lactosérum (α-lactalbumine et β-lactalbumine) et la haute proportion de petits globules de matière grasse (1,5 μm), qui offrent une meilleure digestibilité (Haenlein, 2004; Raynal-Ljutovac et al., 2005; Sheehan et al., 2009; Albenzio et Santillo, 2011).

Certaines études ont révélé que le lait de chèvre (Bevilacqua et al., 2001; Slacanac et al., 2010) peut être considéré comme une solution appropriée au lait humain dû aux propriétés hypoallergéniques de ses protéines.

En outre, le lait de chèvre est considéré comme un aliment fonctionnel potentiel car il détient un potentiel en tant que source naturelle d'oligosaccharides, présente une composition lipidique saine avec une augmentation d'acide linoléique conjugué et en acides gras à courte chaîne et une teneur élevée en vitamine (A et B complexe) et en calcium (Park, 2006; Silanokove et al., 2010; Haenlein et Anke, 2011), ce qui signifie que peut fournir un avantage pour la santé au-delà de sa valeur nutritive.

Le lait de chèvre est une source importante d'énergie apportent de l'ordre de 700 kcal/l. cette observation peut probablement expliquer de nombreuses observations de gain de poids chez l'enfant malade (Desjeux, 1993).

La composition des acides gras est l'une des raisons de la bonne digestibilité du lait de chèvre. Les lipides de lait de chèvre, comme ceux de lait de vache sont pauvres en acides gras polyinsaturés qui sont nécessaires au métabolisme humain (**Grandpierre et al., 1988 ; Mahé, 1997**). La différence principale se trouve dans la longueur des chaînes des acides gras. La matière grasse du lait de chèvre se caractérise par une proportion élevée d'acides gras à courte et moyenne chaînes (C4, C10).

Ceci est dû à la concentration deux fois plus importante d'acide caprique dans le lait. Ces acides gras sont plus facilement absorbés que ceux à longue chaîne, en étant ainsi plus digestible (**Barrionuevo et al., 2001 ; Wehrmüller et Ryffel, 2007**). Cette dernière est plus importante pour les protéines de lait de chèvre que celles de vache (**Ramos et al., 2005**).

2-3-2- Qualité microbiologique du lait de chèvre

La Connaissance de la composition microbienne du lait est d'un intérêt particulier pour les agriculteurs et les transformateurs du lait (**Verdier-Metz et al., 2009**).

Le nombre de germes totaux dans le lait indique le degré de contamination du lait par des bactéries. Une étude a révélé que le nombre de germes totaux ne diffère pas de manière significative dans le lait cru de chèvre, de brebis et de vaches (**D'Amico et Donnelly, 2010**).

Le nombre de germes totaux dans le lait de chèvre et de brebis diffère selon le mois de traite de l'animal, le nombre de traites, le système de traite et la taille du troupeau (**Alexopoulos et al., 2011 ; Gonzalo et al., 2006 ; Gonzalo et al., 2010 ; Zweifel et al., 2005**).

La majorité des espèces de bactérie lactiques sont présentes dans le lait cru de chèvre et constitue un danger en tant que vecteur de brucellose (**Dumoulin et Peretz, 1993**). Les mammites comme infections microbiennes de la mamelle sont à l'origine d'une forte augmentation des cellules somatiques de lait (**Morgan, 1999 ; Coulon et al., 2005**).

Le nombre de cellules somatiques n'est pas précisé pour le lait de chèvre (**Jaubert., 1997**). En effet, Les variations dans le nombre de cellules somatiques dans le lait des chèvres sont associés à la race, la parité, le stade de lactation, le type de naissance, variation œstrus, la période diurne, mensuelle et saisonnière (**Gonzalo et al., 2006 ; Raynal-Ljutovac et al., 2007**).

Le stade de lactation représente le facteur le plus important associé à l'élévation du niveau de cellules somatiques dans le lait de chèvre (**Rota et al., 1993 ; Wilson et al., 1995 ; Galina et al., 1996 ; Zeng et al., 1997**). Le nombre de cellules somatiques dans le lait de chèvre augmente pendant la lactation, passant de 200.000 cellules/ml à plus de 1.000.000 cellules/ml mais il arrive que l'on retrouve déjà un nombre élevé de cellules somatiques au début de la lactation (**Raynal-Ljutovac et al., 2007**).

2-4- Variation de la composition du lait de chèvre

La composition de lait de chèvre varie en fonction de nombreux facteurs :

La race, l'alimentation et le stade de lactation, plusieurs études ont été réalisées sur ces différents facteurs affectant la composition du lait de chèvre (**Soryal et al., 2004**).

Ces données concernant souvent des races locales et propres au pays d'étude et peuvent ne pas s'appliquer directement à nos élevages.

2-4-1- Les facteurs liés à l'animal

- La race

En ce qui concerne les deux races les plus exploitées en France, la race Alpine qui a un taux butyreux de 34.8‰ et un taux protéique de 30.7‰, tandis que la race Saanen a un taux butyrique de 32.4‰ et 29.7‰ de taux protéique. Les taux (butyreux et protéique) sont légèrement plus élevés pour la race Alpine mais cette différence se trouve compensée par une production laitière légèrement supérieure pour la race Saanen (**Soryal et al ., 2004**).

- Le stade de lactation

Les taux butyreux et protéiques sont toujours élevés en début et en fin de lactation ; ils évoluent à l'inverse de la quantité de lait produite (**Soryal et al., 2004**). La production du lait augmente régulièrement pendant les premières semaines de la lactation, le pic de lactation est atteint entre la troisième et la huitième semaine.

Puis vient une période de quelques semaines de stagnation, enfin la production décroît progressivement jusqu'au tarissement au bout de dix mois environ (**Le Jaouen, 1986**). Le TP, le TB, les taux de matière azotée varient en sens inverse de la quantité de lait produite (**Grappin et al ., 1981**).

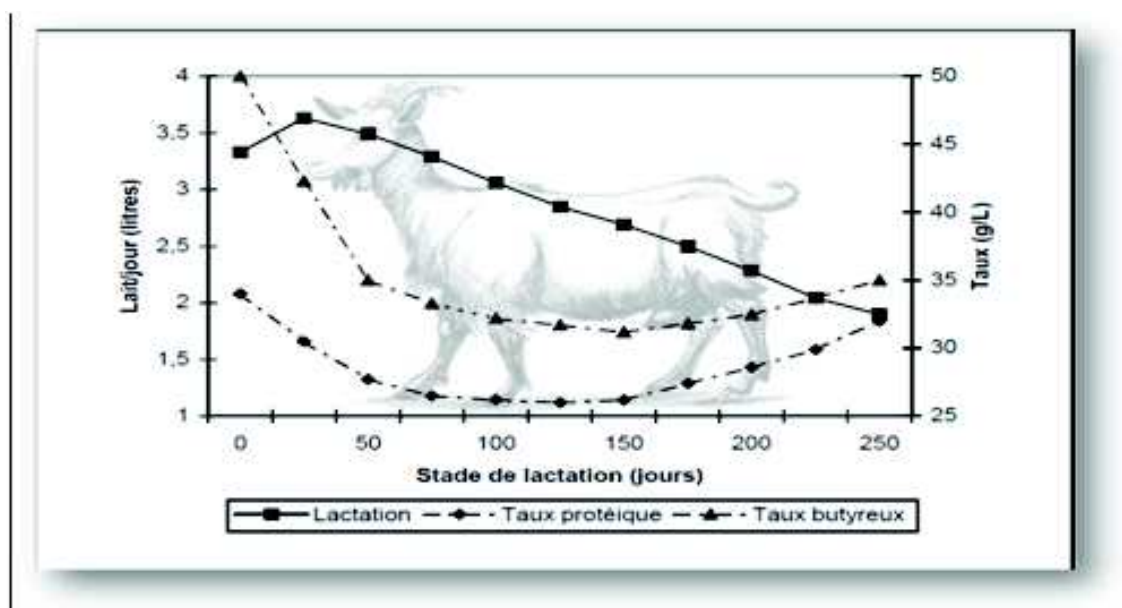


Figure n °2 - Influence du stade de lactation sur la quantité et la qualité du lait de chèvre produit (Paradal, 2012).

- Le niveau génétique

Selon **Paradal, (2012)**, on retrouve au niveau génétique les problèmes de corrélation entre quantité et qualité de lait. La sélection sur les quantités de lait diminue les taux butyreux et protéique (TB et TP), la sélection sur les taux diminue la quantité de lait.

Donc pour éviter tout appauvrissement du lait, la sélection sur les quantités des matières grasses ou de matières protéiques doit être nécessairement associée au maintien de TB et TP minimum.

- Le rang de lactation et l'âge

Le numéro de lactation n'a pas d'influence sur le TP mais par contre le TB est plus faible pour les deux premières lactations puis augmente avec l'âge (**Paradal, 2012**). Les chèvres laitières présentent leur meilleur rendement laitier à partir de la 3^{ème} lactation. A partir de là la production laitière commencent généralement à diminuer (**Gaillon et Sigwald, 1998** ; **Vanwarbeck, 2008**).

L'âge de l'animal influe sur la croissance, l'augmentation du poids ainsi que le développement du tissu mammaire, affectant ainsi la production laitière (**Mohamed etKhaldi, 2006**)

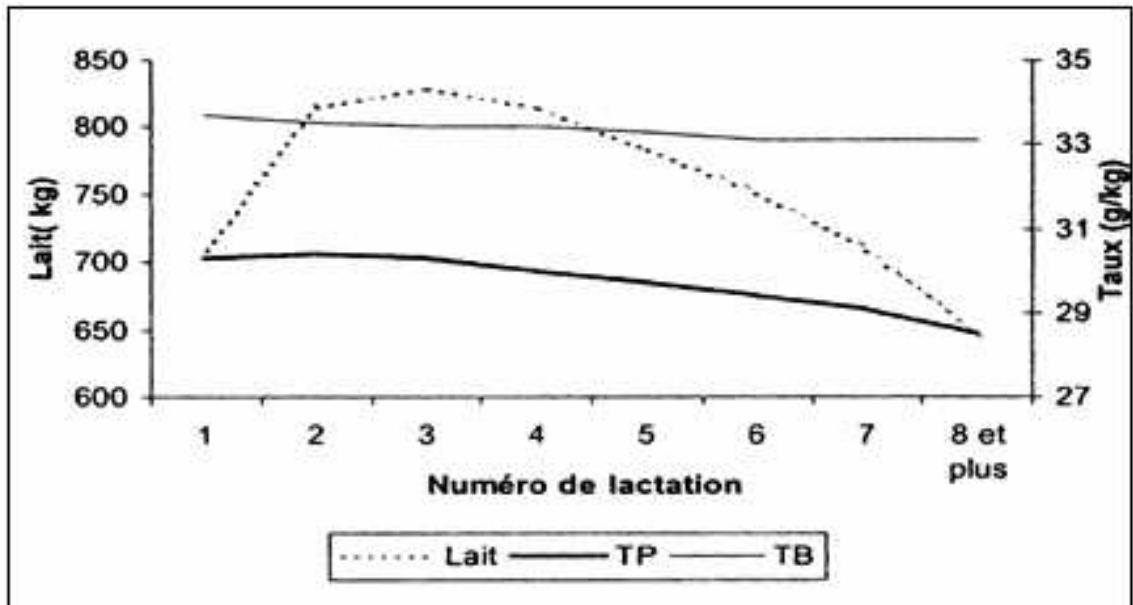


Figure n°3 - influence de numéro de lactation sur sur la quantité et la qualité du lait produit (Gaillon et Sigwald, 1998) .

- Le mois de mise bas et la saison

Les taux sont plus élevés pour des mises bas de fin d'année (Novembre à Janvier) en liaison avec le photopériodisme : les taux sont élevés quand la durée des jours est élevée (**Paradal, 2012**).

- Le niveau de production laitière

D'après **Paradal (2012)**, les taux sont d'autant plus élevés que le niveau de production est faible en raison de la corrélation négative entre ces deux critères : quantité et qualité de lait.

- L'état sanitaire

Tout problème sanitaire perturbe la composition du lait : parasitisme interne, maladies infectieuses, maladies métaboliques mais surtout mammites (**Paradal, 2012**)

La numération cellulaire dans le lait est indicateur de la santé de la mamelle en particulier pour le lait de vache, en ce qui concerne le lait de chèvre cette numération cellulaire varie physiologiquement. Les cellules comptabilisées regroupent les polynucléaires, les cellules épithéliales et les lymphocytes.

Chez la chèvre, le nombre de cellules dans le lait augmente progressivement à partir du mois de Mai et peut atteindre deux millions de cellules par millilitre au mois d'Octobre. Cette

augmentation du nombre de cellules est principalement due à une diminution du volume de lait produit et donc une augmentation de la concentration des cellules, ce n'est donc pas forcément un signe de mammite (**Jaubert et al., 1993**).

2-4-2- Les facteurs liés aux conditions d'élevage

- La traite

Selon **Paradal (2012)**, les conditions de la traite ont des conséquences directes sur la composition du lait. Un allongement de l'intervalle entre traite au-delà de 15 heures provoque une baisse de TB, ce taux diffère entre les traites du matin et celles du soir. Le soir, les matières grasses sont présentes en plus grande quantité que le matin (**Le Jaouen et al., 1990**).

- Le logement

Il n'intervient pas directement sur les taux mais de bonnes conditions de logement sont indispensables afin d'assurer une hygiène de la traite et de la mamelle satisfaisante (**Paradal, 2012**).

- L'alimentation

En production laitière caprine, l'alimentation du troupeau constitue l'un des facteurs majeurs de la réussite de l'élevage, tant du point de vue technique qu'économique. Elle suppose de bien connaître les besoins des animaux et de maîtriser la qualité de la ration et les quantités distribuées. (**Legarto et Leclerc, 2011**).

La chèvre est reconnue comme un animal difficile au sujet de la composition de son alimentation. C'est une relativement grosse mangeuse, mais elle trie beaucoup, et de ce fait a tendance de gaspiller. Ainsi, ses besoins alimentaires sont naturellement fonction de son format, donc de sa race. Ils ne sont pas constants au cours de sa vie mais varient en fonction de différents facteurs tels le climat extérieur ou l'état physiologique de l'animal (gestation, lactation, maladie) (**Fournier, 2006**).

L'alimentation des chèvres joue un rôle très important sur la composition de lait et donc sur la composition du fromage. La composition chimique du lait varie selon le type d'aliment, sa teneur en matière grasse, en protéine, en eau et sa fibrosité (**Verdier-Metz, 2000**). L'ordre de distribution et les moyens de conservation (**Regnault, 2001**).

Les régimes composés de foin ou d'ensilage d'herbe sont le plus souvent déficitaires en acides gras. De ce fait, le taux butyreux peut être bas. De même un régime excédentaire en énergie (ensilage de maïs ou de céréales) provoque une baisse de taux butyreux tandis que le taux butyreux reste élevé (**Bonis, 2001**).

Une quantité élevée d'aliments broyés dans l'alimentation va accroître la vitesse du transit digestif ce qui aura pour conséquence une légère élévation du taux protéique due à l'augmentation de l'énergie ingérée, et une baisse du taux butyreux, lié à une moindre digestion de la cellulose (**Jenot et al., 2000**).

L'ingestion suffisante de fourrage augmente le taux butyreux contrairement au concentré qui diminue ce taux (**Jenot et al., 2000**).

Parce que l'alimentation influe sur la composition du lait de chèvre et les produits laitiers, les différences entre les systèmes de production basés sur le pâturage par rapport à l'utilisation d'une alimentation en mode intensif dépendront en grande partie des produits alimentaires spécifiques et la végétation disponibles (**Goetsch et al., 2011**).

À titre d'exemple, **Galina et al . (2007)** ont observé de nombreuses différences dans la composition de fromage à pâte molle fabriqué à partir de lait de chèvres nourries en élevage intensif par rapport aux animaux alimentés en mode extensif. Le large éventail d'espèces végétales des parcours, bien que le régime alimentaire des animaux confinés était non déclarés.

En Algérie, le système d'élevage caprin repose sur deux races (race locale et le produit de croisement : race locale x race alpine) en particulier dans les zones sub-sahariennes. Leur alimentation est basée sur le pâturage ce qui reste insuffisant, et donc le recours à la complémentation notamment en concentrés est inévitable. Néanmoins, la production reste très faible de l'ordre de 1litre/jour pendant 4 à 5 mois (**Khelifi, 1999**).

2-4-3- Les facteurs liés à l'environnement

· La saison

D'après **Pougheon et Goursaud (2001)**, la saison a une influence importante qui se rajoute aux autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge) de façon immuable, le TB passe par un minimum en juin – juillet et par un maximum à la fin de l'automne.

La teneur en protéines passe par deux minimums un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par deux maximums à la mise à l'herbe et à la fin de la période de pâturage.

· La température

Les fortes températures provoquent une baisse de la production quantitative en réduisant essentiellement la consommation d'aliment, une baisse de TB et une constante de TP. Les très faibles températures provoquent les mêmes effets (**Paradal, 2012**).

2-5- Le comportement technologique du lait de chèvre

L'aptitude fromagère des deux espèces (caprine et bovine) est différente. Le temps moyen de coagulation du lait de chèvre par la présure est inférieur à celui de lait de vache. En revanche, la cinétique de synérèse du lait de vache est supérieure à celle du lait de chèvre (**Kouniba, 2007**).

Même à teneur égale en caséine le lait de chèvre n'a pas le même comportement que le lait de vache vis-vis de la présure (**Lejaouen et al ., 1990**). Au niveau structurel, les micelles de caséines du lait de chèvre se distinguent par une taille plus importante, un degré de minéralisation plus élevé et un taux d'hydratation plus faible, ce qui explique leur faible stabilité à l'action de la présure et de la chaleur (**Laurent et Dubeuf, 1995**).

Chapitre III - Les aptitudes à la coagulation du lait de chèvre

1- La biotransformation du lait caprin

Dans la production du fromage, la coagulation du lait par la présure de veau est la procédure la plus couramment utilisée. Toutefois, la faiblesse de l'offre de la présure de veau et l'incidence de l'encéphalopathie spongiforme bovine sont des incitations à la recherche

d'enzymes à partir de micro-organismes et des plantes (**Ahmed et al ., 2009; Barbano et Rasmussen, 1992; Cavalcanti et al ., 2004; Shieh et al ., 2009 ; Pontual et al ., 2012**).

1-1- La présure

Le terme présure est réservé à la préparation enzymatique extraite des caillottes des jeunes ruminants abattus avant le sevrage. La présure est un mélange constitué essentiellement de chymosine (80%) et pepsine (20%).la présure est une préparation thermolabile, sa dénaturation est rapide au dessus de 55% (**Dalgleish, 1993**).

1-2- Les caractéristiques de la présure des petits ruminants

1-2-1- Chymosine et pepsine

La chymosine (CE 3.4.23.4), la pepsine A (EC 3.4.23.1) et la gastriscine (la pepsine B ou la pepsine C) (EC 3.4.23.3), qui sont sécrétée dans la caillotte des jeunes ruminants, appartiennent pour le groupe de protéinases aspartiques ayant deux résidus de l'Asp dans leur centre actif. Ces protéases aspartiques gastriques sont sécrétées dans le mucus de la caillotte sous forme de zymogènes et leur action est à coaguler et à digérer le lait.

La prochymosine enzymes inactives, pepsinogène et progastriscine sont les précurseurs de chymosine, de la pepsine et gastriscine respectivement. La production et la distribution de ces zymogènes dans le système gastrique veau a été largement étudiée (**Andren et Bjorck, 1986; Andren, 1992**).

Prochymosine et pepsinogène sont produites au niveau intracellulaire dans les cellules principales et d'autres cellules de glandes fundiques, tandis que progastriscine est principalement produite dans les cellules épithéliales de surface des glandes fundiques.

La sécrétion de zymogènes dans la muqueuse gastrique est significativement affectée par l'âge et le régime alimentaire de l'animal. Le jeune animal nourri avec du lait produit plus de prochymosine. Chez les veaux âgés de moins de 3 mois et nourris avec du lait le pourcentage prochymosine est de 70-80% (**Moschopoulou, 2011**).

La séquence d'acides aminés de la prochymosine de veau a été étudiée depuis de nombreuses années, ainsi que celle d'agneau et de chevreau toujours par rapport à elle. Ainsi, la séquence d'acide aminé de prochymosine d'agneau est liée à celle d'origine bovine en ce qui concerne la partie N-terminale, mais la prochymosine d'agneau a trois autres résidus de glycozamine et trois résidus exoze neutres que les bovins (**Baudys et al ., 1988**).**Pungercar et al . (1990)** ont rapporté 94% d'homologie entre la prochymosine d'agneau et celle de veau.

La pepsinogène bovine se compose de 362 plus ou moins deux acides aminés et à poids moléculaire 38,9 kDa. La pepsinogène d'agneau possède un PM de 42,5 kDa (**Baudys et al ., 1988**).La pepsinogène de chèvre a trois iso enzymes sans sucres et un PM de 40,4 kDa (**Suzuki et al ., 1999**).

Les zymogènes inertes sont convertis aux enzymes actives en raison de la protéolyse limitée à pH acide des conditions dans lesquelles une partie dite pro-part est découpée à partir de la partie N-terminale du zymogène. Pour cette raison, la zymogène peut être activée automatiquement dans les conditions acides de la caillotte (**Moschopoulou, 2011**).

La présure de chevreau nourri exclusivement avec du lait contient plus de 80% de chymosine (**Rossano et al , 2003 ; Zhang et al , 2005**). Le même phénomène a été

observé pour les caillettes d'agneau (Piredda et Addis-Abeba 1998 ; Bustamante et al , 2000 ; Moschopoulou et al , 2009).

1-2-2- L'activité coagulante du lait de chèvre

L'activité coagulante des présures liquides artisanales, exprimée en unités Soxhlet, dépend du rapport de abomasa /solution d'extraction est comprise dans la gamme de 1:1500 à 1:4000 (Moschopoulou et al ., 2004).

Castillo et al . (2002) ont montré que la coagulation du lait de chèvre est plus rapide avec la présure de chevreau qu'avec le coagulant de *R. miehei*. Par ailleurs, la pâte de présure d'agneau faite de abomasa vide et sec coagule plus vite le lait, par rapport à la présure de abomasa plein frais ou séché (Ferrandini et al ., 2008).

1-2-3- L'activité protéolytique

Elle peut être déterminée en utilisant des différentes techniques telles que PAGE urée, RP HPLC ou spectrophotométrie des produits libérés des protéines du lait ou des substrats peptidiques synthétiques digérés avec la présure en cours d'examen (Trujillo et al ., 2000; Goptar et al ., 2007).

L'activité protéolytique peut également être déterminée indirectement grâce à la protéolyse du fromage. Les résultats sont cependant contradictoires, puisque l'activité protéolytique soit affectée par la nature d'animal source ou la teneur en pepsine. Il semble que chaque présure hydrolyse plus complètement la caséine de sa propre espèce (Moschopoulou, 2003; Papoff et al ., 2004; Libouga et al ., 2008).

Cela est également réfléchi sur la protéolyse du fromage. Ainsi, le degré de la protéolyse est plus élevé dans le fromage type Camembert caprin avec la présure de chevreau que dans le fromage fabriqué avec la présure de veau (O'Sullivan et al ., 2005).

En outre, dans le fromage « PDO Murcia al Vino » la protéolyse avec la présure d'agneau est supérieure à celle de la présure de veau (Ferrandini et al ., 2011). Moschopoulou (2003) a rapporté que l'augmentation de la teneur de la pepsine dans la préparation de présure augmente le taux de protéolyse du substrat.

2- Les fromages de chèvre

2-1- Définition

Le mot fromage est réservé au produit fermenté ou non, obtenu par égouttage après la coagulation du lait, du lait partiellement ou totalement écrémé, ou de leur mélange, ainsi qu'au produit obtenu par concentration partielle du lactosérum ou du babeurre, à l'exclusion, dans tous les cas, de l'addition de matière grasse étrangère au lait (FAO, 2002).

2-2- Les Fromages de chèvre

En fonction de la durée d'affinage, la consistance des fromages de chèvre évolue : frais, demi-sec, sec. Par contre, leur saveur caprine, plus ou moins prononcée en fonction de la durée d'affinage rappelle leur appartenance à la famille des chèvres (Levassort, 2010). Par exemple : Chabichou, Chevrotin, Picodon, Valençay, Feta.

2-2-1- L'aptitude du lait de chèvre à la coagulation

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

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

Selon **Lenoir et al. (1994)**, les critères de contrôle pour mesurer l'aptitude d'un lait à coaguler sont :

- le temps de floculation (temps écoulé depuis l'emprésurage jusqu'à l'apparition des premiers flocons),
- la vitesse de raffermissement du gel et sa fermeté maximale,
- la vitesse et l'importance de la synérèse (phénomène de rétraction du réseau protéique avec expulsion du sérum)

Ces paramètres sont principalement influencés par quatre caractéristiques propres au lait qui sont la teneur en caséines, la concentration en calcium et en phosphate de calcium, le pH, la dimension des micelles. Interviennent, également, de façon significative, d'autres facteurs, tels que les proportions relatives des différentes caséines dans les micelles, et la nature des variants génétiques de celles-ci. (**Pougheon, 2001**).

La fabrication de fromage reste la principale forme de valorisation de lait de chèvre. L'aptitude fromagère de ce lait est sous l'influence directe de sa composition physicochimique (qualité intrinsèque) (**Colin et al , 1992**).

Une faible teneur en protéine coagulable constitue un défaut majeur entraîne la production de caillé de texture friable, avec des pertes importantes et des rendements fromagers excessivement faibles (**Grosclaude et al , 1994**).

Les travaux de **Remeuf (1993)** montrent qu'un gel présure obtenu avec des laits à faible teneur en caséine $\alpha S1$ est moins ferme ce qui confirme l'importance de la fraction $\alpha S1$ et fait de sa carence un facteur de dégradation du rendement fromager en favorisant les pertes de matière sèche dans le lactosérum.

2-2-2- Qualité sensorielle des fromages de chèvre

La qualité sensorielle, s'apprécie par les formes, les textures, les couleurs et les saveurs (**Tayssandier, 1994**). Les sept saveurs identifiées selon les fromages sont :

- Fraiche : fromage blancs ou frais
- Neutre : pâtes molles ou pressées au lait pasteurisé
- Douce : double et triple crèmes, St Nectaire chèvre peu affiné
- Marquée : Camembert, Brie
- Prononcée : Pâtes pressées affinées, croûte fleuries au lait cru.
- Forte : croûte lavée, chèvre affinés
- Très forte : Roquefort, chèvres très affinées.

2-2-3- Classification des fromages de chèvre

Le grand critère de différenciation des familles de fromage réside dans le type de caillage (**tableau n°9**) (**Corcy, 1991**)

- lactique ;

- à la présure ;
- mixte à tendance lactique ou présure plus ou moins prononcée.

La grande majorité des fromages de chèvre est obtenue par une coagulation mixte de type lactique ou « coagulation lente ». Ils entrent dans la catégorie des fromages à pâte molle et à croûte fleurie. A côté on trouve d'autres variétés, dont la coagulation est de type présure ou « coagulation rapide ».

| Type de coagulation | Fromage frais | Fromage à croûte | | Fromage à moisissure | |
|---------------------|--|----------------------|-----------------------------|---|-------------------------|
| | | <i>Séchée</i> | <i>Cendrée</i> | <i>Externe</i> | <i>Interne</i> |
| A coagulation lente | Tous fromages (aux herbes, ail, etc...) Jonchée Niortaise Trois-Comes | Banon | Selles-sur-Cher Valençay | Chabichou Charollais Couhé-Vézac Gien Lusignan Pavé de Touraine Pélardon Picodon Poulligny-St-Pierre Rogeret Saint-Maixent Sainte-Maure Vézelay | |
| | | Mâconnais | | | |
| | | Brique du Forez | | | |
| | | Cabecou | | | |
| | | Cabrien du | | | |
| | | Beaujolais | | | |
| | | Cachat | | | |
| | | Pigouille | | | |
| | | Rigottes | | | |
| | | Saint Marcelin | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | A coagulation rapide | Broccio | Saint-Félicien | |
| Brousse | Tommes de montagne | | | Chevreton | Persillés des Aravis |
| Sérac | | | | Mont d'Or | Persillés du Mont Cenis |
| | | | | | |

Tableau n°9 - La classification des fromages de chèvres (Corcy, 1991).

Selon **Paradal (2012)** la classification des fromages peut être basée sur le type de coagulation et le type de pâte (**Figure n°4**).

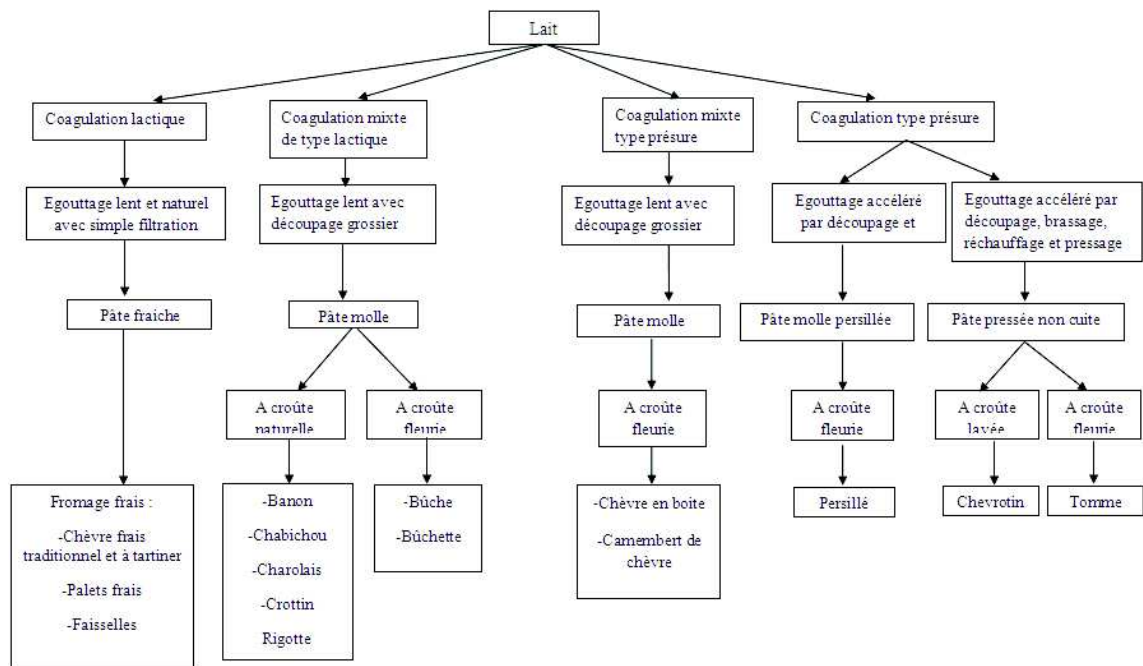


Figure n°4 - La classification des fromages de chèvre prenant en compte à la fois le type de coagulation et le type de pâte (Paradal, 2012).

2-3- La fabrication du fromage de chèvre

La fabrication du fromage de chèvre a peu évolué depuis l'Antiquité, et les grandes étapes de la fabrication sont toujours les mêmes. On a simplement du tenir compte des exigences gustatives des consommateurs et des contraintes imposées en matière d'hygiène publique (Semenuik, 2009).

Même si chaque région productrice a cherché à se démarquer des autres par l'originalité de sa production dont le fromage *Kamaria* au sud Algérien, plusieurs grandes étapes sont communes à tous les fromages de chèvre :

- La préparation du lait ;
- Le caillage ;
- Le moulage ;
- L'égouttage ;

- Le salage ;
- L'affinage.

Selon **Semenuik (2009)**, Il existe trois grands types de fromages de chèvre :

- **Frais** : leur texture est souple, non collante et leur goût est neutre ;
- **Lactiques** : leur texture est cassante, légèrement fondante, et leur goût est typé. Ce sont des fromages affinés ;
- **Présure** : leur texture est souple, fondante et onctueuse, et leur goût est peu typé. Ce sont des fromages affinés de type camembert.

Pour ces trois types de fromages, le moulage l'égouttage et le salage s'effectuent dans un ordre différent.

| Produit | Type de fromage/ âge pour l'analyse | Pays d'étude | EST | MG | Protéines | Lactose | Lactates | Cendres | Sel |
|----------------------|-------------------------------------|----------------|-----|----|-----------|---------|----------|---------|-----|
| Manchego | Frais | Espagne | 59 | 34 | 22 | - | - | 4 | 1,5 |
| Cheddar | Dur | USA | 62 | 28 | 22 | - | - | - | - |
| Colby | Caillé lavé, 6 mois | USA | 54 | 21 | 18 | - | - | - | - |
| Servilletta | Légèrement pressée | Espagne | 38 | 18 | 14 | - | - | - | - |
| Domiat | Egyptien à pâte molle, frais | USA | 38 | 15 | 12 | - | - | - | 3,0 |
| Cacioricotta | Frais, une semaine | Italie | 47 | 17 | 17 | - | - | - | - |
| Apulian Cacioricotta | Frais, doux | Italie | 36 | 17 | 14 | 2,3 | 0,02 | 1,7 | 0,3 |
| Ricotta | Fromage du lactosérum | Italie | 31 | 21 | 7 | 2,9 | - | 0,9 | - |
| Brocciu | Fromage du lactosérum doux | France | 29 | 17 | 6 | - | - | - | - |
| Vadeteja | 27 jours | Espagne | 73 | 43 | 26 | - | 1,0 | 4,5 | 2,1 |
| Feta | 21 jours | Afrique du sud | 41 | 17 | 15 | - | - | - | 4,1 |
| Mato | Frais | Espagne | 33 | 16 | 12 | - | - | 1,5 | - |
| Paneer | Frais | Inde | 53 | - | 20 | - | - | 1,9 | - |
| Rocamadour | Lactique, à pâte molle | France | 43 | 23 | - | - | - | - | 1,1 |
| Valencay | Lactique, à pâte molle | France | 40 | 20 | 16 | 1,8 | - | 2,0 | - |
| Crottin de Chavignol | Lactique, à pâte molle | France | 41 | 23 | 15 | 0,7 | - | 2,6 | - |
| Fromage frais | 15 jours | Espagne | 44 | 22 | 16 | - | - | 2,7 | 0,8 |
| Caillé lavé | 60 jours | Espagne | 55 | 30 | 20 | - | - | 3,7 | 1,3 |
| Majorero | 90 jours | Espagne | 61 | 32 | 22 | - | - | 4,5 | 2,8 |

Tableau n°10 - Composition brut de certains fromages de lait de chèvre (%) (Raynal-Ljutovac et al., 2008).

3- Le rendement fromager

Le rendement fromager du lait dépend essentiellement de deux facteurs : le taux de matière utile de lait et le type de fromage produit. On arrive en moyenne aux rendements suivants :

| Fromage | Teneur en eau | Rdt fromager moyen (kg de fromage par 100 kg de l) |
|------------------------|---------------|--|
| Très frais | Plus de 80% | 18 kg et plus |
| Frais | 62% | 14,5-15 kg |
| Demi sec | 58% | 12,5 kg |
| Affiné | 55% | 11-12 kg |
| Sec | 50% | 10,5 kg |
| Pâte pressée non cuite | 52% | 8,5-10 kg |

Tableau n°11 - les rendements fromagers de quelques types de fromage.

(D'après Le Jaouen, 1982).

4- Les fromages traditionnels en Algérie

En Algérie, le lait de chèvre est rarement valorisé en tant que tel, soit il est simplement autoconsommé, soit il est mélangé à d'autres laits destinés à la transformation fromagère. Il ne manque pourtant pas d'atouts, les recherches en cours commencent à mettre en évidence ses propriétés diététiques (forte teneur en caséine β , hypoallergénicité). Mais le marché des fromages, et plus encore celui du lait frais, sont souvent très restreints, voire inexistant.

L'effort essentiel d'une démarche de développement du secteur caprin laitier doit donc est celui de la conquête de marchés, nouveaux ou embryonnaires.

En Algérie, les fromages traditionnels sont peu nombreux, non entièrement recensés mais aussi peu étudiés, environ dix types de fromages sont connus dans les différents régions du pays (**Aissaoui Zitoun et al ., 2011**) parmi ces fromages on rencontre la *Kamaria* et *Aoules* dans la région du sud, *Bouhezza*, *Mechouna* et *Madeghissa* dans la région de chaouia, *Ighounanes* dans la région de kabylie.

4-1- Bouhezza

Ce type de fromage est répondu dans le territoire de l'Aurès. Il est fabriqué à partir de lait de chèvre, de vache ou de brebis baratté et écrémé (Lben) (**Touati, 1990 et Hallal, 2001**). Le salage, l'égouttage et l'affinage sont réalisés simultanément dans une outre perméable (*Chekoua*) avec incorporation de poudre du piment rouge. La fabrication de *Bouhezza* dure plusieurs semaines à plusieurs mois, il a un goût acidulé fort caractérisé au fromage (**Zaidi, 2002**).

4-2- Djben

Est un fromage traditionnel frais obtenu par coagulation enzymatique (présure extraite à partir de la caillette de veau). Le lait destiné à la fabrication est chauffé, une fois tiède, un fragment de la caillette bovine est macéré dans le lait. Après coagulation du lait et égouttage, le caillé ainsi obtenu est salé ou additionné à des épices ou de plantes aromatiques.

4-3- Klila

La *klila* est préparé à partir de lben chauffé sur feu doux pendant 12 minutes environ pour favoriser la séparation du caillé et du lactosérum et favorisé le processus d'égouttage. Le lait caillé est égoutté dans un tissu fin. La *klila* peut être consommée à l'état frais ou additionnée à certains plats traditionnels après avoir été coupé en petits cubes et séchés au soleil.

4-4- Ighounane

Fromage fabriqué en Kabylie à partir de colostrum, la fabrication d'*Ighounane* se fait dans des ustensiles en terre cuite enduit d'huile d'olive dans lesquelles sera versée une petite quantité d'eau salée, puis le lait sera chauffé et coagulé, le caillé formé sera découpé et prêt à être consommé

4-5- Labaa

La matière première est le colostrum, parfois il est mélangé avec des œufs, il est salé puis bouillit pendant 15 minutes. Le produit obtenu est appelé *Labaa* (Lemouchi, 2007).

4-6- Méchouna

Il fabriqué à partir de lait cru qui est chauffé jusqu'à ébullition. Ensuite on ajoute de lait fermenté « lben » ou « rayeb » et du sel. En utilisant une gaze, le mélange est laissé égoutter. Il est consommé frais ou avec la galette (Lemouchi, 2007).

4-7- Madghissa

Le fromage est connu dans la zone de Chaouia. Il est fabriqué avec klila fraîche après salage et incorporation de lait frais. L'ensemble est porté à l'ébullition jusqu'à séparation de caillé et lactosérum. Le fromage ainsi préparé est une pâte jaune salée et élastique appelée *Madghissa* (Aissaoui Zitoun, 2003).

4-8- Aoules

Il est fabriqué à partir du lait de chèvre qui est extrêmement aigre. Après une coagulation intense, le fromage obtenu a une pâte dure. L'égouttage se fait dans une paille, ensuite, il est reformé sous forme des boules plates séchées au soleil, il peut être consommé en mélange avec les dattes. (Abdelaziz et Ait Kaci, 1992).

4-9- Takammart

Littéralement « Fromage », en langue Tamahaq (Touaregs), la « Takammart » est un fromage de la région désertique du Hoggar (Tamanrasset).

D'après Hallal (2001), c'est un fromage de Hoggar, il est fabriqué par introduction d'un bout de caillette de jeunes chevreaux dans le lait, après quelques heures, le caillé est retiré à l'aide d'une louche et déposé en petit tas sur une natte et sera ensuite pétri pour évacuer le sérum puis déposé sur une autre natte faite de tige de fenouil sauvage qui lui donne l'arôme. Les nattes sont ensuite placées à l'ombre jusqu'à durcissement de fromage. Le fromage peut subir un affinage pendant un mois.

5- Takammèrite ou Kamaria

Fromage traditionnel à base de lait de chèvre, la « Kamaria » ou « Takammarit » est fabriqué par les femmes selon des procédés traditionnels dans les régions du sud algérien notamment dans les wilayates de Ghardaïa et Naama. La Kamaria est un fromage utilisé à des fins festives et souvent servie avec du thé. A cause de la forte demande en ce produit, il est de plus en plus produit par des PME selon des processus semi industriels pour être commercialisé aussi bien sur les marchés traditionnels qu'au niveau de certaine grande surface du nord du pays (Ouada, 2010).

La fabrication de *Takammèrite* est basée sur la succession des étapes suivantes :

- Salage du lait ;
- La coagulation enzymatique du lait ;
- Brassage, égouttage du caillé et mise en forme.
 - Salage avec le sel de table et/ou alun

Le salage de la *Takammèrite* est réalisé avec le sel de table (NaCl) et/ou l'alun ($(KAl(SO_4)_2 \cdot 12(H_2O))$). Ces deux sels sont utilisés en masse avec des quantités très variables d'une famille à une autre. L'alun est un liant d'origine minérale ayant la propriété d'agglomérer des particules entre elles, soit par des particules d'adhésivité soit par réactions chimiques.

- Coagulation

Le lait est utilisé à une température de 37°C (température de sortie du pis). La coagulation est faite par voie enzymatique d'origine animale, végétale ou même microbienne.

Les différents agents coagulant utilisés sont : la caillette de chevreau, la cuticule de gésier de poulet, la fleur de cardon ou l'enzyme de commerce.

Selon une enquête réalisée par **Bousnane et Djadi (2009)** sur la caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Takammèrite » de la région de Ghardaïa, la proportion de l'utilisation des agents coagulants dans la fabrication de Takammèrite est comme suit :

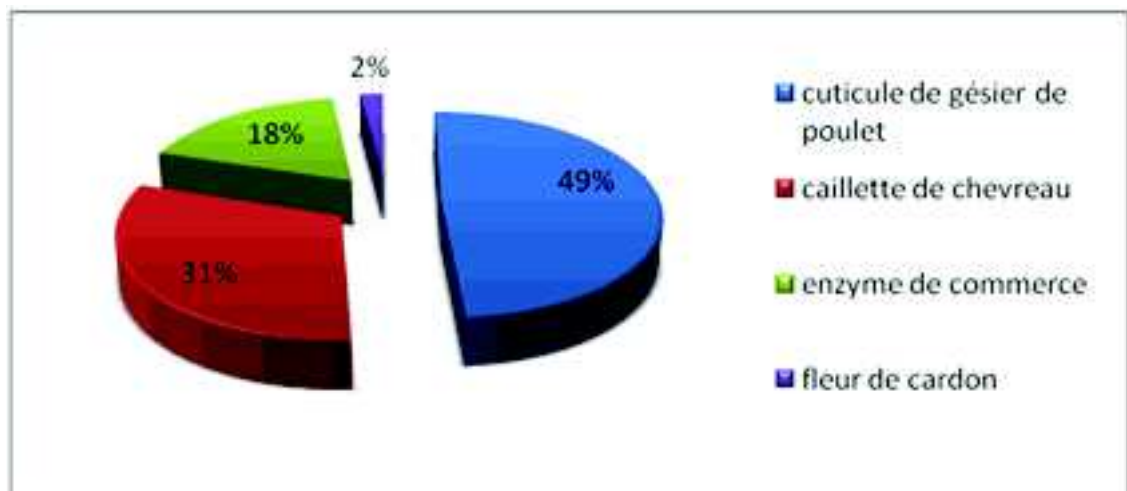


Figure n°5 - proportion d'utilisation des agents coagulants par les différentes familles de la région de Ghardaïa.

Le temps de coagulation est apprécié à vue d'œil, il varie selon les différentes famille de 15 à 60 minutes.

a- La préparation de la caillette de chevreau

La caillette de chevreau non sevré est récupéré puis remplie de lait. Le sel est ajouté pour éviter sa putréfaction, l'ensemble est mis à l'air libre jusqu'à séchage. La caillette ainsi séché pèse 350 à 400g.

b- La préparation de la cuticule de gésier

Le gésier de poulet est récupéré, vider de son alimentation et rincer avec de l'eau. La mince enveloppe qui tapisse la face interne du gésier « cuticule » est récupérée, nettoyée puis séchée à l'air libre et broyée.

Au cours de la fabrication de fromage, l'agent coagulant est placé dans un tissu perméable pour qu'on puisse l'enlever après la coagulation du lait.

c- Préparation traditionnelle de la fleur de cardon

Une fleur de cardon est séchée, puis sa partie supérieure est utilisée comme agent coagulant.

- Egouttage et mise en forme

Après coagulation, l'égouttage est réalisé à travers une gaze. Le brassage peut être effectué ou non, selon deux méthodes :

- Le brassage du coagulum favorise l'exsudation de la majorité du lactosérum, en suite le caillé est versé directement dans la gaze pour compléter l'égouttage en faisant quelques secousses pendant de 15 à 45 min.
- Lorsque le brassage n'est pas réalisé, il est remplacé par un pressage par son propre poids jusqu'à l'exsudation presque de totalité du lactosérum à travers la gaze, le temps d'égouttage est très variable, il est d'une heure à 24 heures.

Certaines familles complètent l'égouttage par le sable déposant la Kamaria recouverte dans une gaze sur le sable.

5-1- Mode de consommation de Takammèrite

Le fromage est consommé directement avec le thé surtout dans les invitations spéciales et les occasions religieuses (Mouloud, Ramadhan). A l'antiquité, certaines familles recouvrent le fromage avec une plante qui s'appelle « Guezzah » pour lui donner son odeur et son arôme caractéristique.

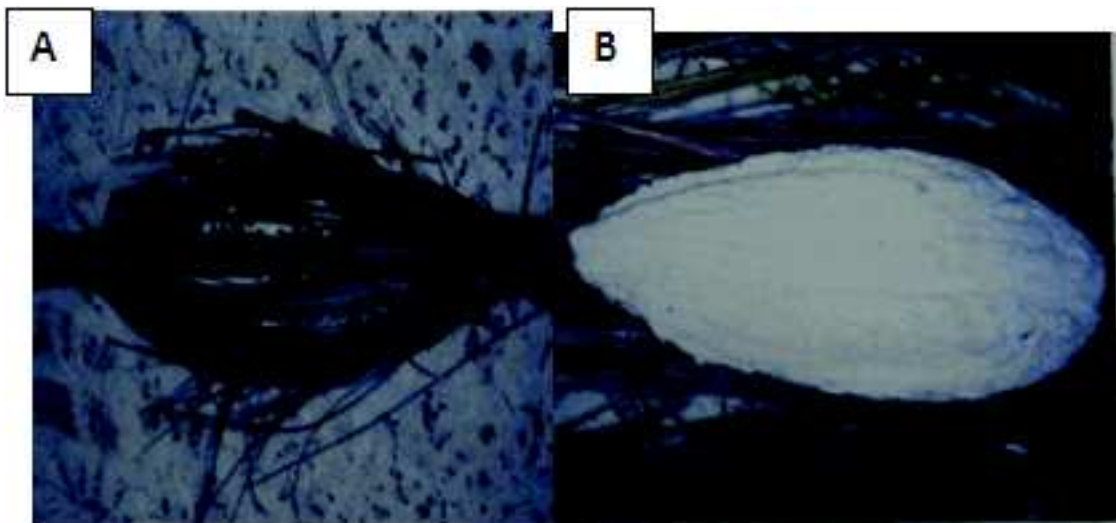


Figure n°6 - Takammèrite recouverte par une plante locale le Guezzah (A) puis récupéré (B).

PARTIE II - MATERIEL ET METHODES

Chapitre I - Méthodologie du travail

1- Cadre géographique de la Wilaya de Ghardaïa

La région de M'Zab se retrouve dans la partie centrale du Nord du Sahara septentrional dans le Plateau de la Hamada. Elle commence au Djebel Mazedj au Sud-est de Laghouat, s'étend du Nord-est au Sud-est et fini au Nord de N'goussa, dans l'aghalick d'Ouargla ; de l'Ouest à l'Est, elle est comprise entre oued Metlili et oued Zeguirir.

Cette région de vallées enchevêtrées comme des fils de tissage fait songer à une mer tout à coup pétrifiée, de là le nom caractéristique de « Chebka ». La région de M'Zab se situe à 600 km au sud d'Alger, ses coordonnées sont 3°29' et 4°17' Est et 32° 21'et 32°36'Nord. Son altitude moyenne est de 560 mètres.

La région de Ghardaïa couvre une superficie de 2.025 km². Elle est limitée au Nord par la Wilaya de Laghouat, à l'Est par Ouargla, bordée par Tamanrasset au sud et à l'Ouest par El-Bayadh. (Figure n°7).

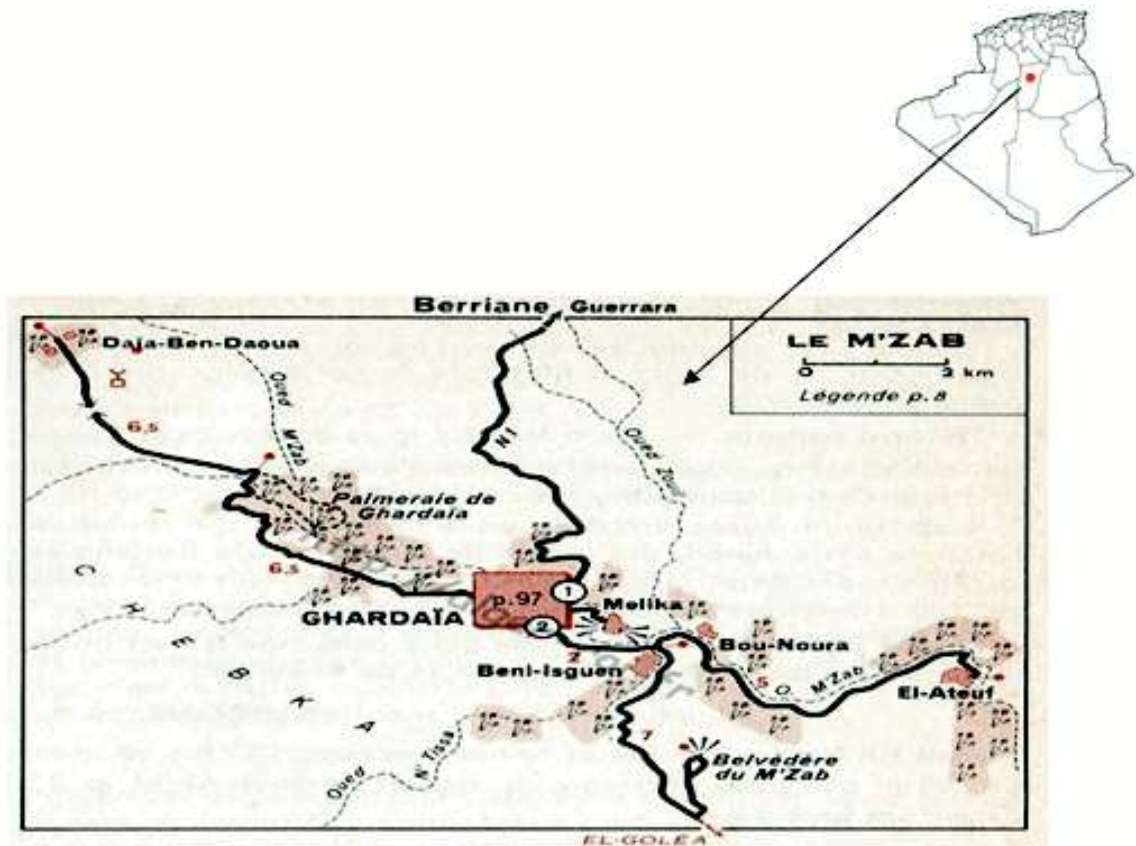


Figure n°7 - Carte de la région de M'Zab (OPVM, 2010).

2- Présentation de la ferme d'étude

Notre travail a commencé par une enquête. Dans cette enquête nous avons fait une analyse globale de l'exploitation qui a porté essentiellement sur :

- La structure de l'exploitation ;
- Les caractéristiques de cheptel ;
- Les surfaces végétales ;
- Le rationnement des animaux ;
- La production laitière.

2-1- Localisation

La palmeraie d'El Atteuf se situe en aval d'Oued M' Zab ($32^{\circ}27' 15''$ N., $3^{\circ}43' 44''$ E.). C'est une exploitation privée de Mr. OULAD HADJOU dont la date de sa fondation remonte à 1990. Sa superficie est de 9 hectares.

2-2- Bâtiments et infrastructures

L'exploitation JAWA, notamment la station des ruminants (site d'accueil du présent travail) comprend : une étable à vaches laitières d'une capacité de 68 têtes, d'un bâtiment pour les génisses d'élevage à raison de 38 têtes, d'une nourricière comprenant 06 veaux et une étable à chèvres d'une capacité de 150 têtes.

L'exploitation dispose également de deux salles de traite l'une automatique pour les vaches et l'autre semi automatique pour les chèvres, d'une salle de collecte et d'une fromagerie à petite échelle pour la fabrication de fromage type **Kamaria** (Takammèrite).

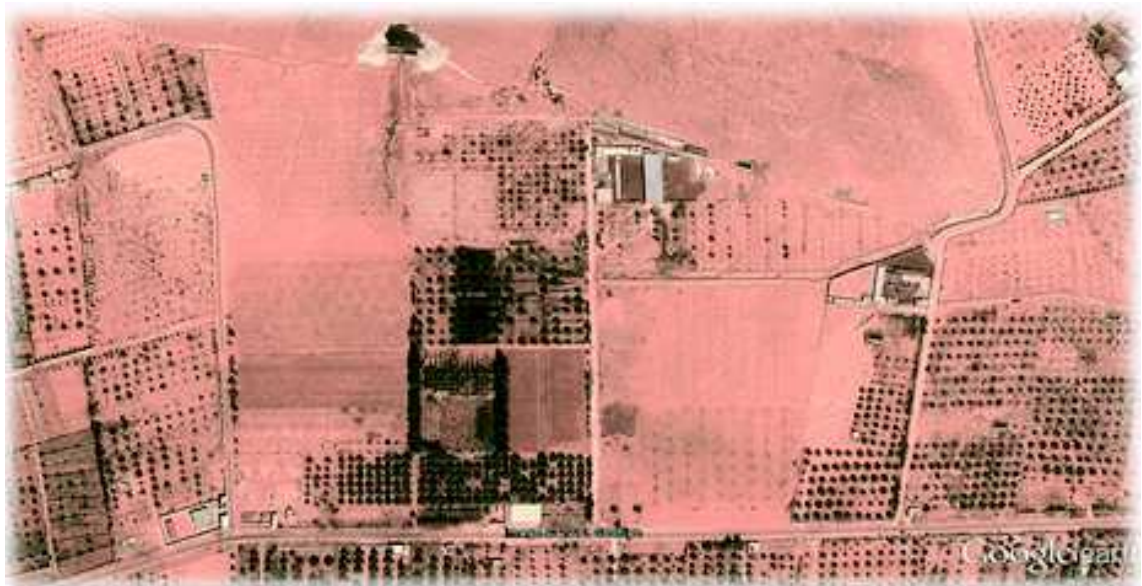


Figure n° 8 - Vue satellite de la ferme JAWA (Google earth, 2013).

2-3- Caractéristiques des troupeaux

2-3-1- Caprins

Le cheptel caprin est constitué de 150 chèvres laitières âgées de 8 ans. Elles sont au même stade de lactation provenant des races différentes : **Saanen**, **Alpine** et **Race locale**, s'ajoute des produits de croisement (Alpine-Race locale et Alpine-Saanen).

- *Quantité de lait produite* : 80 Litres/jour au minimum (fin de cycle)
- } 2,5 litres/jour/chèvre

Figure n° 9 – Élevage caprin au niveau de la ferme JAWA



Figure n° 9 – Élevage caprin au niveau de la ferme JAWA

2-3-2- Bovins

- Effectifs

- Génisses : 38 têtes
- Veaux : 6 têtes

- *Quantité de lait produite* { 900 litres /jour
- } Entre 18-20 litres/jour/vache au minimum et le pic atteint
- } 35 Litres/jour/vache

- Races

Le cheptel bovin est constitué de 04 races différentes notamment Pie Noire, Pie Rouge, Simmental, Montbéliard. Ainsi des croisements ont été faits pour donner de nouvelles races (Flekvi-Pie Rouge, Pie Rouge- Pie Noire)



Figure n°10 - Élevage bovin au niveau de la station JAWA.

2-3-3- Apiculture

Reste sous essayé et utilisé pour les coopératifs privés



Figure n°11 - Apiculture au niveau de la station JAWA.

2-4- Surfaces végétales

La culture qui domine est celle de palmier dattier *Phoenix dactylifera*, au dessous de laquelle s'installe un ensemble des cultures sous-jacentes. Parmi les arbres fruitiers qui sont cultivés dans la station on trouve le pêcher *Prunus persica*, le poirier *Pyrus communis* L. L'oranger *Citrus sinensis* et le citronnier *Citrus limon* dominant l'ensemble des cultures fruitières.

On trouve aussi des cultures maraichères telles que l'aubergine, la tomate, la courge, le poivron et parfois la pastèque. Sur des parcelles bien entourées par une ceinture des brise-vent s'installe la culture de luzerne à destination fourragère. On trouve aussi le sorgho et le ray-grass.



Figure n°12 - Culture de la luzerne au niveau de la station.

3- Conduite de l'étude

3-1- Objectifs de l'étude

L'étude au niveau de la ferme JAWA sur des chèvres laitières a pour objectifs :

- Évaluer l'impact des paramètres de production (race et stade de lactation) sur la qualité du lait de chèvre ;
- Déterminer l'aptitude du lait caprin à la coagulation en fonction des différents paramètres (race et stade de lactation) et au type de coagulant (présure et succédané de présure d'origine caprine) ;
- Fabrication d'un fromage traditionnel « **type Kamaria** » en utilisant la présure et un succédané de présure d'origine caprine pour les différents échantillons du lait de chèvre.

3-2- Conditions expérimentales

3-2-1- Matériel animal

Un cheptel constitué de 50 chèvres laitières de différentes races (Alpine, Saanen et Locale) a été choisi 03 semaines après leur mise-bas (début de lactation) et réparti en trois lots (chaque lot est constitué de chèvres laitières de la même race) recevant le même type d'aliment durant toute la période expérimentale.

| Race | Stade de lactation | N° de lactation | Age (an) | Poids (kg) |
|--------|--------------------|-----------------|----------|------------|
| Alpine | Début | 4 | 8 | 70 à 75 |
| Saanen | Début | 4 | 8 | 70 à 75 |
| Locale | Début | 4 | 8 | 60 |

Tableau n° 12 - Caractéristiques du cheptel utilisé durant la période expérimentale.

3-2-2- Mode d'alimentation et d'abreuvement du cheptel

Les trois lots de chèvre ont reçu une même ration pendant toute la période expérimentale à base de paille à raison de 1 kg/jour/chèvre, complémentée par un mélange des concentrés (Tourteaux de Soja, Mais et Son) à raison de 800g/jour /chèvre.

L'abreuvement du cheptel est conduit au moyen de bassins collectifs permettant une distribution d'eau propre à volonté.

| Constituants | Quantité |
|---------------------------|--------------------------|
| Paille | 1kg/jour/chèvre |
| Concentré | 800g/ jour/chèvre |
| Mais | 300 g/ jour/chèvre |
| Son | 300 g/ jour/chèvre |
| Soja | 200 g/ jour/chèvre |
| Complément minéral | |
| C.M.V | 1% de concentré |
| Pierre à lécher | / |
| Sel | 1% de concentré |

Tableau n°13 - Formules des aliments donnés au cours de l'essai.

3-3- Suivi de l'évolution de la production laitière

En premier lieu, le travail va comporter le suivi de la production laitière globale journalière des trois races ainsi que pour chaque stade de lactation (début, mi et fin de lactation).

Des contraintes liées à la pratique d'élevage n'ont pas permis de quantifier la production laitière par chèvre. Toutefois nous nous sommes basés sur la production journalière par lot pour calculer une moyenne de la production journalière par chèvre.

3-4- Prélèvement et analyses physicochimiques des échantillons

Les prélèvements ont été réalisés sur des laits de mélange, à la traite de soir, de chacune des races (Alpine, Saanen et Locale) et pour chaque stade de lactation (début, mi et fin lactation).

Après lavage des mamelles, nous avons traité les chèvres de chaque race, les échantillons ont été recueillis dans des flacons propres d'une capacité de 250 ml et conservés à 4°C. Ils ont été étiquetés pour assurer leur identification (date de prélèvement, race) et acheminés au laboratoire pour subir une série d'analyses.

3-5- Méthodes analytiques

Sur chacun des échantillons des laits, on réalise des analyses physicochimiques.

3-5-1- Dosage des protéines et des caséines du lait

La composition des matières azotées est obtenue après mesure des teneurs en azote totale (Nt), en azote soluble à pH 4,6 (NST) et en azote soluble dans le TCA 12% ou azote non protéique (NNP) par la méthode de Kjeldahl (AFNOR 1986, norme NF V04-211)(annexe n°1).

Après le dosage de ces différentes fractions azotées, on peut calculer les composants suivants :

- Taux de matières azotées totales (MAT) = $NT \times 6,38$;
- Taux protéique (TP) = $(NT - NNP) \times 6,38$;
- Taux de caséines (C) = $(NT - NST) \times 6,38$;
- Taux de protéines solubles (PS) = $(NST - NNP) \times 6,38$;
- Taux d'azote non protéique (NNP) = $NNP \times 6,38$.

3-5-2- Extrait sec total, extrait sec dégraissé et teneur en eau

L'extrait sec total a été déterminé par dessiccation à l'étuve à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (**annexe n°1**) ; alors que l'extrait sec dégraissé représente la différence entre l'extrait sec total de l'échantillon et sa teneur en matière grasse :

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

Alors que la teneur en eau est égale à : $\text{H}\% = 100 - \text{EST}$

3-5-3- pH initial

Le pH et l'acidité sont des indicateurs de la qualité hygiénique et bactériologique de lait. Il est basé sur la lecture directe du pH indiqué sur l'écran en introduisant l'électrode d'un pH-mètre (étalonné avec des solutions tampon) dans un bécher contenant le lait qui doit avoir une température de 20°C .

3-5-4- Détermination de l'acidité titrable du lait

Basé sur la réaction de neutralisation de l'acidité lactique par la **soude Dornic (NaOH N/9)** en présence d'un indicateur coloré qui est la **phénolphtaléine** (virage entre 8,3 à 8,6).

L'acidité est donnée par la lecture directe de la chute de la beurette, elle est exprimée en degré Dornic ($^\circ\text{D}$) avec 0,1ml de NaOH correspond à 1°D .

3-5-5- Densité

La densité du lait se définit comme étant le quotient de la masse d'un volume de lait sur le même volume d'eau. La mesure de la densité du lait s'obtient par lecture directe à l'aide d'un appareil appelé « lactodensimètre ».

3-5-6- Teneur en matière grasse et en acide gras du lait

Le dosage de la matière grasse s'effectuera selon la méthode conventionnelle de **Gerber (AFNOR 1986, norme NF-V04-210)**. Cette méthode est basée la dissolution des éléments du produit à doser exceptée la matière grasse et ceci par l'acide sulfurique. Par la suite, cette matière grasse va se séparer en couche claire sous l'influence de force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une faible quantité d'alcool iso-amylque.

L'application de cette méthode sur un lait à une température de 20°C donne une teneur en matière grasse exprimée en g/l.

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

3-5-7- Étude des acides gras de la matière grasse du lait

L'analyse qualitative et quantitative des acides gras permet l'identification de la matière grasse.

3-5-7-1- Extraction de la matière grasse

L'obtention de la matière grasse est réalisée par l'extraction éthéroammoniacale selon la méthode de Röse-Gottlieb rapportée par **Fanny et Novak (1993) (annexe n°1)**

3-5-7-2- 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 n°1)**

3-5-7-3- 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. pour cela on a utilisé le chromatographe de type Chrompack CP 9002 dans les conditions opératoires suivantes :

- Gaz vecteur : N₂ ;
- Colonne capillaire type : DB23 (50% Cyanopropyl) ;
- Température de l'injecteur : 250⁰ C ;
- Température de détecteur : 280⁰ C.

3-6- Analyses microbiologiques du lait de chèvre

Les analyses microbiologiques des échantillons des laits ont été réalisées dans des conditions aseptiques au niveau de laboratoire de microbiologie de l'ENSA. Les germes recherchés dans le lait de chèvre cru sont ceux dictés par le Journal Officiel de la République Algérienne (**J.O.R.A.) n°37 du 27 Mai 1998. (Annexe n°4).**

Chapitre II - Obtention et caractérisation de l'extrait enzymatique brut

1- Matériel biologique utilisé

La matière première utilisée dans cette étude, pour l'extraction consiste en des caillettes de chevreaux à l'état frais, fournis par l'abattoir d'El-Atteuf de la wilaya de Ghardaïa durant la saison hivernal (Janvier 2013).

Les caillettes transportées immédiatement après abatage sont lavées à l'eau et débarrassées de leurs graisses, congelées pendant 24 heures, à une température de -18°C. Elles sont broyées par la suite à l'aide d'un hachoir. Le broyat obtenu est conditionné

dans des boites en plastique et conservé à une température de -18°C pour une utilisation ultérieure.

La décongélation est progressive, pour éviter les chocs.

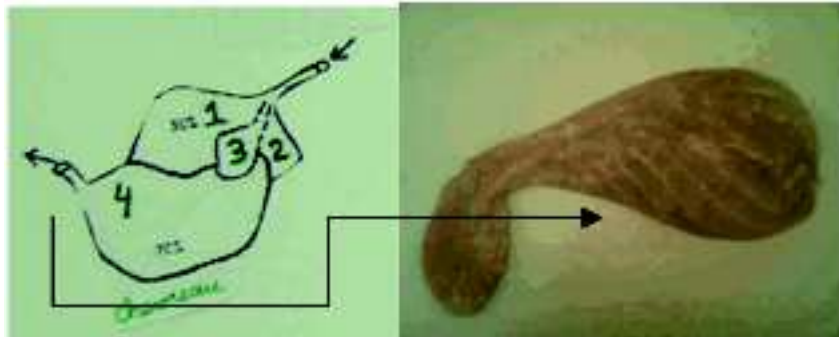


Figure n°13 - caillette de chevreau .

2- Obtention de l'extrait enzymatique brut (EEB)

Après décongélation du broyat des caillettes, ce dernier est soumis à une macération dans une solution de HCl d'une concentration de 0,2 moles à une température ambiante. Après cette période d'incubation, l'homogénat macéré est filtré à travers un entonnoir contenant de la gaze. La solution obtenue après filtration est centrifugée pendant une période de 20 min à 10.000 trs /min à 4°C .

Le surnageant récupéré est filtré à travers un papier filtre plissé. Ensuite le pH du filtrat est ajusté à 5 par l'ajout de la soude (NaOH). Enfin, l'extrait enzymatique est conservé à une température de -18°C dans des flacons en verre. Les principales étapes sont résumées dans l'**annexe n°2**.

3- Caractérisation de l'extrait enzymatique brut

La caractérisation de l'extrait enzymatique consiste en la détermination de son activité coagulante et protéolytique et sa teneur en protéine (par la méthode de **LOWRY et al** , **1951**).

3-1- Mesure de l'activité coagulante de l'extrait enzymatique brut

L'activité coagulante de l'extrait enzymatique brut (EEB) est déterminée selon la méthode **SOXHLET** cité par **Tsouli (1979)**. Cette activité exprimée en force coagulante correspond au volume du lait coagulé par unité de volume de l'extrait enzymatique, en 40 minutes, à 35°C et à $\text{pH} = 6,4$.

La formule de calcul de la force coagulante est la suivante :

Où :

F : force coagulante ;

V : volume du lait à coaguler (10ml) ;

T : temps de coagulation du lait en secondes ;

v : volume de l'extrait enzymatique (1ml) ;

Le nombre '2400' représente le temps standard du test (40 minutes) en secondes.

Remarque : le lait utilisé pour déterminer la force coagulante correspond au substrat de **Berridge**.

3-2- La mesure du temps de coagulation

La mesure du temps de coagulation du lait se fera selon la méthode de Berridge rapportée par **Collin et al . (1977)**, dont le principe est fondé sur l'ajout de 1ml de la solution enzymatique à 10ml du substrat de Berridge incubé à 35°C.

L'intervalle de temps compris entre l'addition de la solution enzymatique et l'apparition des premiers flocons relevés visuellement sur les parois internes du tube à essai, est définie comme étant le temps de coagulation.

3-3- Dosage des protéines totales de l'extrait enzymatique brut(EEB)

Le dosage des protéines totales de l'extrait enzymatique est effectué par la méthode **LOWRY (1951)**. C'est une méthode colorimétrique par référence à une courbe étalon établie à partir d'une solution standard de sérum albumine bovine (BSA). Son principe se base sur la coloration bleue développée par les protéines suite à la réaction entre le réactif de Folin et les acides aminés notamment la tyrosine et le tryptophane.

L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration protéique contenue dans l'extrait enzymatique. La densité optique est mesurée au spectrophotomètre à 750 nm.

La réalisation de la courbe étalon BSA ainsi que la méthode **LOWRY** sont expliqués dans l'**annexe n°2**.

3-4- Mesure de l'activité protéolytique

L'activité protéolytique est déterminée selon la méthode de **Green et Stackpool (1975) (annexe n°2)**, elle permet d'évaluer le taux de dégradation du substrat (caséine) pendant la réaction primaire. Elle est déterminée par la mesure de la concentration en produits d'hydrolyse de la caséine, soluble dans l'acide trichloracétique (TCA) à 12%.

Une centrifugation permet de séparer le précipité de caséine et le produit d'hydrolyse. Le dosage des peptides est effectué sur le surnageant selon la méthode de **LOWRY et al. (1951)**.

3-5- Caractéristiques de l'extrait enzymatique

La caractérisation de l'extrait enzymatique passe par la détermination des conditions optimales de l'activité coagulante, cette dernière est susceptible d'être modifiée par plusieurs facteurs en particulier le pH, la concentration en CaCl₂ et la température.

3-5-1- Influence de la température

La détermination de la température optimale d'action de l'enzyme se fait par observation du temps le plus court de coagulation du lait en variant les températures de 30°C à 75°C par palier de 5°C.

3-5-2- Influence de la concentration en CaCl₂

La détermination de la concentration maximale en CaCl_2 de l'action de l'enzyme, se fait par observation du temps de coagulation du lait le plus court en variant les concentrations en CaCl_2 de 0,01M à 0,1M par palier de 0,01M.

3-5-3- Influence de la concentration en enzyme

La détermination de la concentration optimale en enzyme se fait par observation du temps de coagulation du lait le plus court en variant les concentrations en enzyme de 0,3 à 1,53mg/ml par palier de 0,2 mg/ml.

3-5-4- Influence du pH

La détermination du pH optimum d'activité de l'extrait enzymatique se fait en mesurant le temps de coagulation en faisant varier le pH du lait de 5,2 à 7,2 par palier de 0,2.

Chapitre III - Essai de fabrication d'un fromage frais type Kamaria

1- La fabrication du fromage de Kamaria

1-1- Prélèvement et transport des échantillons

Le prélèvement des échantillons des laits a été effectué juste après la traite du soir (16h) ; une quantité de lait (3 litres) a été prélevée pour chaque race et introduit dans des glacières propres.

1-2- Étapes de fabrication du fromage

Plusieurs essais de fabrication de fromage ont été réalisés tout en utilisant l'extrait enzymatique brut obtenu à partir de la caillette de chevreau comparé à la présure commerciale.

Le diagramme appliqué pour l'essai de la fabrication du fromage est le diagramme traditionnel adopté par les différentes familles (**Figure n°14**), que nous avons ramené à l'échelle du laboratoire.

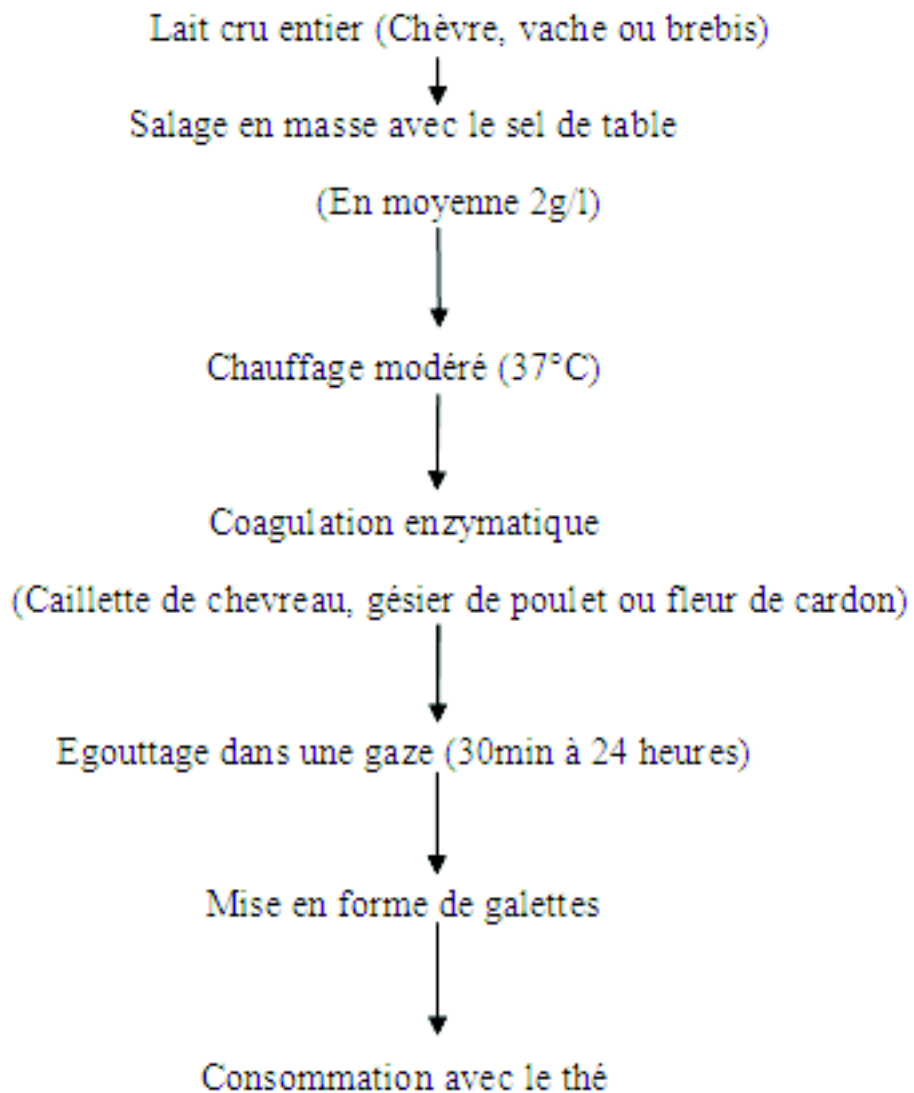


Figure n°14 - Diagramme de fabrication du fromage de chèvre type « Kamaria ».

- La *Takammèrite* est un fromage fabriqué originellement au lait cru et entier de chèvre (aussi de vache et de brebis).
- Le salage est réalisé ou non, il se fait en masse avec ou sans alun selon le goût. L'alun est ajouté pour donner au fromage sa fermeté caractéristique.
- La coagulation de lait est réalisée originellement par la caillette de chevreau. Des succédanées peuvent être utilisées telle que la cuticule de gésier et la fleur de cardon.
- L'égouttage est réalisé essentiellement dans une gaze avec ou sans brassage.
- Le fromage est consommé avec le thé.
- La *Takammèrite* est un fromage de courte durée de conservation au froid (5 à 7 jours).

1-2-1- Préparation du lait

Une fois arrivé au niveau du laboratoire, le lait est séparé dans des récipients en inox propres puis ramené à une température de 37°C (température de sortie de pis) dans une étuve.

1-2-2- Salage

Le salage du lait est réalisé en masse avec le sel de table (NaCl) à raison de 2g/l.

1-2-3- Emprésurage

C'est l'opération la plus importante dans la fabrication fromagère, elle correspond à l'addition d'une enzyme coagulante conduisant à une déstabilisation de l'état micellaire original de la caséine du lait (**Eck, 1997**).

Pour notre essai, deux enzymes coagulantes sont utilisées à des doses bien définies : l'enzyme commerciale utilisée est la chymosine extraite à partir de *Kluyvermyces lactis* d'une force de 1/10 000, ajoutée à raison de 3g pour 100 litres ; l'extrait enzymatique brut (EEB) utilisé est d'une force de 1/1043, il est ajouté à raison de 95 à 96 ml pour 100 litres de lait.

Les différents récipients contenant de lait ont été respectivementensemencés de la chymosine et de la pepsine caprine (EEB). Après l'emprésurage, on note le temps de prise qui correspond à l'intervalle de temps qui sépare l'emprésurage et la formation du gel.

1-2-4- Découpage

Après avoir noté le temps de prise, le caillé est découpé en petits cubes de 2 à 3 cm³ à l'aide d'un couteau appelé « tranche caillé », afin de permettre la remontée du lactosérum en surface.

1-2-5- Brassage

Le caillé ainsi découpé subi un brassage.

1-2-6- Égouttage et mise en forme

L'égouttage consiste en l'élimination de la plus grande partie du lactosérum ; elle s'est effectuée à l'aide d'une gaze pendant deux heures. Ainsi, la mise en forme est réalisée dans des moules.

2- Rendement fromager

Le rendement de la transformation du lait en fromage est la quantité de fromage obtenue à partir d'une quantité de lait (souvent 100 l ou 100 kg) (**Eck, 1997**).

Selon (**Vignola, 2010**), on évalue le rendement fromager en établissant le rapport entre la quantité de fromage obtenue et la quantité de lait utilisée, y compris celui qui entre dans la préparation du ferment. La formule mathématique est la suivante :

$$R1 = \frac{F}{L + I} \times 100\%$$

Avec :

R₁ =rendement (%) ;

F = masse de fromage obtenu (kg) ;

L= Masse du lait utilisée (kg) ;

l= masse de ferment liquide ajoutée (kg).

3- Analyses physicochimiques du fromage

3-1- Détermination du pH du fromage

L'électrode du pH-mètre a été introduit directement dans le fromage, le résultat est lu directement sur l'écran de l'appareil.

3-2- Détermination de l'acidité du fromage

Elle consiste à une neutralisation de l'acidité lactique par la soude (NaOH N/9) en présence d'un indicateur coloré qui est la phénolphtaléine.

L'acidité est donnée par la lecture directe de la chute de la burette, elle est exprimée en degré Dornic (°D) avec 0.1ml de NaOH correspond à 1°D.

3-3- Détermination de l'extrait sec total du fromage

L'extrait sec total a été déterminé par dessiccation à l'étuve à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (**annexe n°3**) ; alors que l'extrait sec dégraissé représente la différence entre l'extrait sec total de l'échantillon et sa teneur en matière grasse :

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

Alors que la teneur en eau est égale à : $\text{H}\% = 100 - \text{EST}$

3-4- Détermination de la teneur en matière grasse du fromage

La détermination de la matière grasse dans le cas du fromage se fait par la méthode de **VAN GULIK (AFNOR, 1982) (annexe n°3)**. Son principe repose sur la dissolution de la matière protéique par l'acide sulfurique et la séparation de la matière grasse par centrifugation après l'ajout de l'alcool iso amylique.

3-5- Dosage de l'azote total du fromage

Le dosage de l'azote total a été fait par la méthode de **Kjeldahl (1983)** pour le fromage (**annexe n°3**).

3-6- Détermination de la teneur en chlorure du fromage (AFNOR, 1986)

La libération des chlorures repose sur la dissolution de la matière organique du fromage par le permanganate de potassium et l'acide nitrique, ensuite un titrage argentimétrique permet de déterminer leur teneur. Le titrage se fait dans une solution d'acide nitrique en présence de thiocyanate d'ammonium 0,1 N et de fer III comme indicateur coloré. (**Annexe n°3**).

4- Analyses microbiologiques du fromage

Le prélèvement du fromage se fait à l'aide d'une spatule, nettoyé à l'alcool dans les meilleures conditions assurées par la flamme.

Les germes recherchés dans le fromage sont indiquées dans l'**annexe n°5**

5- Traitement statistique des données

Une analyse statistique va permettre d'établir les relations entre le stade de lactation, la race et les paramètres physicochimiques du lait et du fromage.

Le traitement statistique des résultats a été effectué à l'aide de deux logiciels :

Statistica 6.1 (2004) et XL-Stat version 2010. 2 .01.

Parmi les méthodes statistiques utilisées lors de l'exploitation des résultats :

5-1- ANOVA factorielle

Les analyses de variance ou analyses factorielles sont des techniques permettant de savoir si une ou plusieurs variables dépendantes (appelées aussi variables endogènes ou variables à expliquer) sont en relation avec une ou plusieurs variables dites indépendantes (ou variables exogènes ou variables explicatives) (**Ramousse et al., 1996**). L'analyse de variance est une extension du t de Student lorsqu'on a plus de deux moyennes à comparer : Étude de l'effet d'un facteur à plusieurs modalités sur une variable dépendante (**Baldacci, 2013**).

5-2- Test de corrélation

En probabilités et en statistique, étudier la **corrélation** entre deux ou plusieurs variables aléatoires ou statistiques, c'est étudier l'intensité de la liaison qui peut exister entre ces variables. La liaison recherchée est une relation affine. Dans le cas de deux variables, il s'agit de la régression linéaire. Une mesure de cette corrélation est obtenue par le calcul du coefficient **de corrélation linéaire**. Ce coefficient est égal au rapport de leur covariance et du produit non nul de leurs écarts types.

Le coefficient de corrélation est compris entre -1 et 1. La matrice de corrélation regroupe les corrélations de plusieurs variables entre elles, les coefficients indiquant l'influence que les variables ont les unes sur les autres (**Clément, 2004**).

5-3- Analyse en composante principale (ACP)

L'analyse en Composantes Principales (ACP) est considérée comme la méthode de base de l'analyse des données multidimensionnelles, lorsque toutes les variables observées sont de type numérique, et que l'on veut voir s'il y a des liens entre ces variables et entre les individus (**Bouroche et Saporta, 2002**).

A pour but de réduire le nombre de variables en perdant le moins d'information possible, c'est à dire en gardant le maximum de la variabilité totale. Pratiquement, cela revient à projeter les données des variables pour les individus sur un espace de dimension inférieure en maximisant la variabilité totale des nouvelles variables. On impose que l'espace sur lequel on projette soit orthogonal (pour ne pas avoir une vision déformée des données) (**Tilière, 2009**).

5-4- Analyse factorielle discriminante

L'analyse factorielle discriminante (AFD) est une méthode descriptive et explicative, apparentée à l'analyse en composantes principales (ACP), s'appliquant à des données quantitatives sur lesquelles est déjà définie une typologie ou partition.

Le but de la méthode, comme en ACP, est de réduire le nombre de dimensions des données, en recherchant celles suivant lesquelles les classes se séparent le mieux. Les directions factorielles discriminantes successives sont déterminées, tandis que des graphiques factoriels plans permettent ici encore de visualiser les individus ou les variables.

6- Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle a pour but d'estimer les qualités organoleptiques du fromage, elle est basée sur les appréciations de jury de dégustation. Les échantillons de fromage étaient présentés en même temps (codés par des lettres).

Le dégustateur doit se rincer la bouche en passant d'un fromage à un autre pour éliminer le goût du fromage précédent. L'analyse des résultats est faite par le test de **Kramer (1960)**.

PARTIE III - RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre I - Variation de la production laitière

1- Évaluation de la production laitière

La production de lait peut être définie mathématiquement comme la région sous la courbe de lactation, avec de nombreux facteurs affectant la forme et l'ampleur de la courbe et, par conséquent, le rendement global (**Gipson et Grossman, 1990**).

Les résultats de la production laitière des différents lots durant la période expérimentale sont donnés par la **figure n°17**.

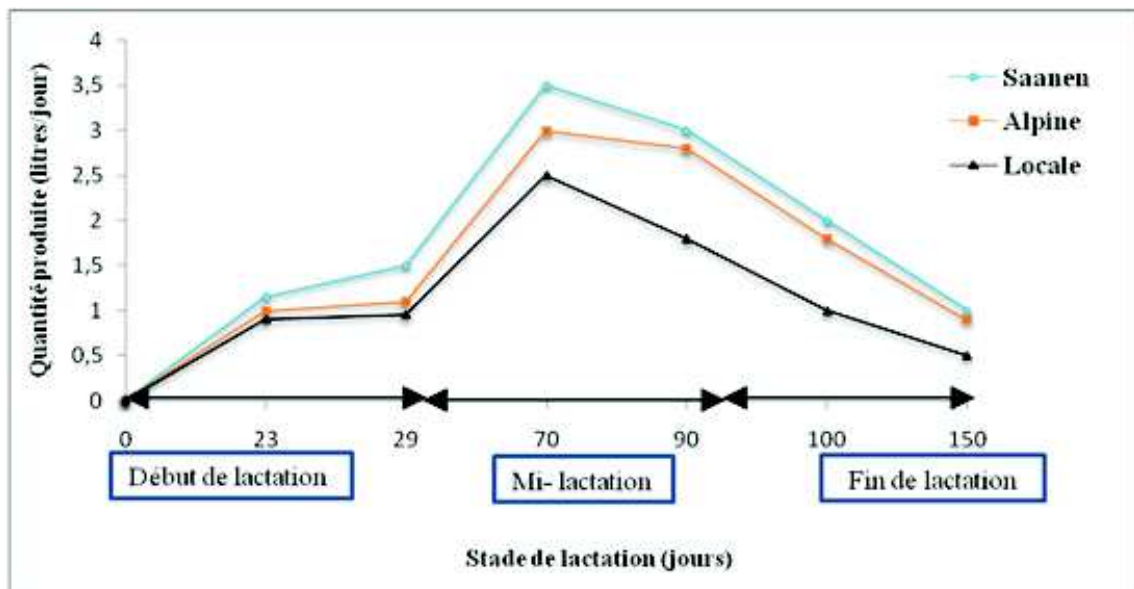


Figure n°15 - Évolution de la production laitière au cours de la période expérimentale.

La **figure n°15** représente l'évolution de la production laitière au cours de la période de lactation des trois races.

Cette figure montre qu'il existe une différence de niveau de production entre les trois races d'une part, en faveur de la race Saanen, et entre les trois stades de lactation dans une même race d'autre part, avec en moyenne (S1 : 1,38 l/j - S2 : 3,53 l/j - S3 : 1 l/j) pour la Saanen, (S1 : 1,03 l/j- S2 : 3- S3 : 0,9 l/j) pour l'Alpine et (S1 : 0,92 l/j- S2 : 2,5 l/j ; S3 : 0,5 l/j) pour la race Locale.

Comme le montre la **figure n°15**, sur l'ensemble de la période expérimentale, la race Saanen a une production en moyenne de + 0,11 l/j de lait que celle de la race Alpine et +0,47 l/j par rapport à la race locale.

L'écart a été plus important en début de lactation (+1,20 l/j et +1,32 l/j) pour la Saanen respectivement par rapport à l'Alpine et la race locale.

Cet écart a été également observé en Mi-lactation (+0,37 l/j et 0,73 l/j) pour la race Saanen par rapport aux deux autres races. En fin de lactation une production de (+0,07 l/j et +0,75l/j) pour la Saanen respectivement par rapport à l'Alpine et à la race locale.

On constate que le niveau de production laitière a été plus important chez la race Saanen pour les trois stades de lactation.

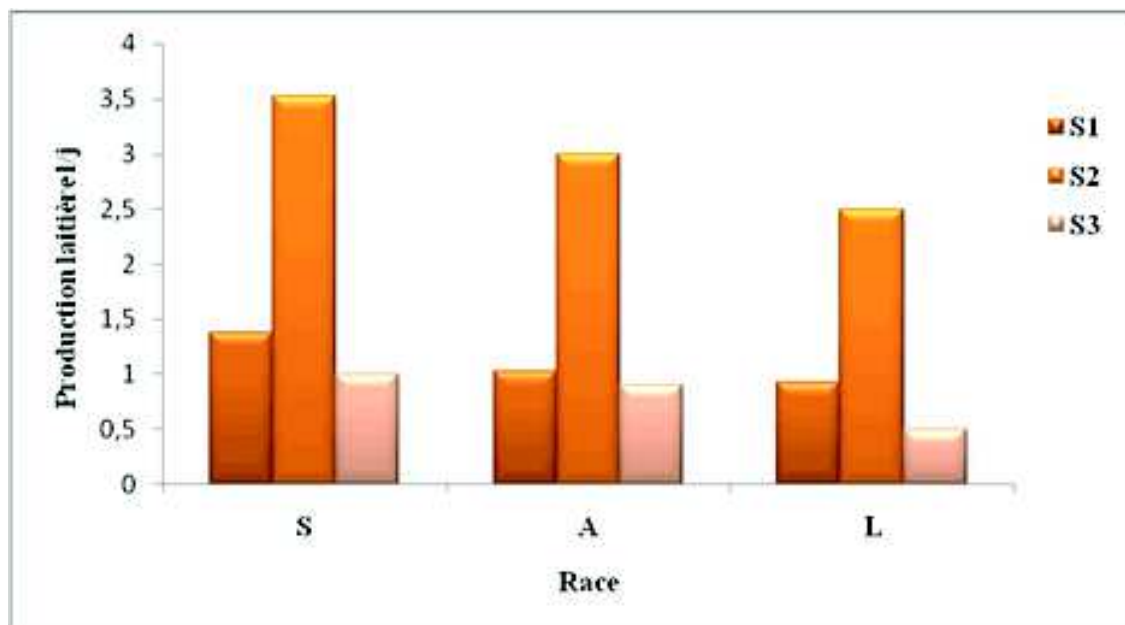


Figure n°16 - Niveau de production laitière pour chaque race (A, S et L) au cours des trois stades de lactation (S1, S2 et S3).

1-1- Effet du stade de lactation sur la production laitière

L'analyse de la variance (ANOVA à un facteur) est utilisée pour savoir s'il y a une différence au niveau de la production laitière en fonction du stade de lactation (S1, S2 et S3) toute race confondue. Les résultats sont détaillés dans le **tableau n°14**

| | Moy.S1±Ec.-type | Moy.S2±Ec.-type | Moy.S3±Ec.-type | ddl | p | Ec |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|--------|----|
| Production laitière | 1,11±0,23 | 3,01±0,46 | 0,8±0,24 | 26 | 0,0000 | |

Tableau n°14 - Résultats de l'analyse de la variance (ANOVA à un facteur) de la production laitière au cours des différents stades de lactation.

D'après le **tableau n°14**, il existe une différence très hautement significative entre les trois stades de lactations en ce qui concerne la production laitière ($p < 0,01$). En effet, la production au deuxième stade de lactation est significativement plus élevée (3,01 l/j) comparativement au premier et au troisième stade, avec respectivement 1,11 l/j et 0,8 l/j.

Nos résultats peuvent être expliqués par la capacité des chèvres à modifier leur consommation et la fréquence des repas selon leur état physiologique.

La production du lait caprin quotidienne diffère nettement entre les stades de lactation (Strzałkowska et al., 2009). Ainsi, Selon Vacca et al. (2010) et Mestawet et al. (2012), le pic de la production laitière a eu lieu au milieu de lactation, tandis que les valeurs les plus faibles ont été trouvées dans la phase de début et de fin de lactation, ce qui concorde avec nos observations.

La **figure n°17** représente tracé de moyennes des moindres carrées de production laitière en fonction de stade de lactation.

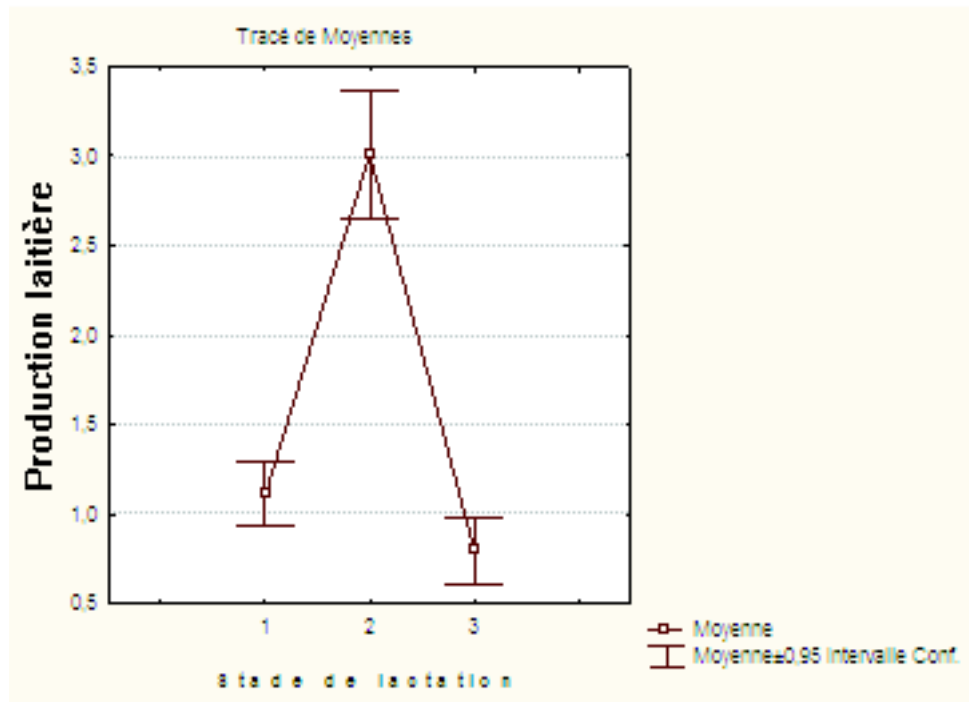


Figure n°17 - Tracé de moyennes des moindres carrées de production laitière en fonction de stade de lactation.

1-2- Effet de la race sur la production laitière

Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA à un facteur) montrent que l'influence de la race sur la production laitière est non significative ($p < 0,05$). Toutefois, des différences de production sont signalées entre les races. Les résultats sont donnés par le **tableau n°15**.

| | Moy.A±Ec.-type | Moy.S±Ec.-type | Moy.L±Ec.-type | ddl | p | Ec |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|-----|-------|----|
| Production laitière | 1,64±1,02 | 1,97±1,19 | 1,30±0,92 | 26 | 0,416 | |

Tableau n°15 - Résultats de l'analyse de la variance (ANOVA à un facteur) de la production laitière des trois races.

En conséquence, la production laitière est plus importante pour la race Saanen et l'Alpine que celle de la race locale pendant toute la période expérimentale. Cela est dû essentiellement aux facteurs génétiques qui diffèrent entre les races importées et la race locale.

En ce qui concerne les races importées, la race Saanen montre une performance laitière plus importante que celle de la race Alpine. Le même résultat a été signalé par **Boro et al.** (2008).

Katanos et al. (2005) ont étudié le rendement du lait de certaines chèvres laitières importées et certains croisements entre eux et les chèvres locales grecques. Les résultats ont montré que la production de lait par jour était plus élevée pour la Saanen et la Saanen croisée avec l'Alpine par rapport à la Saanen croisée avec la locale grecque et aux races locales grecques.

Ils ont conclu que les génotypes Saanen et Alpine ont eu un rendement supérieur du lait. Ceci est familier avec les résultats obtenus dans cette étude. La même tendance a été observée par **pambu et al . (2011)** en étudiant la production laitière de quatre races de chèvre (indigènes, Alpine, Toggenburg et Saanen).

Il faut également signaler que les performances réalisées par les races importées sont largement inférieures à celles réalisées par ces mêmes races dans leurs pays d'origine. Ce même résultat a été trouvé par **Jalouali (2000)** et **Najari et al . (2000)** en Tunisie.

La faiblesse de la production laitière de la chèvre locale est liée en partie à l'environnement génétique des animaux (**Najari, 2005**).

Indépendamment des facteurs génétiques, selon **Gaddour et al . (2008)**, l'importance de l'effet des facteurs non génétiques sur la production laitière paraît logique étant donné l'irrégularité des conditions environnementales dans les régions arides qui affectent les performances productives des chèvres.

Ces effets peuvent être considérables, surtout chez les animaux des races importées. Il est en effet bien connu que le climat affecte les ressources alimentaires disponibles (**Haenlein, 1987; Haenlein, 1991 ; Kalogridou-Vassiliadou et al ., 1991 ; Gaddour et al ., 2007**).

Toutefois, en élevage intensif, en l'absence d'une relation aussi directe entre l'alimentation et les facteurs climatiques, l'importance de l'action des facteurs non génétiques peut également trouver une explication à travers les composantes du milieu, comme la température, l'humidité et la photopériode.

La **figure n°18** représente les boîtes à moustaches de la production laitière en fonction de la race.

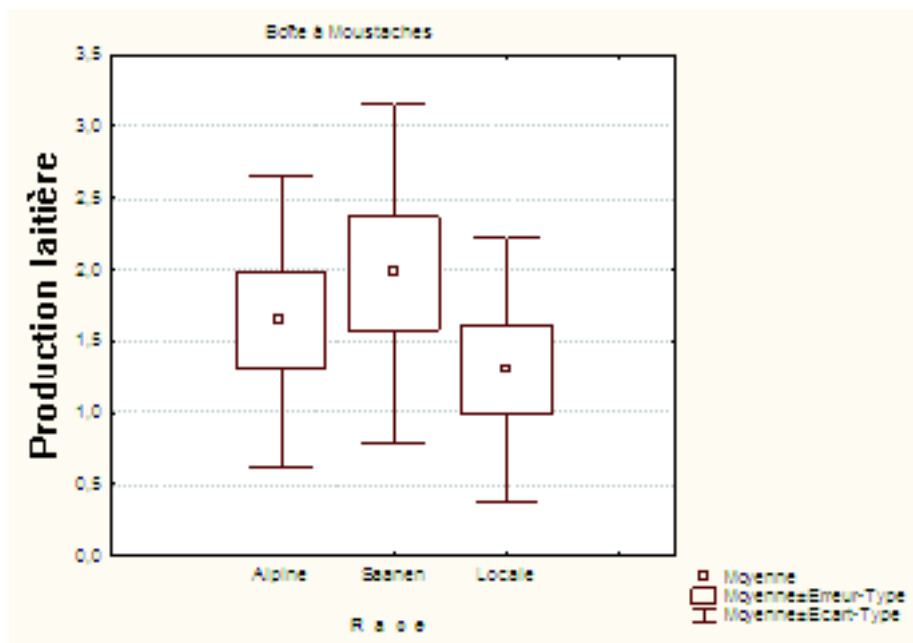


Figure n° 18 - Tracé des boîtes à moustaches de la production laitière en fonction de la race.

1-3- Conclusion

L'étude de la production laitière de chèvre au cours de la période de lactation ainsi qu'en fonction de la race nous a permis de tirer plusieurs remarques :

D'après les analyses statistiques, le stade de lactation a une influence très hautement significative sur la production laitière avec un écart de 1,19 l/j. En revanche, cette différence n'est pas observée chez la race mais on signale une différence de production (écart de 0,33 l/j) entre les trois races en faveur de la race Saanen.

La production laitière, qui reste le principal objectif de production caprine dans les oasis, est plus élevée pour les races importées par rapport à celle de la chèvre locale.

Par conséquent, le croisement peut être un moyen de résolution de la contrainte génétique pour la valorisation des ressources oasiennes, surtout lorsque des races laitières, comme l'Alpine et la Saanen, sont utilisées.

L'analyse de la production laitière sous des modes de conduite intensive, illustre l'important effet de l'environnement sur l'expression des potentialités génétiques laitières.

D'ailleurs, les potentialités des races importées sont largement inférieures à celles réalisées dans leurs pays d'origine. L'intensification de la conduite n'annule pas les effets de l'environnement.

Chapitre II - Variation de la composition du lait de chèvre

Des analyses physicochimiques (**Annexe n°1**) et microbiologiques ont été effectuées durant la période expérimentale sur des échantillons de lait prélevés à chaque stade de lactation (début, mi et fin lactation) et pour chaque race laitière (Alpine, Saanen et Locale), paramètres représentatifs de la variation de la composition du lait de chèvre.

1- Effet du stade de lactation sur la composition chimique du lait chèvre

L'analyse de la variance (ANOVA à un facteur) est utilisée pour montrer s'il existe des différences au niveau des paramètres du lait, en fonction du stade de lactation. Les résultats sont donnés par le **tableau n°16**

Influence de quelques paramètres de production sur la qualité du lait de chèvre. Aptitude à la coagulation

| Variable | Moy.S1± Ec.-type | Moy.S2± Ec.-type | Moy.S3± Ec.-type | ddl | p | Ec.entre Moy |
|----------|------------------|------------------|------------------|-----|--------|--------------|
| pH | 6,53± 0,063 | 6,76±0,05 | 6,61±0,08 | 26 | 0,0000 | 0,11 |
| Acidité | 15,77± 0,66 | 13,33±0,70 | 16,55±0,73 | 26 | 0,0000 | 1,68 |
| MG | 37,11± 2,97 | 32,44±2,07 | 37,33±2 | 26 | 0,0002 | 2,76 |
| AGT | 35,07± 2,81 | 30,66±1,95 | 35,28±1,89 | 26 | 0,0002 | 3,12 |
| EST | 128,33±12,53 | 118,11±3,26 | 130,16±8,46 | 26 | 0,0181 | 6,49 |
| ESD | 91,22±9,67 | 85,66±3,5 | 92,83±6,76 | 26 | 0,1015 | 3,76 |
| D | 1,033±0,002 | 1,029±0,0005 | 1,032±0,0025 | 26 | 0,0000 | 0,002 |
| MAT | 29,93±2,51 | 27,92±2,41 | 32,33±2,74 | 26 | 0,004 | 2,20 |
| NNP | 1,04±0,19 | 0,81±0,25 | 0,84±0,09 | 26 | 0,042 | 0,12 |
| TP | 28,89±2,69 | 27,11±2,50 | 31,48±2,77 | 26 | 0,006 | 2,19 |
| C | 28,10±2,36 | 26,10±2,48 | 30,90±2,91 | 26 | 0,002 | 2,41 |
| PS | 0,78±0,25 | 1±0,27 | 0,58±0,19 | 26 | 0,004 | 0,15 |
| TP/MAT | 96,46±0,91 | 97,05±0,96 | 97,34±0,48 | 26 | 0,081 | 0,45 |
| C/TP | 97,30±0,65 | 96,29±0,84 | 97,92±1,10 | 26 | 0,002 | 0,82 |

Tableau n°16 - Analyse statistique des différents indices physicochimiques du lait de chèvre en fonction du stade de lactation (S1, S2 et S3).

En rouge, les paramètres correspondant aux valeurs de probabilité significative $p < 0,05$; probabilité hautement significative $p < 0,01$; ddl : degré de liberté ; p : probabilité ; Moy : moyenne ; Ec : écart.

La comparaison entre stades de lactation (toute race confondue), présentée par le **tableau n°16** montre que le stade de lactation a une influence très hautement significative ($p < 0,01$) sur l'acidité, MG, AGT, MAT, TP, C, et le rapport C/TP en faveur de troisièmestadeainsi que sur le pH,densité, PS. Le stade de lactation a également une influence significative ($p < 0,05$) sur l'EST et le NNP.

1-1- Effet du stade de lactation sur la matière grasse

1-1-1- Matière grasse et acides gras

La **figure n°19** reflète la variation de taux butyreux et acides gras des laits issus des trois stades de lactation.

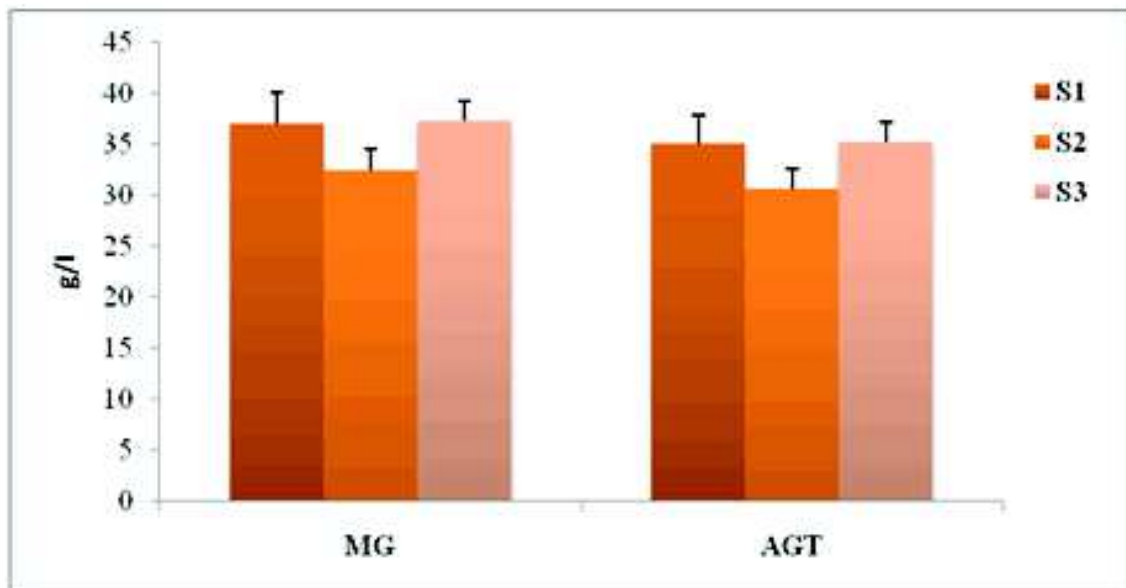


Figure n°19 - Variation des teneurs en matière grasse et en acides gras en fonction de stade de lactation.

Le graphe montre qu'il existe un écart (2,76 g/l) de matière grasse entre les trois stades de lactation en faveur de troisième stade qui donne ainsi un lait plus riche en acide gras totaux par rapport aux deux autres stades de lactation.

Selon **Croguennec et al . (2008)**, le taux butyreux diminue en début de lactation pour atteindre un minimum au bout d'environ 6 semaines, puis remontent progressivement jusqu'en fin de lactation.

Selon **Hanzen (2010)**, la quantité de matières grasses diminue jusqu'au pic de lactation puis augmente par la suite à raison de 0,05% par mois.

D'après **Chilliard et al , (2003)** la teneur en matières grasses dans le lait de chèvre est élevée après la mise-bas, puis diminue au cours de la majeure partie de la lactation. Ceci est lié à au moins deux phénomènes: un effet de dilution dû à l'augmentation du volume de lait jusqu' au pic de lactation, et une diminution de la mobilisation des graisses qui diminue la disponibilité de plasma des acides gras non estérifiés, notamment en C18: 0 et C18: 1, pour la synthèse des lipides mammaires.

Une tendance identique a été rapportée par **Bhosale et al .,(2009)** et **Zeng et al . (2007)** qui ont observé des valeurs plus élevées de matière grasse du lait de chèvre dans les stades précoces et tardifs de lactation par rapport à mi lactation. Ces observations étaient en accord avec les précédents travaux de **Zeng et al . (1997)** pour le lait de la race Alpine et **Zeng et al . (1999)** sur un mélange de lait de chèvre de race mixte.

La **figure n°20** représente le tracé des moindres carrés de la matière grasse et des acides gras en totaux en fonction stade de lactation.

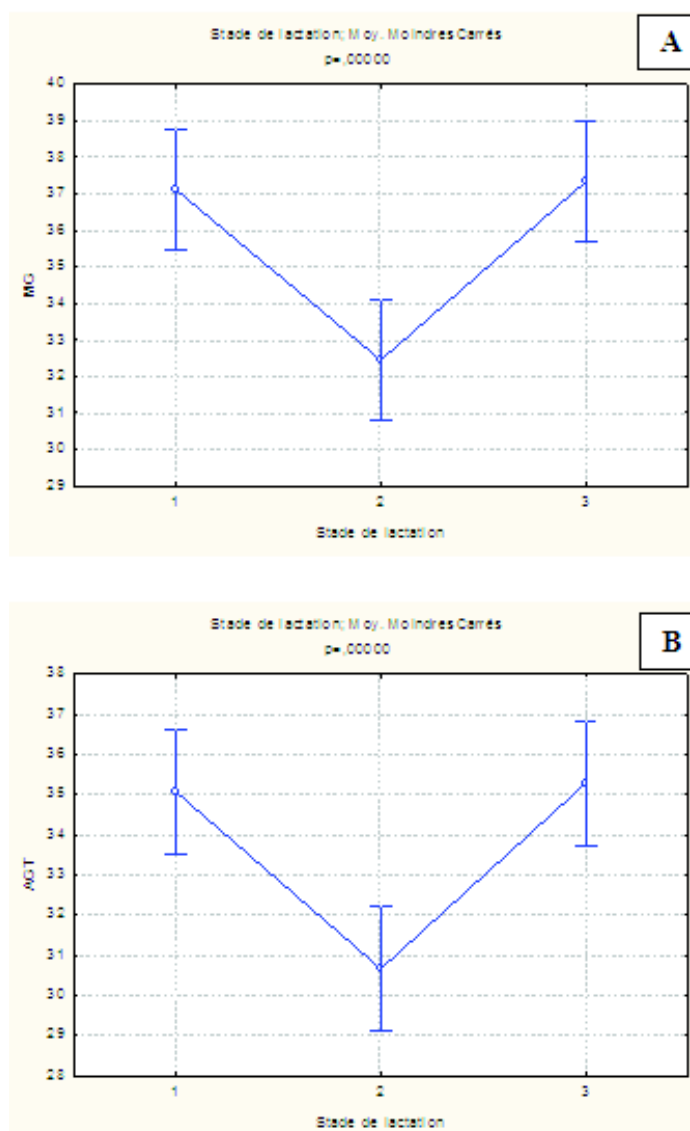


Figure n°20 - Tracés des moindres carrés de la matière grasse (A) et des acides gras en totaux (B) en fonction du stade de lactation.

1-1-2- Profil en acides gras

Le profil en acides gras a été déterminé par la chromatographie en phase gazeuse sur les différents échantillons du lait de chèvre. Les chromatogrammes sont présentés en **annexe n° 7**.

Les acides gras dont le nombre d'atomes de carbone est inférieur à 18 ont été regroupés sous le terme d'acides gras à courte et moyenne chaîne (AGCMC) et ceux dont le nombre d'atomes est supérieur ou égale à 18 constituent le groupe des acides gras à longue chaîne (AGLC). Ces deux groupes ont été répartis entre les acides gras saturés (AGS) et insaturés (AGI).

Plusieurs auteurs (**Hamann et Krömker, 1997 ; Moallem, 2009**) classent les acides gras à chaîne courte (ex : C4-C8), moyenne (ex : C10-C17) et longue (avec 18 atomes de carbone et plus).

Le **tableau n°17** présente la variation de la composition en acides gras en fonction du stade de lactation

| Acides gras | Début lactation (%) | Mi- lactation (%) | Fin lactation (%) |
|---------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| C4 | 0,83 | 0,49 | 1,15 |
| C5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C6 | 1,05 | 0,92 | 1,09 |
| C8 | 1,29 | 1,98 | 1,75 |
| C10 | 7,14 | 7,10 | 7,51 |
| C11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C12 | 3,65 | 3,39 | 3,29 |
| C13 ISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C14 ISO | 0,09 | 0,00 | 0,00 |
| C14 | 9,80 | 9,73 | 9,88 |
| C15 AISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C15 ISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C15 | 1,05 | 0,65 | 0,78 |
| C16 ISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C16 | 29,54 | 31,87 | 27,24 |
| C17 ISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C17 AISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C17 | 0,20 | 0,43 | 0,62 |
| AGSCMC | 54,68 | 57,02 | 53,33 |
| C18 ISO | 0,09 | 0,00 | 0,00 |
| C18 | 10,65 | 11,20 | 10,30 |
| C20 | 0,07 | 0,00 | 0,31 |
| C22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| AGSLC | 10,82 | 11,20 | 10,61 |
| AGS | 65,50 | 68,22 | 63,94 |
| C10 :1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C12:1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C14:1 | 0,10 | 0,00 | 0,41 |
| C15:1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C16:1 | 0,25 | 0,47 | 0,65 |
| C17:1 | 0,11 | 0,55 | 0,32 |
| AGICMC | 0,47 | 1,03 | 1,38 |
| C18 :1 | 25,12 | 26,23 | 26,22 |
| C18 :1 ISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C18: 2 | 0,69 | 2,26 | 2,09 |
| C18: 3 | 0,21 | 0,21 | 0,62 |
| C20: 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C22: 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| AGILC | 26,02 | 28,7 | 28,95 |
| AGI | 26,50 | 29,73 | 30,33 |

Tableau n°17 - Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction du stade de lactation.

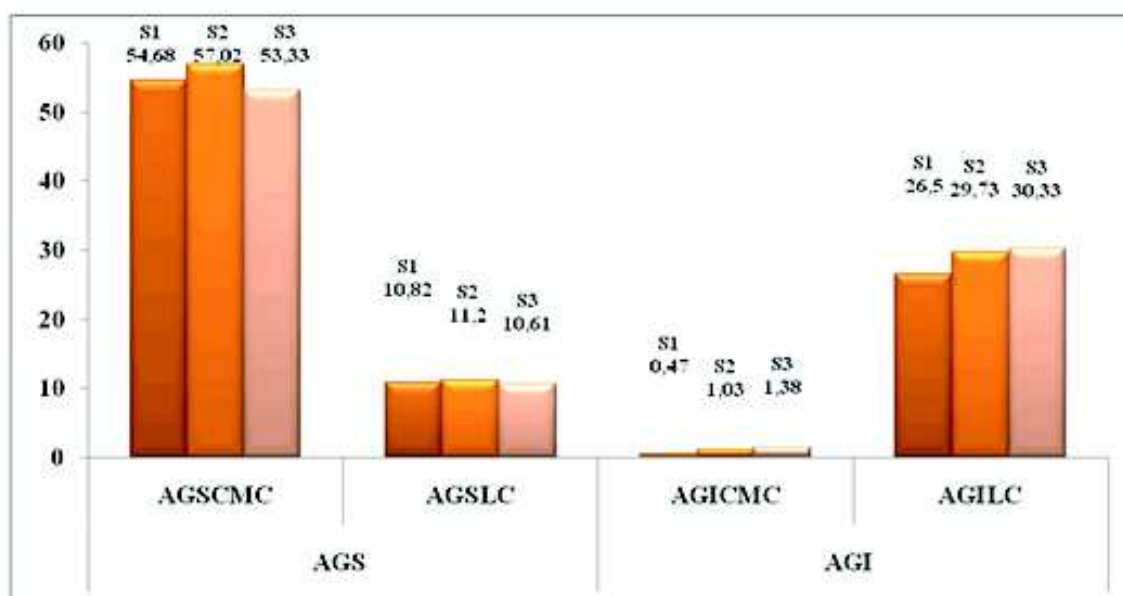


Figure n°21 - Variation des proportions des acides gras à courte et moyenne chaîne et les acides gras à longue chaîne en fonction du stade de lactation.

D'après le **tableau n°17** et la **figure n°21** on constate qu'il existe des différences de valeur (exprimée en %) d'acides gras entre les trois stades de lactation.

Le taux des acides gras saturés est plus élevé pour le deuxième stade de lactation (68,22%) avec 57,02% d'acides gras à courte et moyenne chaîne et 11,20% d'acides gras à longue chaîne, comparativement au premier et au troisième stade (respectivement 65,50et 63,94%).

Contrairement aux acides gras saturés, le taux d'acides gras insaturés est plus élevé pour le troisième stade (30,33%) que pour le premier (26,50%) et le deuxième stade (29,73%).

Comparé au lait de vache, **Chilliard (1996)** montre que le lait de chèvre est plus riche que le lait de vache en acides gras (% AG) à 6,8 et 10 atomes de carbone, mais contient moins de C4, de C16 et de C18:1. La teneur en AG à 18 atomes de carbone (C18:0 et C18:1) varie fortement avec le bilan énergétique des animaux au cours de la lactation.

Les acides gras présents dans le lait de chèvre sont majoritairement saturés avec 65 à 70 % des acides gras totaux. Ces acides gras saturés sont à chaîne courte (butyrique, caproïque, caprylique et surtout caprique) et sont bien digérés. L'autre partie des acides gras (30 à 35%) sont insaturés.

L'acide gras mono-insaturé le plus présent dans le lait de chèvre est l'acide oléique réputé pour son effet neutre sur le système cardiovasculaire. Quant aux acides gras polyinsaturés, ils sont peu présents dans le lait de chèvre mais contribuent aux apports en acides gras indispensables (acide linoléique et acide linoléique), participant au maintien des structures membranaires et à leur bon fonctionnement (**FID, 2008**).

Ces intervalles concordent avec nos résultats sauf pour la teneur en AGI en troisième stade de lactation qui représentent 26,50 à 30% des acides gras totaux.

Durant notre expérience, on a observé 7,10 à 7,51% en poids d'acide caprique (C10). Ces valeurs sont plus faibles par rapport à celles rapportées par **Kompan et Kompnej (2012)** (9 à 14%), (**Hurley, 2009; Sanz Sampelayo et al , 2002**)(8,4 à 11,1%).

Hurley (2009) a constaté qu'il ya 3,3% de l'acide laurique en matière grasse du lait de chèvre ce qui est conforme à nos résultats.

Kompan et Komprej (2012), rapportent des valeurs entre 10 à 13.5 % pour l'acide myristique (C14). Ce qui se rapproche de nos résultats (9,73 à 9,88%).

Sanz Sampelayo et al . (2002) indique des valeurs en acides palmitique dans le lait de chèvre comprises entre 24,6 et 27,7%. Cet intervalle est plus faible que celui obtenu par nos essais soit 27,24 et 31,87%.

Selon **Vemeau (2008)**, le régime alimentaire, la teneur en matière grasse de la ration et le stade de lactation sont les facteurs de variations les plus influents sur la composition en acide gras du lait de chèvre. En effet, la teneur en AGS subit un accroissement maximal (des AG totaux) de la mise-bas au Mi-lactation alors que l'accroissement est faible de la mise-bas au tarissement.

La teneur en AGMI diminue entre le 4ème et le 7ème mois de lactation pour une baisse globale de la mise bas au tarissement. En revanche, l'évolution des AGPI est plus stable (**Vemeau, 2008 ; Brochard et Brunschwig, 2011 ; Legarto et Palhiere, 2013**).

Ainsi, le lait de chèvre est moins riche en acides gras saturés en début de lactation qu'à 3-4 mois de lactation. Par la suite, cette teneur diminue au profit des acides gras insaturés (**German, 2010**), Ce qui se concorde avec nos données.

La part des acides gras à chaîne courte et moyenne augmente suite à la mobilisation des graisses corporelles tandis que celle des acides gras à chaîne longue diminue pendant la première moitié de la lactation (**Hanzen, 2010**).

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. Ces résultats confirment nos observations.

La forme physique de l'alimentation peut affecter la production et la composition du lait de chèvre, bien que les effets apparaissent de plus petite ampleur que chez les bovins laitiers. Lorsque le tissu est mobilisé pour soutenir la production de lait en début de lactation, les niveaux de C18: 0 et C18:1 augmentent dans le lait et les niveaux des acides gras à moyenne chaîne déclins.

En effet, les effets des niveaux élevés des acides gras alimentaires sur les acides gras à longue chaîne spécifiques dans le lait et les produits varient avec le profil en acides gras des sources de matières grasses utilisées (**Goetsch et al ., 2011**)

1-2- Effet du stade de lactation sur les matières azotées

1-2-1- Matières azotées totales et leurs fractions (protéines et caséines)

La **figure n°22** présente la variation du taux de matières azotées totales et leurs fractions en fonction du stade de lactation.

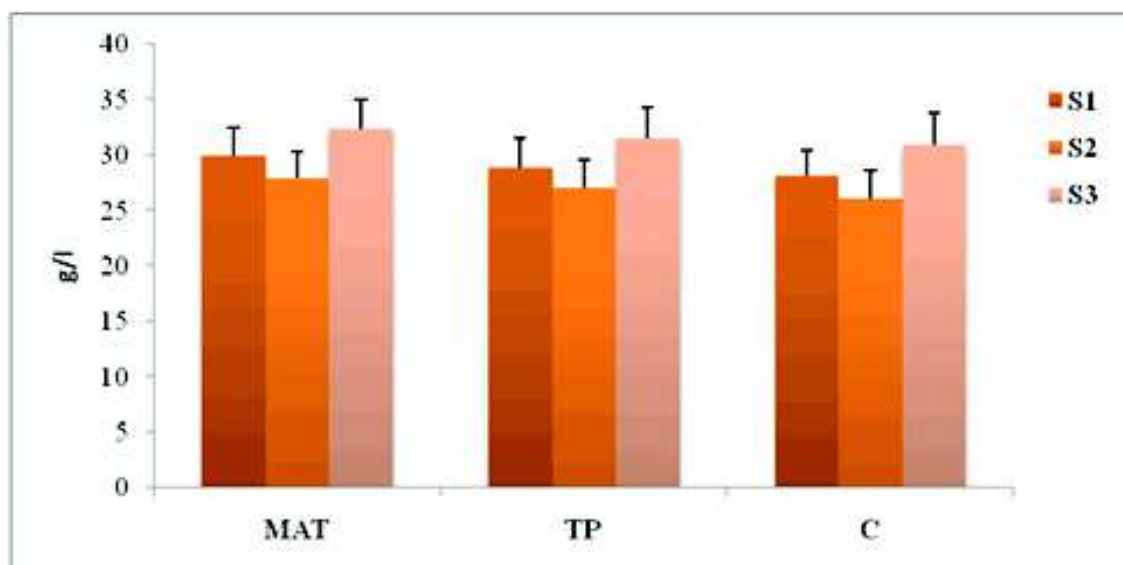


Figure n°22 - Variation du taux de matières azotées totales et leurs fractions en fonction du stade de lactation.

Comme le montre la **figure n°22**, le troisième stade donne un lait plus riche en matières azotées totales (32,33 g/l), en protéines (31,48 g/l) et en caséine (30,9%) suivi par le premier stade. Alors que ces teneurs sont les plus faibles en deuxième stade de lactation.

Pour **Guo et al .,(2001)**, les principaux constituants du lait de chèvre sont élevés en début de lactation puis chutent rapidement et restent bas pendant une période du temps variable puis augmentent à nouveau en fin de lactation.

Selon (**Paradal, 2012**), l'influence du stade de lactation sur la composition de lait a été souvent décrite. Les teneurs en protéines évoluent d'une façon inverse à la quantité du lait produite. Elles diminuent en début de lactation pour atteindre un minimum au bout d'environ six semaines, puis remontent progressivement jusqu'en fin de lactation.

Aussi, **Strzałkowska et al .(2010)** ; **Mestawet et al . (2012)** ont rapporté que dans l'étape de début et de la fin de lactation les taux en TP et en caséines sont significativement supérieurs à ceux du milieu de lactation. Cette observation fait suite à la courbe de lactation normale des chèvres laitières. **Králíčková et al . (2013)** ont constaté que les taux en TP et en caséines ont été relativement stables entre le 50^{eme} et 190^{eme} jour de lactation, puis augmentent considérablement jusqu'à la fin de la lactation.

Ces auteurs ont montré que l'augmentation substantielle du contenu de TP et de caséines du 190^{eme} jour à la fin de la lactation était affectée par une production laitière basse. Les mêmes tendances ont été signalées également par **Kuchtík et Sedláčková (2003)**.

La plupart des études rapportent une diminution du taux protéique au cours des premiers jours de lactation avec une concentration minimale au moment du pic de production puis une augmentation constante jusqu'au moment du tarissement. Cette évolution au cours des premières semaines de lactation s'explique par l'absence en quantité suffisante des nutriments nécessaires à la synthèse protéique et en particulier des acides aminés.

Les caséines présentent une évolution parallèle c'est-à-dire une chute rapide au cours des premières semaines de la lactation puis une augmentation progressive jusqu'au moment du tarissement. Elles présentent cependant une évolution variable selon leur nature (Hanzen, 2010).

Plusieurs auteurs ont indiqués que le pourcentage des protéines et des caséines était le plus élevé en fin de lactation (Peris *et al.*, 1997; Soryal et El Shaer, 2006; Mohammed *et al.*, 2007; Norris *et al.*, 2011; Jarczak *et al.*, 2013).

La figure n°23 représente le tracé des moindres carrés des matières azotées totales et les constituants protéiques en fonction du stade de lactation.

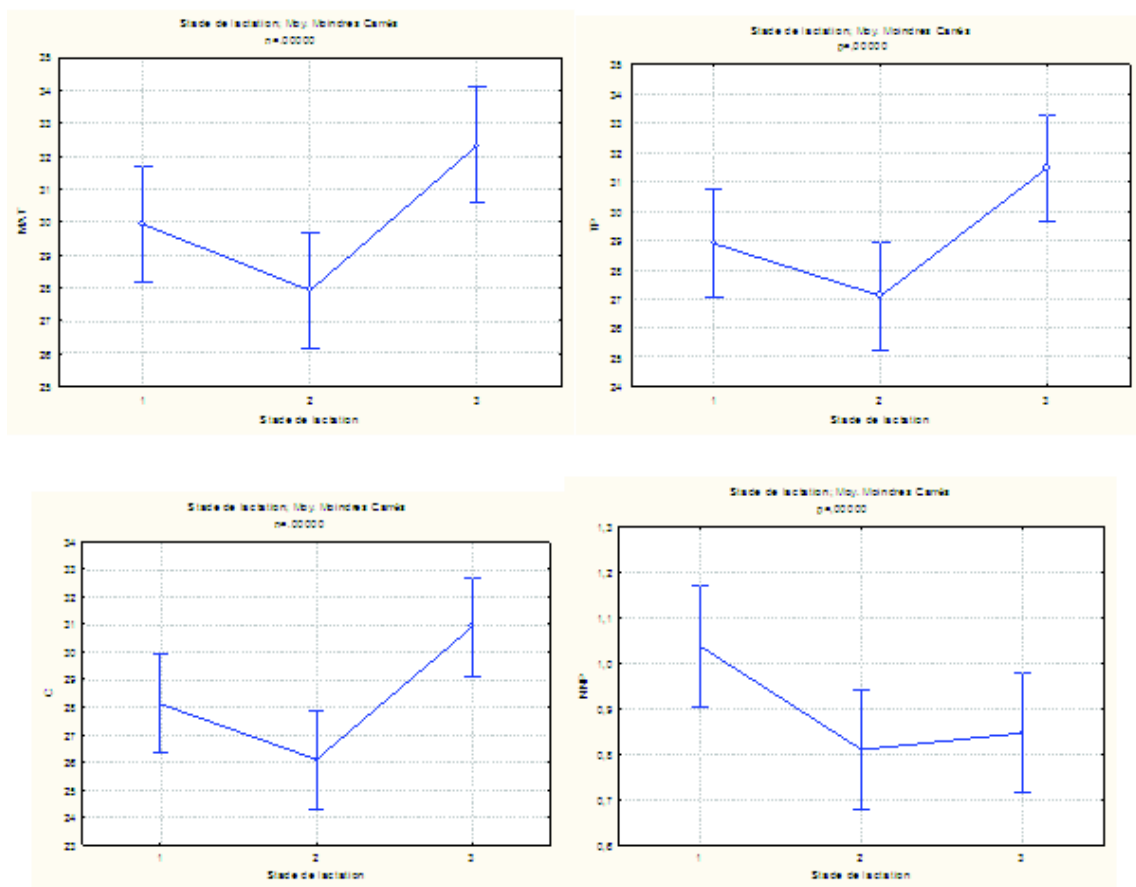


Figure n°23 - Tracés des moindres carrés des matières azotées totales et constituants protéiques en fonction du stade de lactation.

1-2-2- Les proportions relatives de protéines et de caséines

Le stade de lactation n'a pas un effet significatif sur la proportion relative des protéines dans les matières azotées totales (TP/MAT) alors que son effet est hautement significatif ($p < 0,01$) pour celle des caséines dans les protéines (C/TP).

Les figures ci-dessous nous donnent la variation des proportions relatives des protéines dans les matières azotées totales et des proportions relatives de caséines dans les protéines. D'après cette figure, on constate que le rapport C/TP, qui est un facteur de référence analytique particulièrement représentatif de la valeur fromagère du lait de chèvre, diminue en mi lactation pour atteindre son maximum en fin de lactation.

On constate que ce rapport suit la même tendance d'évolution des teneurs en protéines du lait en fonction du stade de lactation.

Par contre, le rapport TP/MAT augmente au cours de la période de lactation et ne représente pas de différence significative entre les stades de lactation. Cela confirme l'effet des caséines sur la teneur protéique du lait.

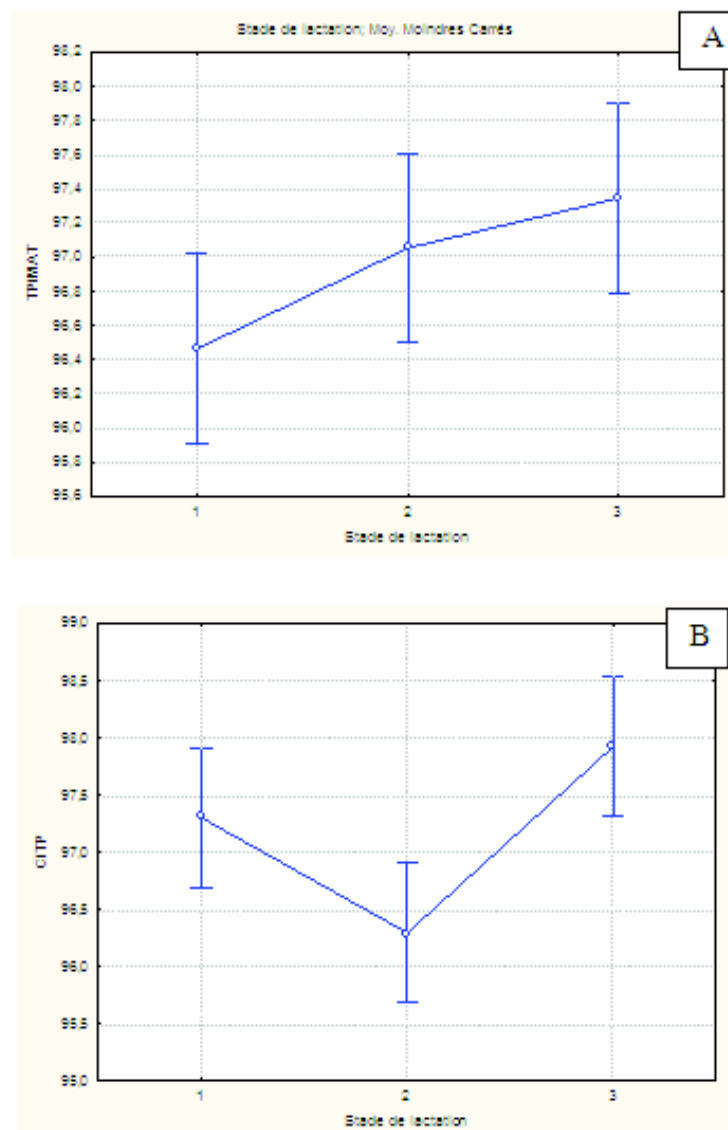


Figure n°24 - Tracé des moindres carrés des rapports TP/MAT (A) et C/TP (B) en fonction du stade de lactation .

1-3- Effet du stade de lactation sur le pH et l'acidité

Selon le **tableau n°16**, on constate que les valeurs de pH et de l'acidité varient d'une façon très hautement significative en fonction du stade de lactation. On remarque que la valeur de pH est la plus élevée (6,76) en deuxième stade tandis que celle d'acidité est la plus faible, (13,33°D) contrairement au troisième stade où l'acidité augmente avec la diminution du pH.

Le pH n'est pas une valeur constante. Il peut varier au cours du cycle de lactation et sous l'influence de l'alimentation. Cependant l'amplitude des variations est faible chez une même espèce (**Gaucher, 2008**).

Singh (1972) explique les variations de pH par le stade de lactation. En effet le pH diminue vers la fin du cycle suite à l'augmentation du taux des caséines et des phosphores.

Les valeurs de l'acidité titrable trouvées se rapprochent de l'intervalle donné par **Bercot (2009)** pour le lait de chèvre qui est de 12 - 15°D. La valeur de l'acidité du lait du troisième stade de lactation est la plus élevée. D'après **Jarczak et al . (2013)**, l'augmentation de l'acidité peut signifier que les bactéries ont un meilleur environnement pour croître dans le lait à la fin de la lactation.

L'acidité du lait est associée à l'hygiène et à l'état de l'environnement de l'animal. La grande variabilité de l'acidité du lait pendant la lactation est un indicateur des mauvaises conditions d'hygiène pendant la traite (**Jarczak et al ., 2013**).

1-4- Effet du stade de lactation sur l'extrait sec total et l'extrait sec dégraissé

Le graphe ci-dessous montre la variation de l'EST et de l'ESD en fonction du stade de lactation.

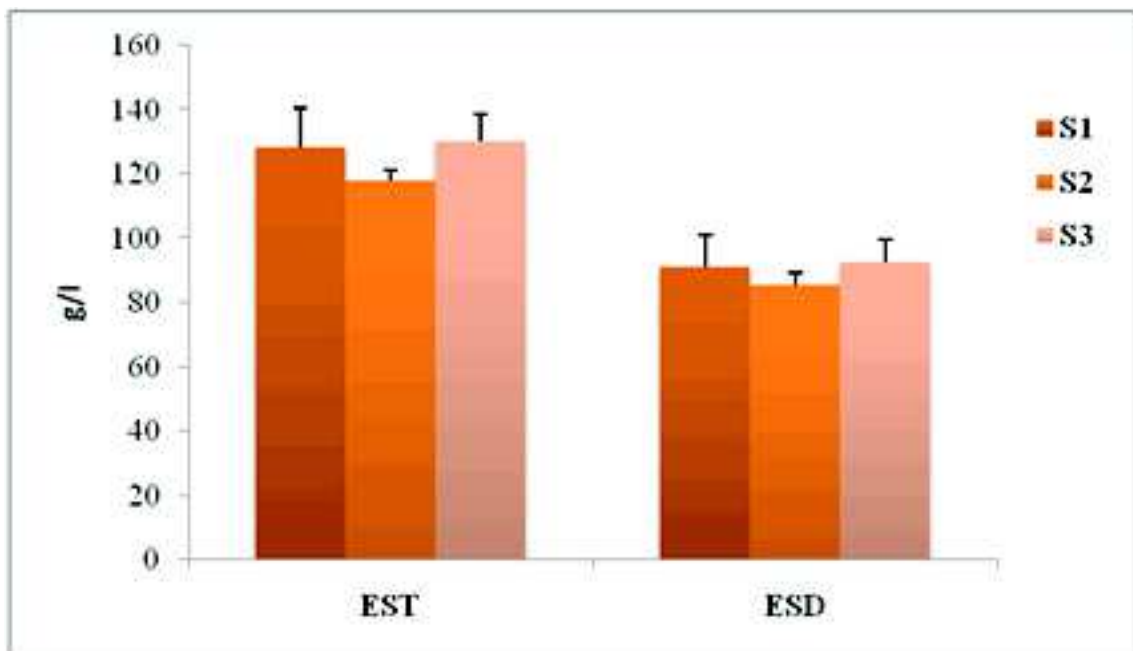


Figure n° 25 - Variation de taux de l'extrait sec total et de l'extrait sec dégraissé en fonction du stade de lactation.

Les résultats donnés par le **tableau n°16** illustrent qu'il existe une différence de l'EST et de l'ESD entre le lait des individus de chaque stade de lactation. Un écart de 6,49 g/l et 3,76 g/l respectivement pour l'EST et l'ESD est observé en faveur du troisième stade de lactation.

Le stade de lactation a un effet significatif sur l'extrait sec total. Ces résultats correspondent aux données publiées par **Zeng et al . (1997)**, **Kuchtík et Sedláčková (2003)**, **Kondyli et al . (2007)**, **Mestawet et al . (2012)** et **Pajor et al . (2012)** qui ont également trouvé un effet significatif ($p < 0,05$) de ce facteur sur le contenu des solides totaux du lait de chèvre.

Par ailleurs, La variation des teneurs du lait de chèvre en protéine et en graisse dans les étapes de lactation a eu un effet direct sur le contenu des solides totaux et de solides non gras.

Pour l'ensemble des solides contenus dans le lait, les pics ont eu lieu vers la fin de la lactation (**Brozos et al ., 1998**; **Haenlein, 2001** ; **Haenlein ,2004**).

Cette observation fait suite à la courbe de lactation normale des produits laitiers de chèvres dont la teneur totale en solides est élevée en début de lactation lorsque le volume de lait est faible. Inversement, lorsque le volume de lait augmente, la teneur en matière solide diminue, et quand la lactation tend vers la fin, le volume de lait diminue et les solides du lait augmentent de nouveau (**Mestawet et al., 2012**).

Une tendance similaire (12,7 ; 11, 3 et 13.4%) a été rapportée par **Guo et al . (2001)** à partir d'un mélange de laits de chèvre aux Etats-Unis. Ainsi, la variation à différents stades de lactation rapportée dans cette étude est également rejoint celle rapportée par **Brendehaug et Abrahamsen (1986)** et **Greyling et al . (2004)**.

De plus, **Darwesh et al . (2013)**, ont montré que le pourcentage de solides totaux était plus élevé à la fin du stade de lactation, suivi par le stade précoce ensuite plus faible durant la période de mi lactation. Cette variation pourrait s'expliquer par la corrélation négative entre la production de lait avec la teneur en matière sèche (**Merkhan, 2011**).

La figure ci-dessous donne le tracé des moyennes de moindres carrés de l'EST et de l'ESD

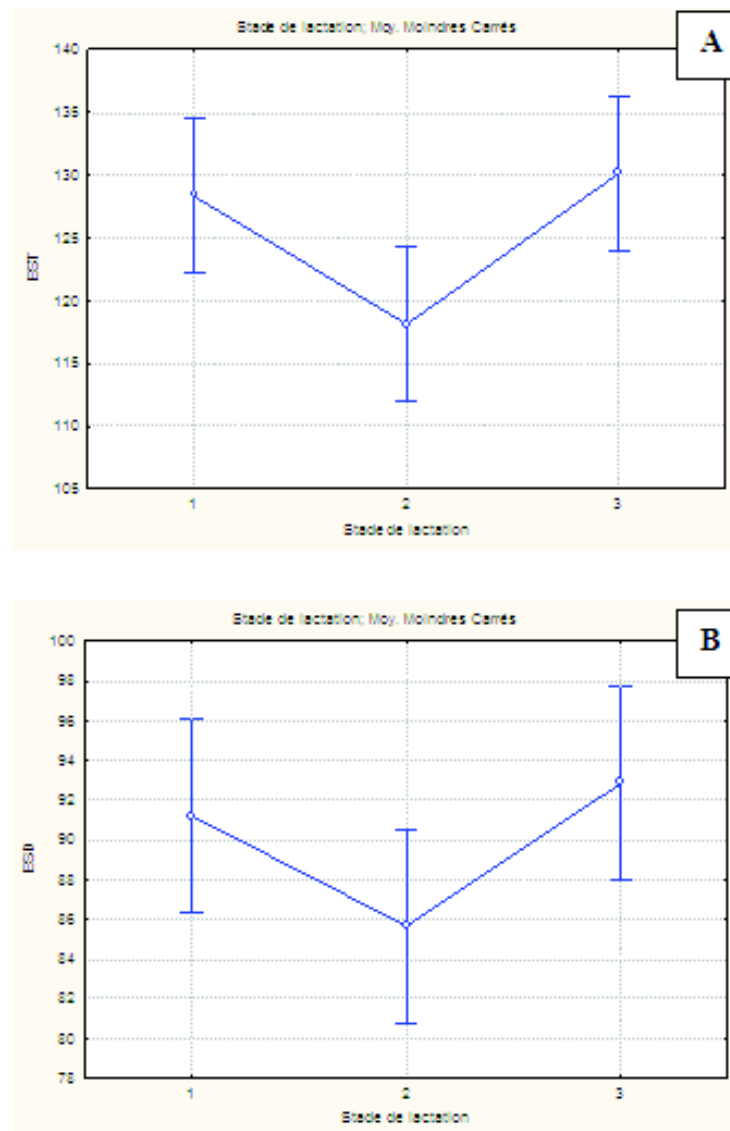


Figure n°26 - Tracé de moyennes des moindres carrés de l'EST (A) et de l'ESD (B).

1-5- Conclusion

L'étude de l'effet du stade de lactation sur la composition physicochimique du lait de chèvre nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Sur le plan statistique le test ANOVA à un facteur nous a montré que le stade de lactation a une influence significative sur la composition physicochimique du lait de chèvre entre les trois stades de lactation pour les trois races.
- L'évolution du taux butyreux au cours de la lactation chez les trois races est progressive et inversement proportionnelle à celle de la quantité de lait produite conformément aux données de la littérature.
- Le profil en acides gras, semble en partie influencé par le stade de lactation concernant particulièrement la composition en AGS et AGI.

- Pour les matières azotées totales, le taux protéique et les caséines, leur évolution est progressive et inversement proportionnelle à la quantité de lait produite du début à la fin de lactation.
- Le stade de lactation a un effet significatif sur le rapport C/TP contrairement au rapport TP/MAT qui n'est pas influencé par ce facteur.

En général, les constituants du lait diminuent avec l'augmentation de la production laitière, mais cette tendance peut être modulée par d'autres facteurs, tel que la balance énergétique des animaux ou la composition de la ration, notamment sa teneur en fibres et en matière grasse (**Morand Fehr et al ., 2007**).

2- Effet de la race sur la composition chimique du lait de chèvre

En dehors de l'effet du stade de lactation ce sont les effets de la race qui vont nous permettre de mieux expliquer les variations de la composition chimique du lait de chèvre.

L'analyse de la variance (ANOVA à un facteur) est mis en œuvre pour savoir s'il y a une différence au niveau de la composition des laits issus des différentes races (Alpine, Saanen et Locale). Les résultats sont présentés dans le **tableau n°18**.

| Variable | Moy.A ±Ec.-type | Moy.S±Ec.-type | Moy.L±Ec.-type | ddl | p | Ec.entre Moy |
|----------|-----------------|----------------|----------------|-----|--------|--------------|
| pH | 6,59±0,17 | 6,63±0,06 | 6,67±0,079 | 26 | 0,354 | 0,04 |
| Acidité | 15,33±1 | 15,44±2 | 14,88±1,61 | 26 | 0,74 | 0,5 |
| MG | 36,77±4,68 | 36,55±1,5 | 33,55±1,66 | 26 | 0,057 | 1,79 |
| AGT | 34,75±4,43 | 34,54±1,43 | 31,71±1,57 | 26 | 0,057 | 1,69 |
| EST | 134,77±10,98 | 125,16±4,37 | 116,66±3,13 | 26 | 0,0000 | 9,06 |
| ESD | 98±6,38 | 88,61±3,08 | 83,11±2,35 | 26 | 0,0000 | 7,53 |
| D | 1,030±0,002 | 1,032±0,002 | 1,032±0,002 | 26 | 0,329 | 0,001 |
| MAT | 32,75±2,04 | 30,43±0,07 | 27±1,80 | 26 | 0,0000 | 2,89 |
| NNP | 0,73±0,16 | 0,99±0,19 | 0,97±0,18 | 26 | 0,009 | 0,14 |
| TP | 32,02±1,89 | 29,44±2,25 | 26,02±1,75 | 26 | 0,0000 | 3 |
| C | 31,01±2,22 | 28,87±2,4 | 25,21±1,80 | 26 | 0,0000 | 2,93 |
| PS | 1±0,35 | 0,56±0,14 | 0,81±0,14 | 26 | 0,002 | 0,22 |
| TP/MAT | 97,77±0,38 | 96,69±0,82 | 96,39±0,64 | 26 | 0,0003 | 0,72 |
| C/TP | 96,79±1,26 | 98,03±0,63 | 96,68±0,77 | 26 | 0,008 | 0,75 |

Tableau n°18 - Analyses statistiques (ANOVA à un facteur) des différents paramètres du lait en fonction de la race.

En rouge, les paramètres correspondant aux valeurs de probabilité significative $p < 0,05$; probabilité hautement significative $p < 0,01$; ddl : degré de liberté ; p : probabilité ; Moy : moyenne ; Ec : écart.

Dans l'analyse de la composition des laits en fonction de la race, des différences hautement significatives ont été observées au niveau de l'extrait sec total, extrait sec dégraissé, matières azotées totales, azote non protéique, taux protéique, caséines, protéines solubles, les rapports TP/MAT et C/TP.

Aucun effet significatif n'est observé sur les matières grasses et les acides gras totaux, toutefois, des différences dans les teneurs obtenues sont signalées entre les races.

2-1- Effet de la race sur les matières grasses

2-1-1- Matière grasse et acides gras

L'histogramme de la **figure n°27** présente les variations des teneurs en matière grasse et en acides gras totaux en fonction de la race.

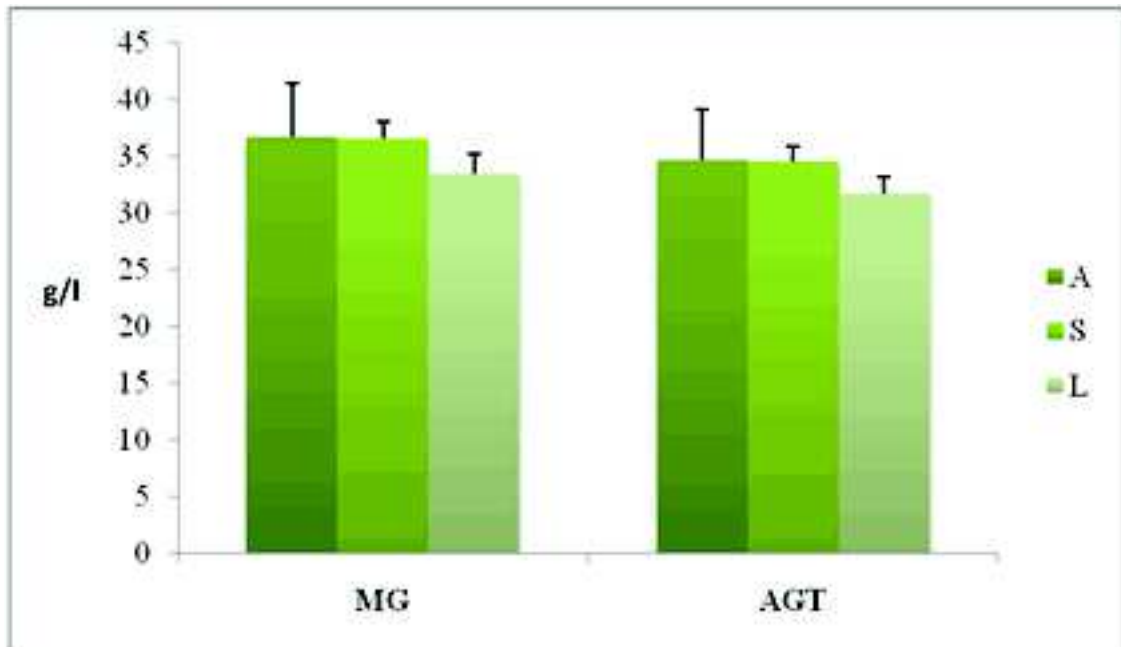


Figure n°27 - Variation des teneurs en matière grasse et en acides gras totaux en fonction de la race.

Cette figure montre que la race Alpine a donné un lait plus riche en matière grasse (36,77 g/l) contre 36,55g/l pour la Saanen et 33,55g/l pour la race Locale. On constate également qu'il existe un écart de 1,79g/l entre les trois races en faveur de la race Alpine.

D'après **Gaillon et Sigwald (1998)**, les Saanen produisent une quantité de lait plus importante mais les taux butyriques sont plus faibles comparés aux laits de la race Alpine dont la production laitière est moins importante, mais avec des TB plus élevés. Ces résultats confirment nos données concernant les races importées.

La race locale a une teneur plus faible (33,55 g/l) par rapport aux deux autres races. Cette valeur est plus faible que celle trouvée par **Boubezari (2010)** pour la race locale à Jijel (4,63%). Mais elle est beaucoup plus élevée par rapport à celle trouvée par **Roudj et al. (2005)** qui est de 1% dans la région d'Oran à l'ouest Algérien.

Le type d'aliment fourni influence fortement la composition du lait. Ainsi, les rations énergétiques ne permettent pas la production des composés acétyls ce qui contribue à une diminution de la teneur du lait en matières grasses (**Coubonne, 1980 ; Morel et al., 2006 ; Morand-Fehr et Tran, 2001**).

La **figure n°28** présente les boîtes à moustaches du taux butyreux et des acides gras totaux en fonction de la race.

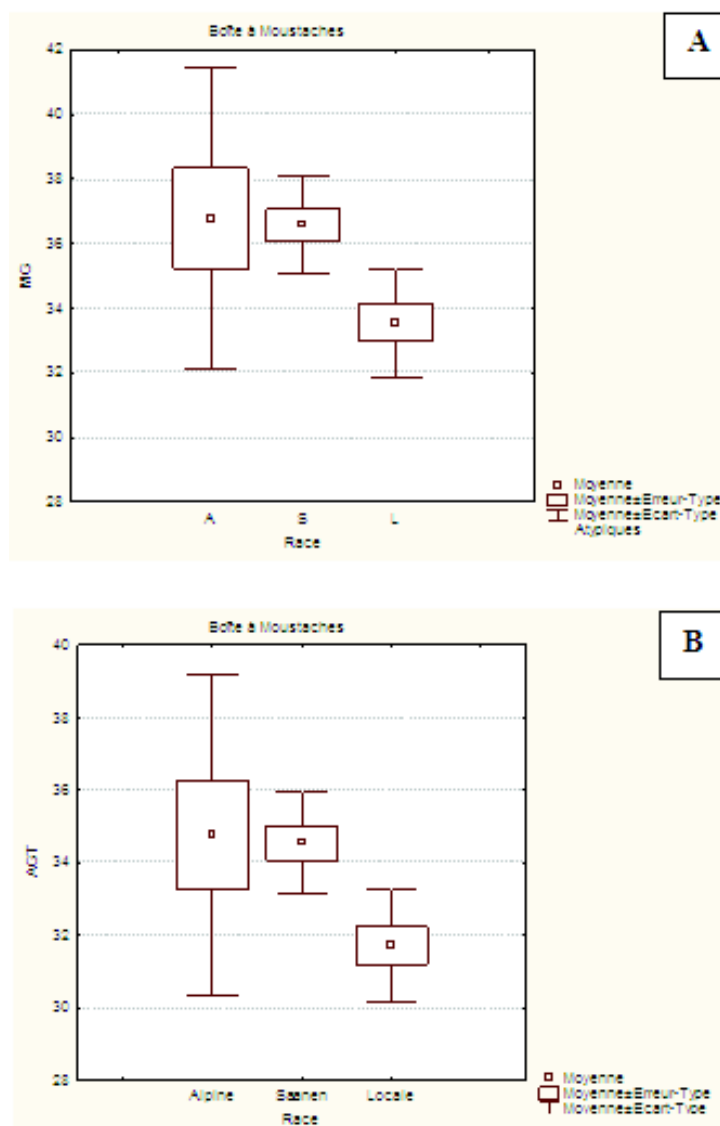


Figure n°2 8 - Tracé des boîtes à moustaches du taux butyreux (A) et d'acides gras totaux (B) en fonction de la race.

2-1-2- Profil en acides gras

Le tableau n°19 présente la variation de la composition en acides gras du lait de chèvre en fonction de la race.

Les matières grasses du lait sont constituées de 90% d'acides gras, qui ont deux origines chez les ruminants. Une première voie est le prélèvement par la glande mammaire d'acides gras longs (60% des acides gras du lait), provenant de la mobilisation des réserves corporelles de l'animal et des apports lipidiques de la ration (Dupuis –Ficow, 2006)

Une deuxième voie est la synthèse par le tissu mammaire d'acides gras courts et moyens (40% des acides gras du lait), synthétisés à partir de l'acide acétique (70%) et de l'acide butyrique, deux produits de la fermentation ruminale des fibres du fourrage (Schmidely et Sauvart, 2001 ; Sauvart et al ., 2006 ; Rulquin et al ., 2007 ; Dupuis –Ficow, 2006).

De plus, les acides gras polyinsaturés ne sont pas synthétisés chez les ruminants, leur concentration dépend essentiellement des apports alimentaires (**Gulati et al ., 1999**).

Les acides gras dans le lait de chèvre sont synthétisés dans les cellules épithéliales de la glande mammaire de novo ou ils passent plus par le sang (**Chilliard et al ., 2003**). Deux co-enzymes ont un grand rôle dans la synthèse des acides gras dans le lait de chèvre : l'acétyl-coenzyme A carboxylase, qui participe à la synthèse des acides gras de novo et la synthèse d'acide gras, qui est un complexe de substances actives enzymatiques et est responsable de l'extension (élongation) de la chaîne d'acide gras (**Hurley, 2009**).

Les acides gras d'origine exogène sont présentés par l'intermédiaire de la circulation de cellules épithéliales mammaires, soit sous forme d'acides gras non estérifiés ou estérifiés sous forme de groupes acyle du composant triacylglycérol de particules de lipoprotéine. Dans la glande mammaire des ruminants, les acides gras saturés à chaîne courte et moyenne sont les principaux produits de la lipogénèse de novo tandis que les lipides plasmatiques contribuent à une chaîne plus longue et mono espèces insaturées.

L'acétate est le précurseur de la synthèse d'acides gras chez les ruminants, tandis que chez les animaux monogastriques, le précurseur est le glucose (**Clegg et al ., 2001**).

Influence de quelques paramètres de production sur la qualité du lait de chèvre. Aptitude à la coagulation

| Acides gras | Alpine | Saanen | Locale |
|---------------|--------------|--------------|--------------|
| C4 | 0,85 | 0,93 | 1,15 |
| C5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C6 | 1,18 | 0,48 | 1,41 |
| C8 | 1,47 | 1,60 | 1,94 |
| C10 | 5,56 | 8,03 | 8,16 |
| C11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C12 | 2,47 | 3,76 | 3,83 |
| C13 ISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C14 ISO | 0,09 | 0,00 | 0,00 |
| C14 | 9,17 | 9,44 | 10,79 |
| C15 AISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C15 ISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C15 | 1,33 | 0,62 | 0,54 |
| C16 ISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C16 | 30,22 | 25,46 | 32,96 |
| C17 ISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C17 AISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C17 | 0,42 | 0,43 | 0,39 |
| AGSCMC | 53,06 | 50,77 | 61,18 |
| C18 ISO | 0,09 | 0,00 | 0,00 |
| C18 | 10,76 | 10,60 | 10,78 |
| C20 | 0,19 | 0,10 | 0,09 |
| C22 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| AGSLC | 11,05 | 10,70 | 10,87 |
| AGS | 64,11 | 61,48 | 72,06 |
| C10 :1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C12:1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C14:1 | 0,24 | 0,15 | 0,11 |
| C15:1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C16:1 | 0,49 | 0,46 | 0,42 |
| C17:1 | 0,21 | 0,42 | 0,34 |
| AGICMC | 0,95 | 1,04 | 0,88 |
| C18 :1 | 27,36 | 27,13 | 23,08 |
| C18 :1 ISO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C18: 2 | 2,23 | 1,53 | 1,28 |
| C18: 3 | 0,42 | 0,25 | 0,37 |
| C20: 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C22: 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| AGILC | 30,02 | 28,91 | 24,74 |
| AGI | 30,97 | 29,95 | 25,62 |

Tableau n°19 - Variation de la composition en acides gras de la matière grasse en fonction de la race.

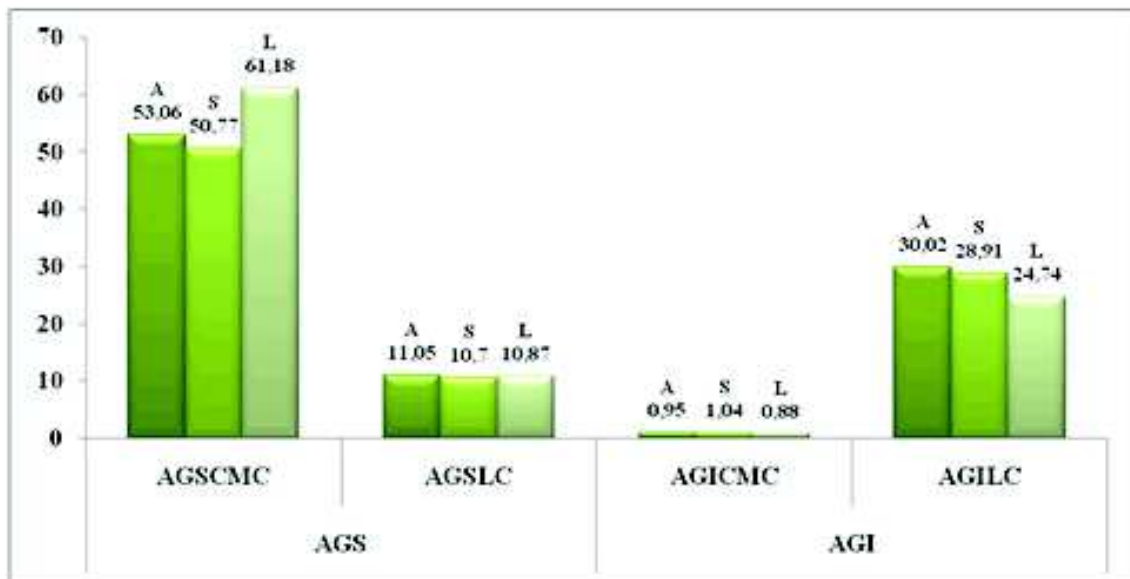


Figure n°29 - Variation des proportions des acides gras à courte et moyenne chaîne et des acides gras à longue chaîne en fonction de la race .

D'après le **tableau n°19** et la **figure n°29**, le profil en acides gras de la matière grasse est fortement modifié par le facteur race. Comparativement aux races Alpine et Saanen, le lait de la race locale présente des teneurs les plus élevées en acides gras saturés (72,06%) comparativement aux laits des races Alpine et Saanen (64,11 et 61,48%).

Par ailleurs, la race Saanen présente les teneurs les plus élevées en acides gras insaturés à courtes et moyennes chaînes (1,04 %), tandis que ceux à longue chaîne sont plus importants pour la race Alpine (30,02%).

En général, on assiste à une sécrétion plus élevée en acides gras saturés et plus faible en acides gras insaturés chez la race locale comparativement aux races importées.

Plusieurs auteurs ont montré que la race constitue un facteur important de variation de la composition en acides gras de lait de chèvre. Citant les travaux de **Legarto et Palhiere (2013)**, ces auteurs ont montré l'existence d'une variabilité génétique des acides gras entre les races.

2-2- Effet de la race sur les matières azotées

2-2-1- Matières azotées totales et leurs fractions (protéines et caséines)

La **figure n°30** montre la variation du taux de matières azotées totales et ses principales fractions en fonction de la race.

D'après les analyses statistiques, l'effet de la race sur l'ensemble des matières azotées est hautement significatif ou on remarque une variation entre les trois races en faveur de la race Alpine.

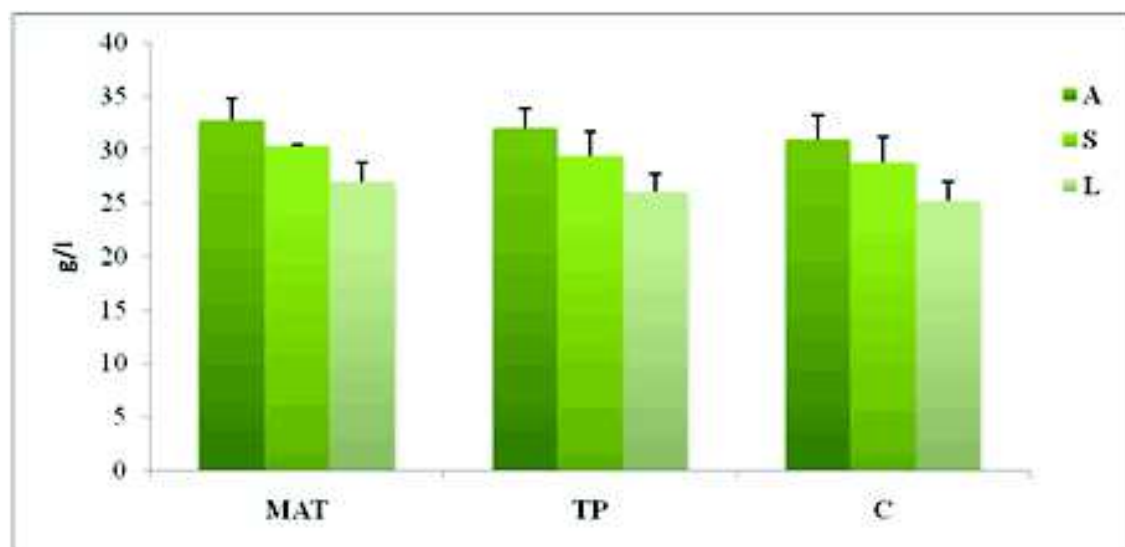


Figure n°30 - Variation du taux des matières azotées totales et ces principales fractions en fonction de la race.

Selon la **figure n°30**, la teneur en protéine de la race Alpine est la plus élevée (32,02g/l). Par contre celle de la race locale est la plus faible (26,02g/l). Cette valeur est relativement proche de celle décrite par **Boubezari (2010)** pour la race locale à Jijel qui est de 2,59%.

De plus, **Bondesan et al. (2013)** ont montré que les teneurs en protéines étaient plus élevées chez les chèvres Alpines comparées à celles de la race Saanen dont les taux sont respectivement de 3,30 et 2,84 %.

La race a été fréquemment rapportée dans la littérature comme l'un des principaux variables qui influent sur la composition du lait de chèvre, y compris les fractions de caséine (**Clark et Sherbon, 2000 ; Moatsou et al., 2004**). La proportion des différentes fractions de caséine, en particulier la α 1-CN ont une influence sur les propriétés de coagulation, le rendement en fromage et le contenu en protéines (**Ambrosoli et al., 1988; Grosclaude et al., 1994 ; Clark and Sherbon, 2000**).

Selon **Zahraddeen et al. (2007)**, le pourcentage moyen de protéine brute observé dans le lait de chèvre a été influencé par la race et les différences observées entre les races peuvent être attribuées au facteur génétique.

Auparavant, **Jenot (1998)** a montré après une réalisation d'un contrôle laitier du lait de chèvre, que les principales différences ne sont pas liées à la race mais plutôt à l'origine de l'animal, c'est-à-dire son caractère héréditaire ou génotype (par exemple, le type de variant génétique de la caséine α S1). Par ailleurs, plus la quantité de lait produite est importante moins le lait est riche en protéines.

En effet, Les teneurs en protéines sont variables au sein des différentes races caprines et ils sont génétiquement contrôlés, en particulier par le locus de la caséine α S1, qui présente un haut degré de polymorphisme (**Moatsou et al., 2004**).

La **Figure n°31** illustre le tracé des boîtes à moustaches des matières azotées totales et des constituants protéiques en fonction de la race.

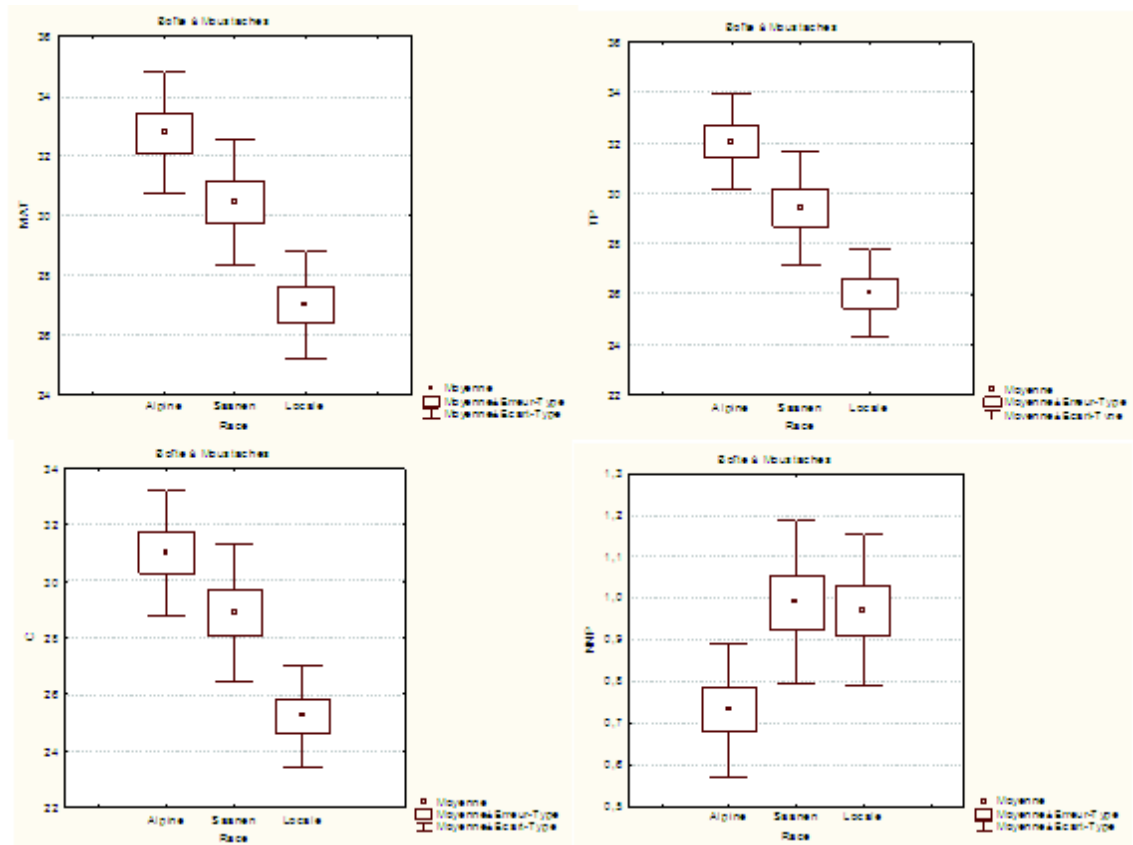


Figure n°31 - Tracé des boîtes à moustaches des matières azotées totales et des constituants protéiques en fonction de la race.

2-2-2- Les proportions relatives de protéines et de caséines

L'étude statistique montre que la race a un effet hautement significatif sur les rapports taux de protéines sur le taux des matières azotées totales (TP/MAT) et celui des caséines sur les protéines (C/TP).

En effet, le rapport TP/MAT du lait de la race Alpine est le plus important, par contre c'est le ratio C/TP des laits de la race Saanen qui est le plus élevé.

La **figure n°32** présente le tracé des boîtes à moustaches des rapports TP/MAT et C/TP en fonction de la race.

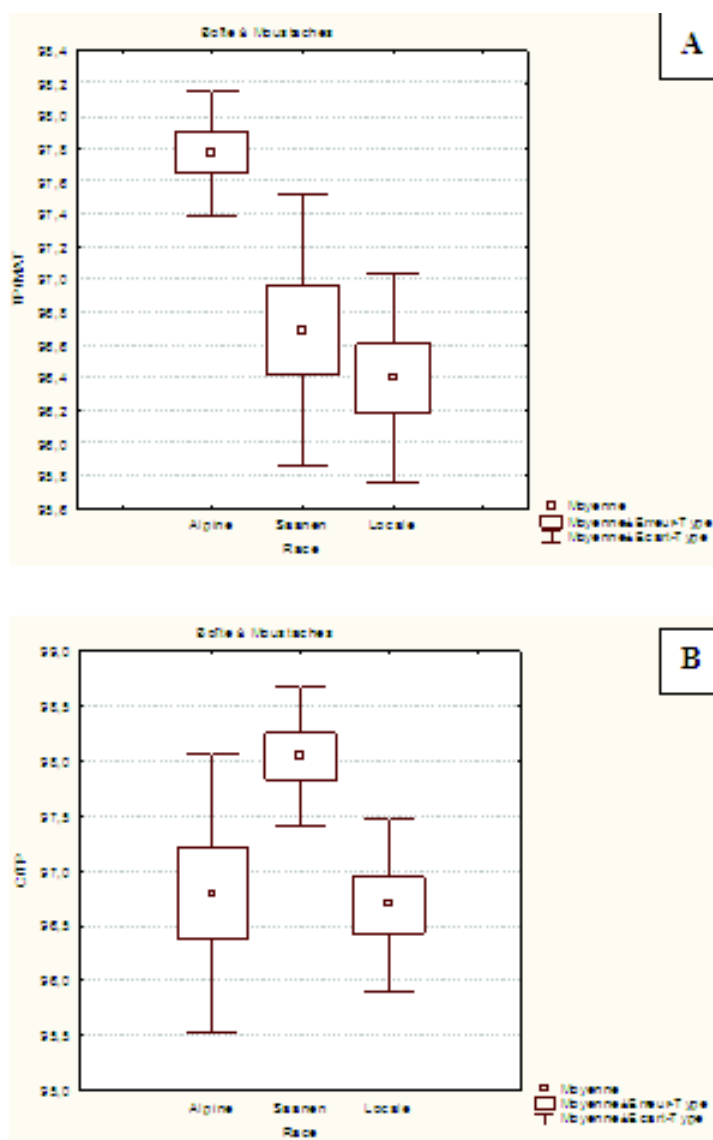


Figure n°32 - Tracé des boîtes à moustaches des rapports TP/MAT(A) et C/TP(B) en fonction de la race.

2-3- Effet de la race sur le pH et l'acidité

Les valeurs du pH des trois races (Tableau n°18) sont en concordance avec celles rapportées par plusieurs auteurs. Ainsi, **Imran (2008)** a enregistré un pH de 6,59, **Drackova et al . (2008)** ont rapporté un pH de 6,63 et **Moualek (2011)** a noté une fourchette de 6,58 à 6,65 pour le lait caprin.

Agnihotri (2002) n'a pas observé de différence significative du pH du lait de chèvre entre les races indienne (Jamunapari, Barbari) et un mélange de lait de l'Ouest de la région. Le même résultat a été trouvé par **Bondesan et al . (2013)** pour les races Alpine et Saanen.

Contrairement, **Agnihotri** et **Rajkumar (2007)**, ont rapporté un effet significatif de la race caprine sur le pH du lait de chèvre. Le même résultat a été observé par **Pal et al . (1996)**.

Pour **Agnihotri et Pal (1996)**, cette variabilité est probablement due à la race, au stade de lactation, à la santé de l'animal, ainsi que le niveau de contamination bactérienne dans le lait cru de chèvre.

Aussi, les valeurs d'acidité des trois races se situent dans l'intervalle donné par **Amiot et Lapointe-Vignola (2002)** soit 14-18 °Dornic.

2-4- Effet de la race sur l'extrait sec total et l'extrait sec dégraissé

La **figure n°33** montre la variation du taux d'extrait sec total et l'extrait sec dégraissé en fonction de la race

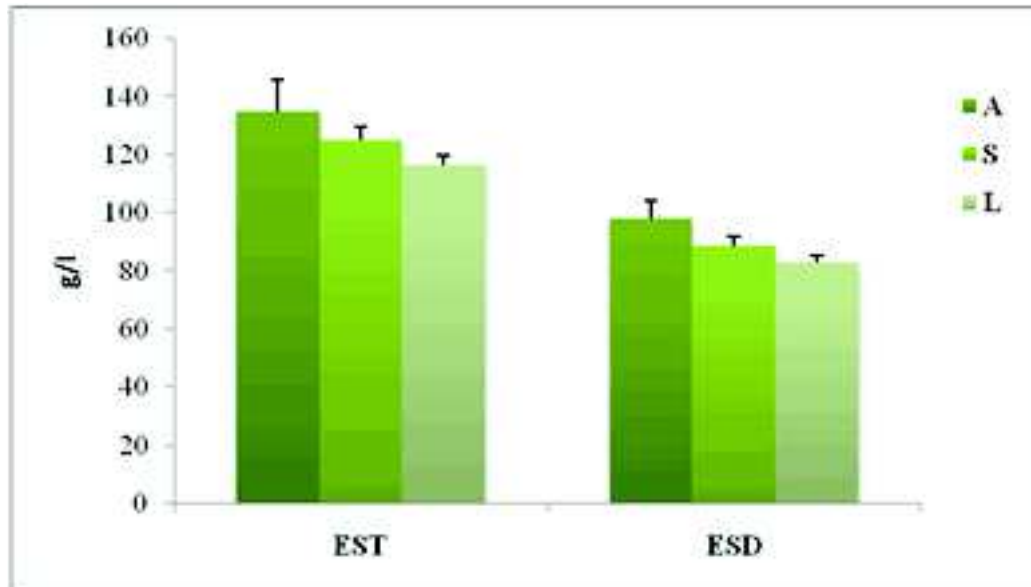


Figure n°33 - Variation du taux de l'extrait sec total et l'extrait sec dégraissé en fonction de la race.

Les résultats présentés dans le **tableau n°18** montrent que statistiquement, il existe une différence hautement significative de l'EST et de l'ESD ($p < 0,01$) entre les différentes races. Une tendance similaire a été trouvée par **Addass et al. (2013)** pour les trois races au Niger : Sokoto Rouge, chèvre de Sahel, et la naine d'Afrique de l'Ouest.

Les valeurs de l'EST obtenus se situent dans l'intervalle rapporté par **Jenot (1998)** soit 116 à 134g/l de lait.

Selon **Croguennec et al. (2008)**, l'augmentation ou la diminution de l'extrait sec total est en relation directe avec la variation notamment du taux protéique et du taux butyreux.

2-5- Conclusion

L'étude de l'effet de la race sur la composition chimique du lait de chèvre révèle des différences importantes :

- La race Alpine donne un lait plus riche en matière grasse et en acides gras que la Saanen et la race locale ;
- Comparativement aux races importées (Alpine et Saanen), la race locale présente des teneurs plus élevées en acides gras saturés et réduites en acides gras insaturés ;
- Ainsi, la race Alpine produit un lait plus riche en matières azotées totales, en protéines et en caséines.

L'étude statistique a montré que le facteur race n'a pas d'influence significative sur les MG et les AGT. Par contre son influence est hautement significative sur les matières azotées totales, les protéines et les caséines et par conséquent sur l'EST et l'ESD.

D'un autre côté, des variations significatives ont été enregistrées dans les rapports C/TP et TP/MAT des laits, en fonction de la race.

En outre, nous avons étudié l'effet de l'interaction du stade de lactation et de la race sur la composition chimique du lait de chèvre. Le test ANOVA factorielle est mis en œuvre en tenant compte des paramètres des laits. Les résultats de ce test sont donnés par le **tableau n°20**.

| | ddl | p |
|-------------------------|-----|----------|
| Stade de lactation*Race | 36 | 0,000000 |

Tableau n°20 - Analyse statistique (ANOVA factorielle) de l'effet du stade de lactation et de la race.

Dans les conditions de l'étude, l'interaction Stade de lactation*Race a un effet hautement significatif sur la composition chimique du lait de chèvre. En effet, la réaction des trois races est différente face aux changements du stade de lactation.

3- Étude de la corrélation entre les facteurs de production et les variables physicochimiques du lait de chèvre

Le test de corrélation est effectué pour mettre en évidence les relations de dépendance qui peuvent exister entre les différents facteurs étudiés.

La matrice de corrélation résultante est présentée dans le **tableau n°21**. On peut rejeter l'hypothèse nulle (absence de corrélation significative entre les variables) au seuil de signification total $\alpha = 0,05$.

La matrice de corrélation révèle des corrélations très hautement significative entre :

- Le taux butyreux et respectivement le taux d'acides gras ($r = +1,00$), et l'extrait sec total ($r = +0,87$) et le pH ($r = -0,85$) ;
- L'extrait sec total et respectivement l'extrait sec dégraissé ($r = +0,98$), les matières azotées totales ($r = +0,88$), le taux protéique ($r = +0,87$) et le taux caséique ($r = +0,86$) ;
- Le taux protéique et le taux caséique ($r = +1,00$).

D'autre part ce test confirme aussi ce qui a été trouvé par le test ANOVA à un facteur :

Il existe une dépendance significative de la teneur en extrait sec dégraissé ($r = -0,82$), en extrait sec total ($r = -0,74$), les matières azotées totales ($r = -0,78$), taux protéique et le taux caséique ($r = -0,79$; $r = -0,75$ respectivement) de la race.

| | SL | Race | pH | Acidité | MG | AGT | EST | ESD | D | MAT | NNP | TP | C | PS | NST | TP/MAT | C/TP |
|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|
| SL | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Race | -0,00 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | 0,29 | 0,29 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | |
| Acidité | 0,21 | -0,12 | -0,55 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | |
| MG | 0,03 | -0,41 | -0,85 | 0,63 | 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| AGT | 0,03 | -0,41 | -0,85 | 0,63 | 1,00 | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| EST | 0,08 | -0,74 | -0,75 | 0,54 | 0,87 | 0,87 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| ESD | 0,09 | -0,82 | -0,64 | 0,45 | 0,74 | 0,74 | 0,98 | 1,00 | | | | | | | | | |
| D | -0,71 | 0,26 | -0,18 | -0,51 | -0,03 | -0,03 | -0,20 | -0,25 | 1,00 | | | | | | | | |
| MAT | 0,33 | -0,78 | -0,54 | 0,60 | 0,72 | 0,72 | 0,88 | 0,87 | -0,54 | 1,00 | | | | | | | |
| NNP | -0,38 | 0,49 | -0,34 | 0,02 | 0,14 | 0,14 | -0,23 | -0,37 | 0,55 | -0,32 | 1,00 | | | | | | |
| TP | 0,34 | -0,79 | -0,50 | 0,59 | 0,69 | 0,69 | 0,87 | 0,88 | -0,56 | 1,00 | -0,38 | 1,00 | | | | | |
| C | 0,36 | -0,75 | -0,53 | 0,62 | 0,72 | 0,72 | 0,86 | 0,86 | -0,56 | 1,00 | -0,32 | 1,00 | 1,00 | | | | |
| PS | -0,29 | -0,27 | 0,37 | -0,43 | -0,42 | -0,42 | -0,09 | 0,06 | 0,03 | -0,20 | -0,55 | -0,16 | -0,25 | 1,00 | | | |
| NST | -0,66 | 0,08 | 0,15 | -0,49 | -0,38 | -0,38 | -0,30 | -0,24 | 0,50 | -0,51 | 0,20 | -0,51 | -0,57 | 0,71 | 1,00 | | |
| TP/MAT | 0,43 | -0,66 | 0,10 | 0,20 | 0,13 | 0,13 | 0,49 | 0,61 | -0,64 | 0,61 | -0,94 | 0,66 | 0,61 | 0,40 | -0,33 | 1,00 | |
| C/TP | 0,24 | -0,04 | -0,51 | 0,49 | 0,60 | 0,60 | 0,34 | 0,20 | -0,11 | 0,45 | 0,41 | 0,41 | 0,49 | -0,93 | -0,74 | -0,20 | 1,00 |

Tableau n°21 - Matrice de corrélation entre les facteurs de production et toutes les variables physicochimiques du lait de chèvre.

En couleur rouge, valeur de « r » significative au seuil $\alpha=0,05$; r : coefficient de corrélation ; SL : stade de lactation.

Ainsi, il existe une corrélation significative entre le rapport TP/MAT et la race ($r = -0,66$).

On constate que les facteurs liés à l'animal font varier les taux butyreux et protéique dans le même sens ($r = +0,03$ TB et $r = +0,34$ TP) pour le stade de lactation et ($r = -0,41$ TB et $r = -0,78$ TP) pour la race.

4- Résultats des analyses microbiologiques

| Germes recherchés(germes/ml) | Début lactation | Mi lactation | Fin lactation | Normes(JORA*) |
|--------------------------------------|-----------------|----------------|--------------------|---------------------------|
| GAMT | 35.10 | 45.10 | 80.10 ² | 10 ⁵ germes/ml |
| Coliformes totaux | 4 | 4 | 7 | < 100 germes/ml |
| Coliformes fécaux | Absence | Absence | Absence | 10 ³ germes/ml |
| Streptocoques fécaux | Absence /0,1ml | Absence /0,1ml | Absence /0,1 ml | Absence/0,1ml |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Absence | Absence | Absence | Absence |
| <i>Clostridium</i> sulfite réducteur | Absence | Absence | Absence | Absence |
| Levures et moisissures | < 15 | < 15 | < 15 | Tolérance à 1000 |

Tableau n°22 - Résultats des analyses microbiologiques du lait de chèvre.

*Journal Officiel de la République Algérienne (1998)

D'après le tableau ci-dessus, nous pouvons remarquer que le nombre des GAMT (germes aérobies mésophile totaux) et des coliformes totaux des différents échantillons des laits de chèvre se trouve au dessous des valeurs indiquées par la norme algérienne (J.O.R.A. 1998).

En effet, la traite lors des essais expérimentaux a été réalisée dans les conditions d'hygiène adéquate. L'absence de coliformes fécaux et la présence très faible des

coliformes totaux confirment cet état et constituent un indicateur d'hygiène. Par ailleurs, le climat sec de la région de Ghardaïa représente un facteur important qui freine la prolifération des germes dans l'exploitation et dans les locaux de la traite.

Les streptocoques fécaux, *Staphylococcus aureus* et les Clostridium sulfite réducteur sont absents dans les différents échantillons des laits et répondent aux normes dictées par J.O.R.A. (1998).

Le nombre des levures et des moisissures sont au dessous du nombre toléré par J.O.R.A. (1998).

5- Analyses globales des différents échantillons

Pour confirmer ces résultats, on a opté pour l'étude de l'analyse en composante principale (ACP) ainsi que l'analyse factorielle discriminante (AFD).

5-1- Analyse en composante principale

Le plan factoriel 1x2 de l'ACP, réalisée à partir des individus et des variables qui décrivent la composition physicochimique des laits, présente la projection des différents échantillons sur les deux premiers axes (F1 et F2) (**figure n°34**)

Cette Analyse en Composante Principale montre que les deux premiers axes (F1 et F2) représentent 77,51% de la variabilité.

On remarque que sur le total des variables, l'information se concentre essentiellement autour des variables suivantes : AGT, MG, acidité, EST, ESD, MAT, C et TP. Ces variables sont bien présentées sur le plan du fait qu'ils sont proches du bord du cercle des corrélations. Ainsi, elles corrélaient positivement entre elles et négativement avec le pH.

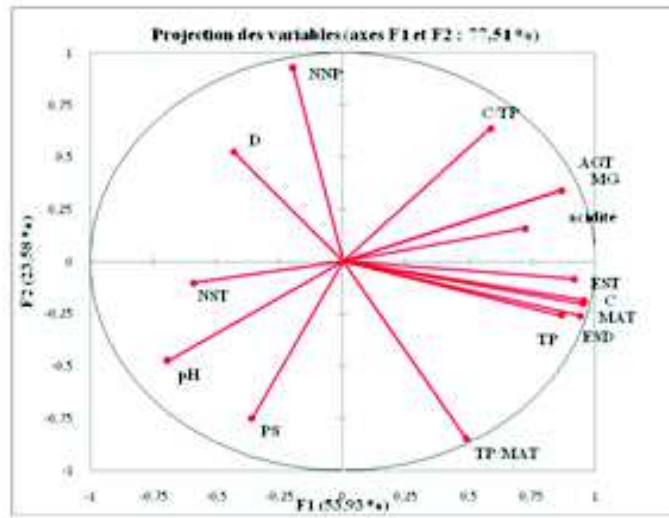
D'après la **figure n°34(B)**, l'axe F1 divise les individus en deux groupes :

- Le premier groupe (côté positif de l'axe) regroupe les individus des races Alpine et Saanen en premier et troisième stades de lactation. Si on regarde le Biplot des variables et des individus, on remarque que ce premier groupe correspond aux échantillons de lait les plus riches en AGT, MG, EST, ESD, MAT, C et TP avec une acidité plus élevée et présentent le pH le plus faible.
- Le deuxième groupe (côté négatif de l'axe) regroupe les individus de la race Locale pour les trois stades de lactation ainsi que ceux des races Alpine et Saanen pour le deuxième stade de lactation. A partir du Biplot, on remarque que contrairement au premier groupe, le deuxième groupe correspond aux laits qui ont des teneurs faibles en AGT, MG, acidité, EST, ESD, MAT, C et TP et un pH plus élevé.

Sur la même figure, l'axe F2 montre que les laits issus de la race Alpine en deuxième stade sont les plus riches en PS. Ainsi, les échantillons de lait issus de race Saanen en premier stade représentent une teneur en NNP la plus importante.

On constate que le premier axe donne une comparaison globale entre les différentes races et stades de lactation, c'est l'axe qui donne plus d'information.

A :



B :

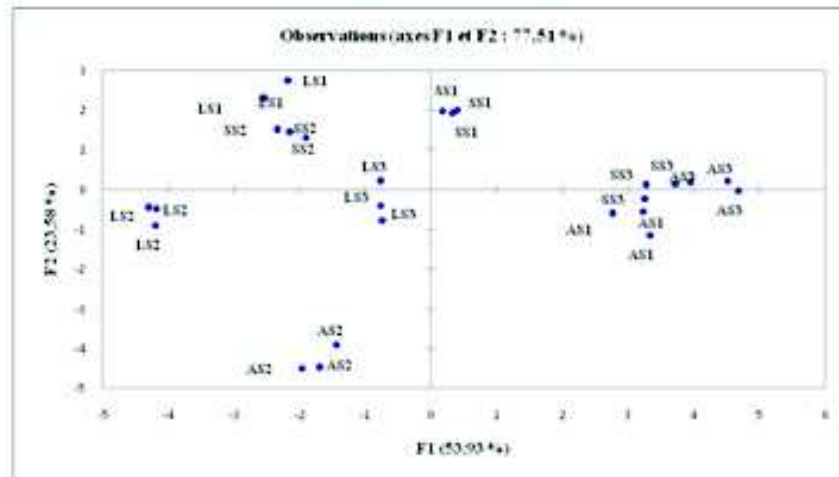
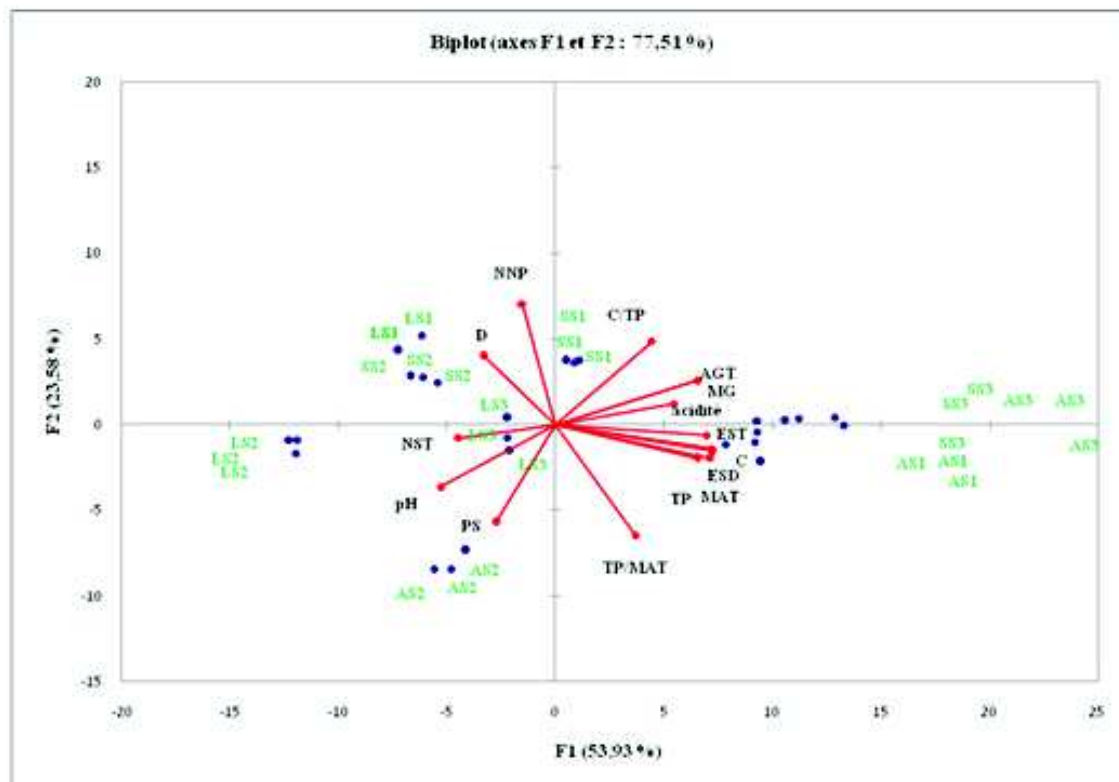


Figure n°34 - Représentation simplifiée du plan factoriel 1x2 de l'ACP.

C :



A : Projection des variables, (**AGT**) Acide gras, (**MG**) matière grasse, (**EST**) extrait sec total, (**ESD**) Extrait sec dégraissé, (**C**) Caséine, (**MAT**) Matière azotée totale, (**TP**) Taux protéique, (**NNP**) Azote non protéique, (**PS**) Protéine soluble, (**NST**) Azote soluble, (**D**) densité.

B : projection des individus, (**A**) Alpine, (**S**) Saanen, (**L**) Locale, (**S1**) premier stade de lactation, (**S2**) deuxième stade de lactation, (**S3**) troisième stade de lactation.

C : Biplot (F1 x F2) des variables et des individus.

5-2- Analyses factorielle discriminante

Cette Analyse factorielle discriminante montre que les deux premiers axes (F1 et F2) représentent 86,86% de la variabilité.

- Projection des variables

D'après la **figure n°35 (A1)**, l'axe F1 est très corrélé avec MAT, TP, C, EST, ESD, MG, AGT et acidité et les rapports TP/MAT et C/TP. Elles se situent toutes à droite de l'origine. La projection sur le premier plan factoriel montre une corrélation positive entre ces variables : l'augmentation de la valeur d'une variable est suivie par celle des autres variables.

Ces variables se rapprochent du cercle de corrélation et elles corrént négativement avec le pH, le PS et la densité.

Le deuxième axe F2 ne traduit pas d'opposition entre les variables.

- Projection des individus

Le nuage qui représente la projection des points-individus sur l'axe F1 fait apparaître deux groupes :

Le premier groupe (côté positif de l'axe) regroupe tous les échantillons du lait de la race Alpine et Saanen en premier et troisième stade de lactation.

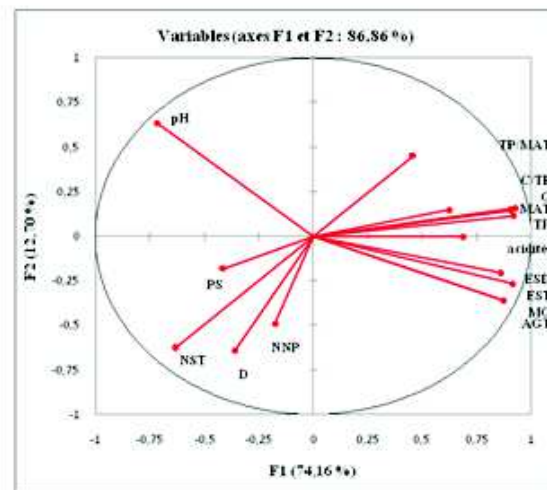
Le deuxième groupe (côté négatif de l'axe) regroupe les échantillons du lait de la race Locale pour les trois stades de lactation ainsi que ceux de l'Alpine et la Saanen en deuxième stade de lactation.

Lorsqu'on superpose les deux graphes on remarque que les laits de troisième et de premier stades de lactation pour l'Alpine et la Saanen sont plus riches en TP, C, EST, ESD, MG, AGT et acidité et ont les rapports TP/MAT et C/TP les plus élevés que ceux du deuxième stade de lactation. En revanche, ces indices sont plus faible chez la race locale.

Le deuxième axe (F2) ne présente aucune division.

On constate que le premier axe factoriel (F1) donne une comparaison globale entre les trois stades de lactations (S1, S2 et S3) ainsi que pour les trois races (Alpine, Saanen et Locale).

A1 :



B1 :

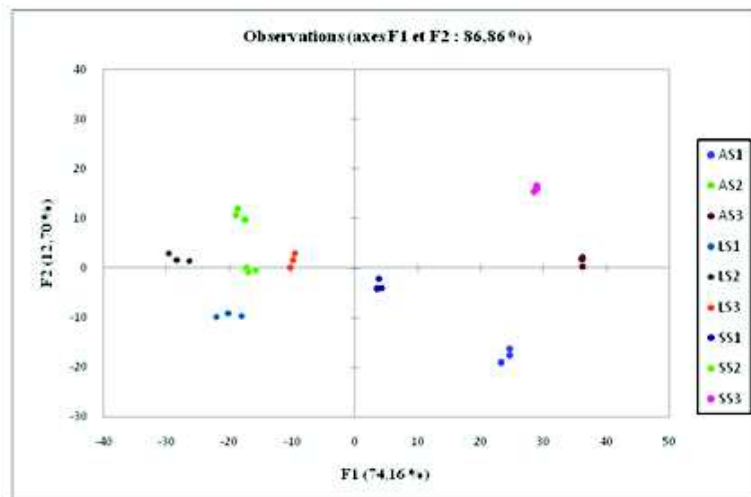


Figure n°35 - Représentation simplifiée du plan factoriel 1x2 de l'AFD.

Chapitre III - Fromage

1- Caractérisation de l'extrait enzymatique brut d'origine caprine

1-1- Caractère apparent de l'extrait enzymatique

L'extrait enzymatique brut (EEB) obtenu est de couleur brune clair, il est liquide et présente une odeur caractéristique de caillette de caprin.

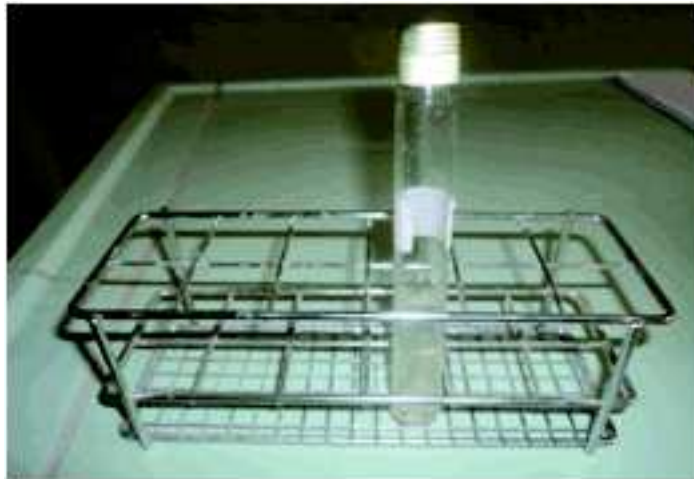


Figure n°36 - Caractère apparent de l'extrait enzymatique.

1-2- Mesure de l'activité coagulante de l'extrait enzymatique brut (EEB)

L'activité coagulante est une caractéristique technologique importante d'une présure, car elle affecte les propriétés du caillé (**Moschopoulou, 2011**). L'activité coagulante de la présure artisanale est influencée par la procédure de préparation et les conditions du stockage. **Anifantakis et Green (1980)** ont trouvé que l'extraction avec une solution de NaCl à 6% et de l'acide borique à 2% donnent de la présure avec une activité coagulante élevée.

La force coagulante de notre extrait enzymatique brut obtenu à partir de caillette de chevreau est de 1/1043. Cette valeur est largement inférieure à celle de la présure commerciale dont la force est de 1/10000 et inférieure à celle rapportée par **Nouani et al . (2011)** au cours d'une étude réalisée sur l'extraction, la purification et la caractérisation de protéase extraite à partir du proventricule de poulet qui est de 1/3200.

Tavaria et al . (2001) ont rapporté une activité coagulante de 1/555 pour l'extrait enzymatique de *Cynara cardunculus*.

1-3- Dosage des protéines de l'extrait enzymatique brut (EEB)

Le dosage des protéines de la solution enzymatique a été effectué selon la méthode de **Lowry (1951)**. La concentration en protéines totales de l'extrait enzymatique est de 1,53mg/ml. Cette valeur est se rapproche de celle obtenue par **Mahboub et al . (2012)** qui est de 0,807 mg/ml pour l'extrait coagulant issus de la caillette de dromadaires. Elle est légèrement inférieure à celle trouvée par **Pontual et al . (2012)** pour l'extrait enzymatique des fleurs de *Moringa oleifera* qui est de 2,94 mg /ml.

1-4- Mesure de l'activité protéolytique de l'extrait enzymatique brut (EEB)

L'activité protéolytique durant l'affinage du fromage, due à la quantité d'enzyme retenue par le caillé, joue un rôle essentiel dans la dégradation des caséines (**Wilkinson et Kilcawley, 2004**).

La protéolyse est le phénomène dominant de l'affinage : il se traduit par la libération successive de peptides, puis d'acide aminés ; ces derniers peuvent être eux même dégradés en composants variés contribuant à la flaveur marquée de certains fromages très affinés.

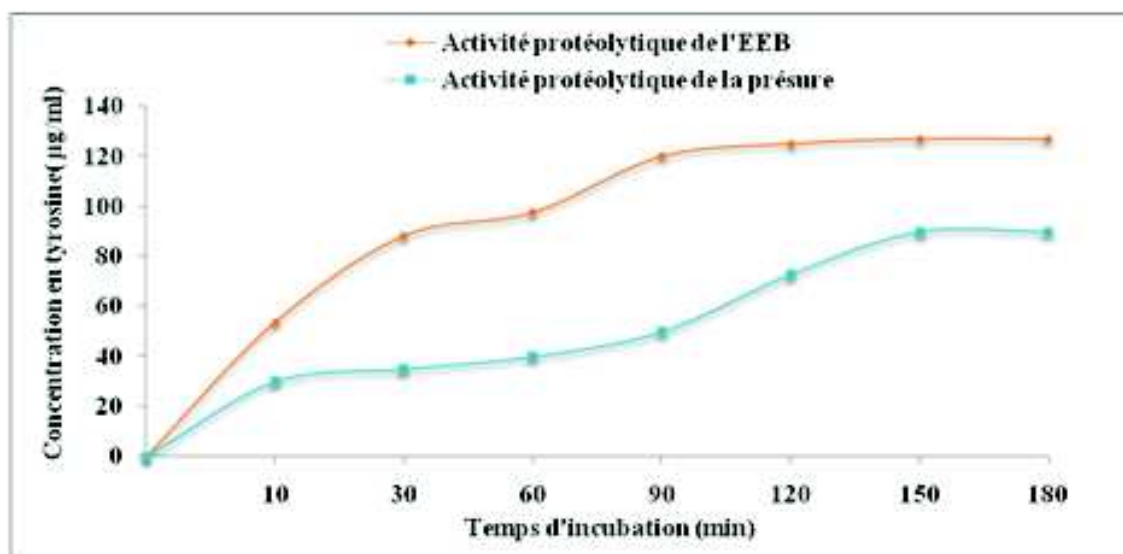


Figure n° 37 - Activité protéolytique de l'extrait coagulant caprin et la présure.

L'évolution des peptides au cours de l'hydrolyse enzymatique est montrée par la **figure n°37**, elle est exprimée en concentration de tyrosine en fonction du temps.

Les résultats montrent que l'activité protéolytique de l'EEB caprin est plus importante que celle de la présure.

Nous observons deux phases différentes, la première correspond à un accroissement progressif de l'activité protéolytique dans un intervalle de temps d'incubation allant de 10 à 90 minutes, la seconde correspond à une stabilisation de l'activité protéolytique dans l'intervalle compris entre 90 et 180 minutes.

Lors de la première phase, l'augmentation progressive de la protéolyse peut s'expliquer par l'augmentation de temps de contact entre l'enzyme et le substrat, ce qui provoque une hydrolyse des protéines de plus en plus importante. Par contre, la stabilité de l'activité protéolytique peut s'expliquer par une action complète de l'enzyme sur le substrat.

D'une façon générale, la coagulase doit avoir une faible activité protéolytique car si cette dernière est excessive, elle peut être responsable du goût amer et d'une mauvaise texture du fromage.

2- Caractéristiques de l'extrait enzymatique brut (EEB)

2-1- Influence de la température du lait sur l'activité coagulante

L'influence de ce facteur sur l'activité coagulante de notre extrait enzymatique a été déterminée en portant le lait à différentes températures allant de 30 à 75°C avec un intervalle de 5°C.

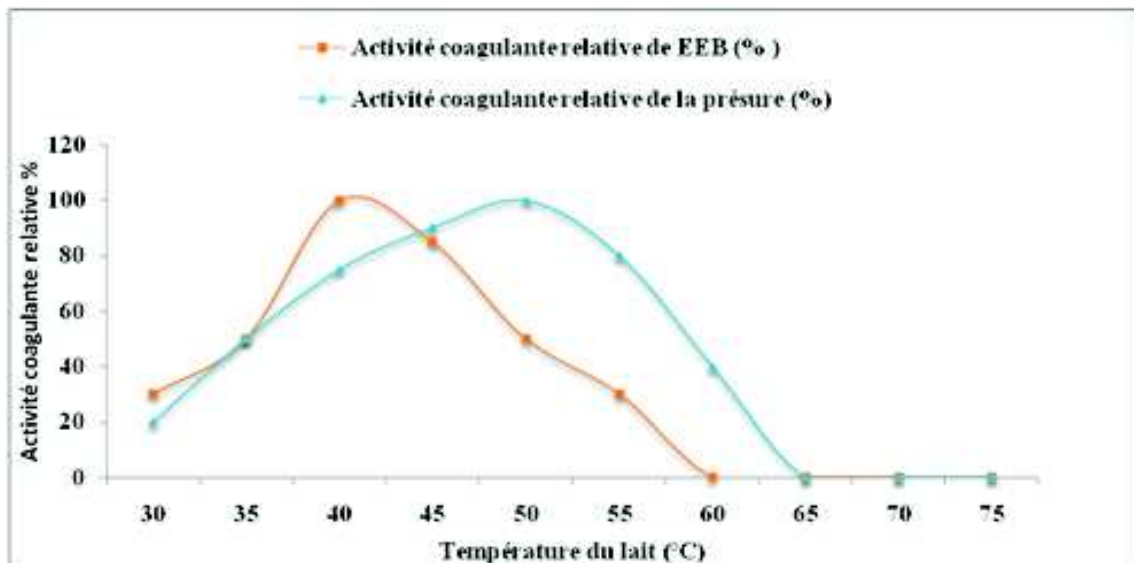


Figure n°38 - Influence de la température du lait sur l'activité coagulante de l'EEB et de la présure.

Les résultats obtenus lors de notre expérimentation font apparaître que l'activité coagulante augmente progressivement avec l'augmentation de la température jusqu'à atteindre un optimal de 40°C pour l'EEB et 50°C pour la présure.

D'après **Brulé et Lenoir (1984)**, l'influence de la température sur le temps de coagulation résulte de deux effets, l'un sur la réaction enzymatique et l'autre sur la phase d'agrégation.

Au-delà de la valeur optimale, l'activité coagulante diminue progressivement jusqu'à ce qu'elle s'annule à une température du lait égale à 60°C et 65°C respectivement pour l'EEB et la présure.

Kumar et al . (2006) ont enregistré que l'activité coagulante, de l'extrait coagulant caprin, est stable jusqu'à 55°C avec une activité maximale à 30°C.

La valeur de température optimale de notre extrait enzymatique brut se rapproche de celle trouvée par **Siboukeur et al .(2005)** pour l'extrait enzymatique coagulant gastrique de dromadaires qui est de 42°C.

Poza et al . (2003) ont observé une température optimale à 37°C pour la protéase de *Myxococcus xanthus*. Cependant une température optimale de 60°C est observée chez la protéase *Rhizopus ryzae*, *Penicillium oxalicum* et *Cryptococcus albidus* (**Kumar et al ., 2005**)

Une enzyme de coagulation du lait appelé *Ficus religiosa* purifiée à partir de la tige de latexa montré une activité coagulante maximale à des températures de 55 et 60°C (**Kumari et al , 2012**).

Nouani (2009) a rapporté que celles des extraits d'origine végétale sont nettement supérieures, ou il mentionne que la protéase obtenue à partir de l'artichaut est de 70°C.

2-2- Influence de pH du lait sur l'activité coagulante

Les variations de l'activité coagulante de l'extrait enzymatique en fonction du pH du lait ont été déterminées en faisant varier le pH du lait de 5,2 à 7,2 avec un pallier de 0,2.

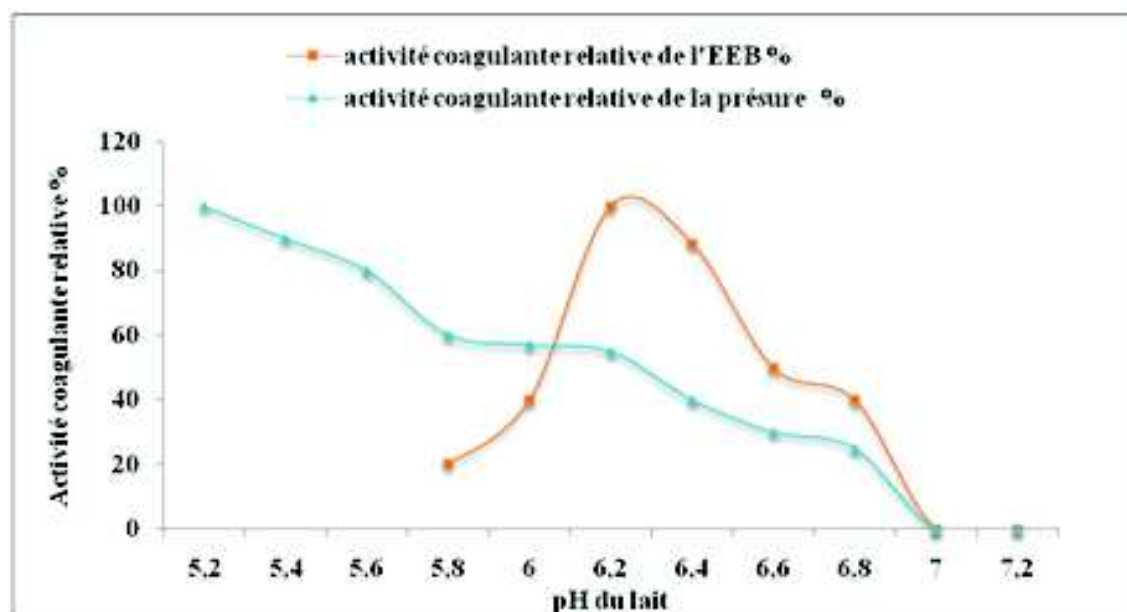


Figure n°39 - Influence du pH du lait sur l'activité coagulante de l'EEB et de la présure.

Les résultats enregistrés lors de notre expérimentation montrent que le temps de coagulation le plus court est observé aux pH inférieurs à 6,4 avec un optimum d'activité à 6,2 pour l'EEB caprin et 5,2 pour la présure.

Au-delà de cette valeur l'activité baisse considérablement et à pH 7 l'EEB et la présure sont complètement inactivés.

Il est à noter que les valeurs 5,2 jusqu'à 5,6 ne sont pas mentionnées sur la courbe de l'activité coagulante de l'EEB en fonction du pH car à ces valeurs de pH le lait avait déjà coagulé avant l'addition de l'extrait enzymatique à cause de la forte acidité du milieu.

Après l'extraction et la purification d'une coagulase à partir de la caillette de chevreau âgé de quinze jours par **Kumar et al . (2006)** une activité coagulante maximale a été observée à pH 5,5. Cela est semblable au résultat trouvé pour la chymosine de Buffle extraite par **Mohanty et al . (2003)**.

Par la suite, une forte baisse de l'activité a été observée à pH 5,8. Avec l'augmentation du pH, l'activité de coagulation du lait a baissé et aucune activité n'a été observée à pH 8,0. Toutefois, la chymosine de buffle (**Mohanty et al ., 2003**), la chymosine de chèvre (**Moschopoulou et al ., 2006**) et la chymosine de brebis transgénique (**Mezina et al ., 2001**) ont montré une activité qui diminue à pH 7,0 et ci-dessus.

2-3- Influence de la concentration en CaCl_2 sur l'activité coagulante

La variation de la concentration en CaCl_2 du lait est obtenue par addition des doses croissantes d'une solution dans un intervalle de 0,01M à 0,1M de CaCl_2 dans le but de situer l'optimum de l'activité coagulante de l'EEB.

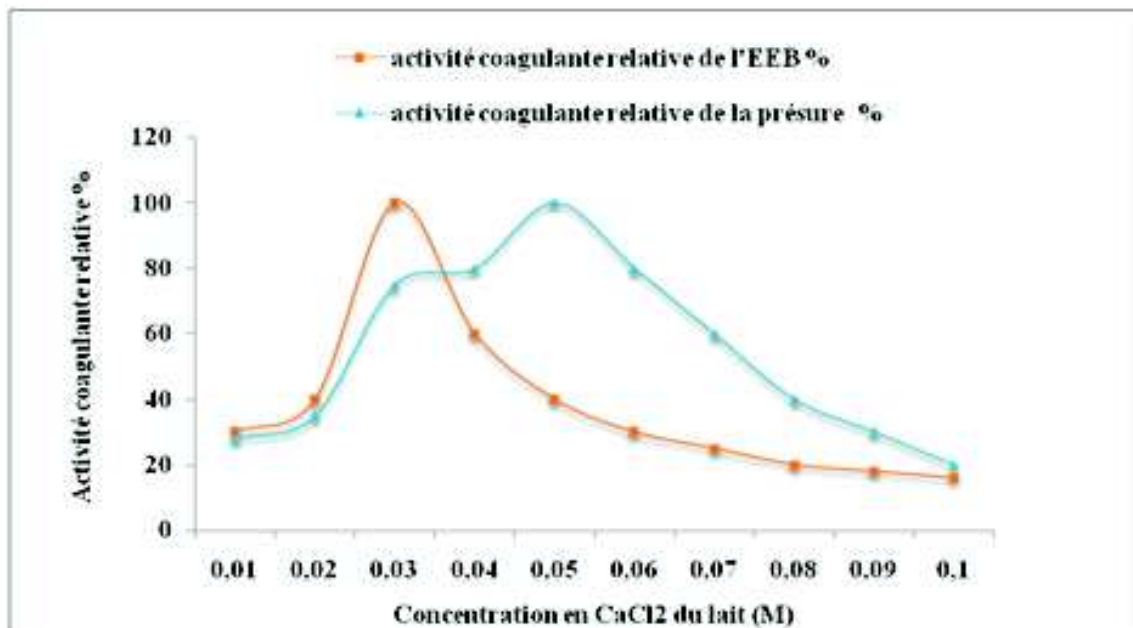


Figure n°40 - Influence de la concentration en CaCl₂ du lait sur l'activité coagulante de l'EEB et de la présure.

Les résultats présentés dans la **figure n°40** montrent que l'activité coagulante augmente jusqu'à une certaine concentration ou on note l'optimum à 0,03M et 0,05 M respectivement pour l'EEB et la présure.

Par ailleurs il a été observé une baisse de l'activité coagulante relative au-delà de la concentration optimale. Cela est dû à l'effet inhibiteur de calcium.

Dans une étude comparative des pepsines de poisson et de mammifère (porc et bovin), **Haard et al, (1985)** situent l'action coagulante optimale dans un intervalle de concentration en CaCl₂ entre 0,03 et 0,05M.

Alirezai et al . (2011) ont trouvé que l'optimum de concentration en CaCl₂ est de 0,025M pour l'extrait enzymatique d'*Actinidia Chinensis* (variété de Kiwi).

Ainsi, **Ding et al . (2011)** ont enregistré une activité coagulante maximale à 0,05 M pour la coagulase extraite à partir de *Bacillus subtilis*.

2-4- Influence de la concentration en enzyme sur l'activité coagulante

L'influence de la concentration en enzyme sur l'activité coagulante est déterminé en faisant varier la concentration en enzyme de 0,3 à 1,53mg/ml avec un pallier de 0,2.

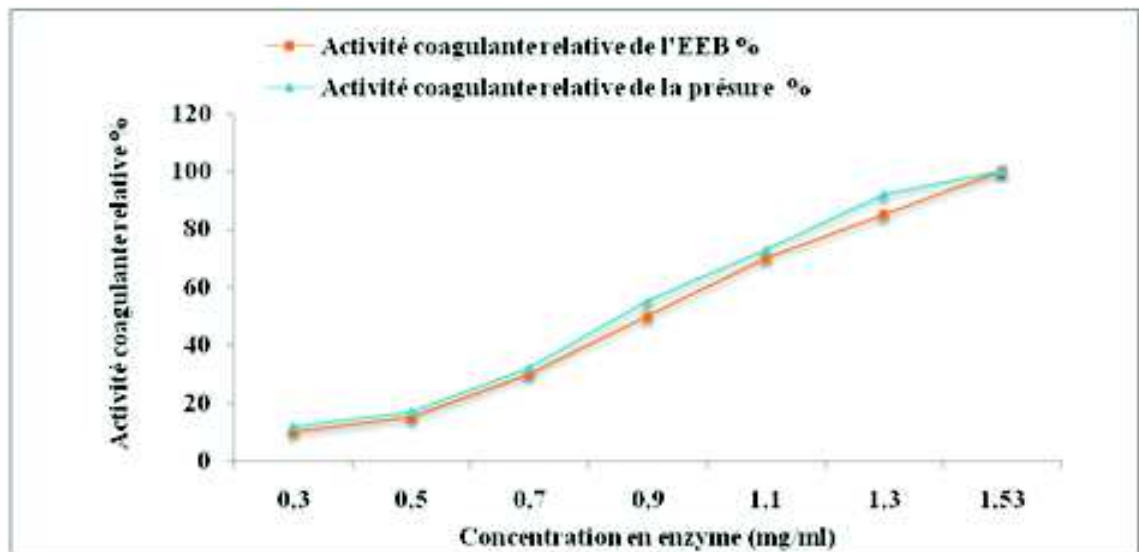


Figure n°41 - Influence de la concentration en enzyme sur l'activité coagulante de l'EEB et de présure.

Les résultats obtenus indiquent une augmentation de l'activité coagulante des deux coagulase (EEB caprin et présure) avec l'augmentation de la concentration en enzyme jusqu'à atteindre un maximum d'action à 1,53mg/ml.

Cependant, dans l'intervalle de 0,3 à 1,53 mg/ml on ne note pas de palier correspondant à une concentration saturante en extrait enzymatique.

3- Essai de fabrication du fromage frais traditionnel type « Kamaria »

3-1- Rendement fromager

Le rendement fromager est une des données les plus importantes pour une fromagerie. En effet la quantité de fromage généralement obtenue est faible par rapport à la quantité d'ingrédients mis en œuvre (il faut environ 100 kg de lait pour obtenir 10 à 12 kg de fromage) autrement dit, une faible variation de rendement peut avoir des conséquences économiques importantes (Vignola, 2010).

La **figure n°42** donne les rendements fromagers des différents échantillons du fromage fabriqués au cours de l'expérimentation.

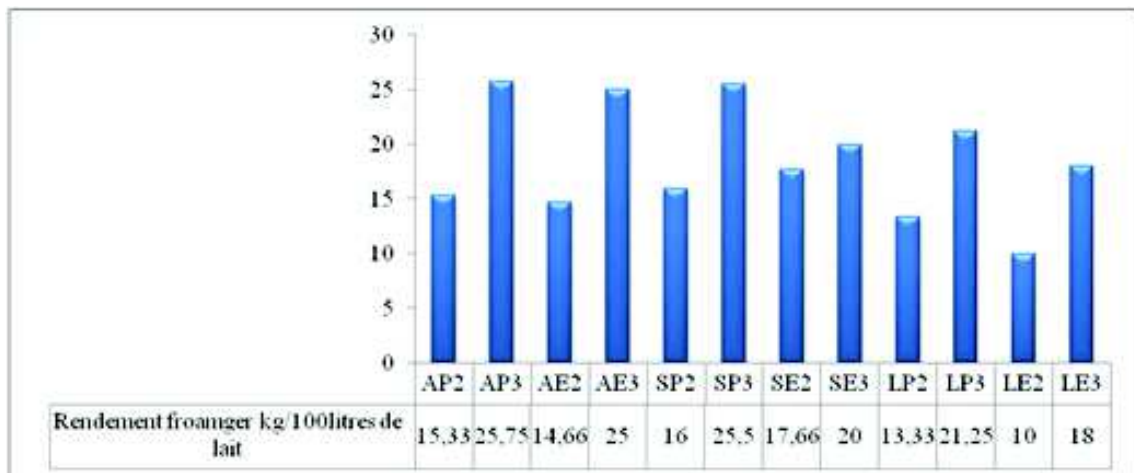


Figure n°42 - Rendements fromagers des différents échantillons de fromage.

AP : échantillon du fromage fabriqué à base du lait issu de la race Alpine à l'aide de présure ;

AE : échantillon du fromage fabriqué à base du lait issu de la race Alpine à l'aide d'EEB ;

SP : échantillon du fromage fabriqué à base du lait issu de la race Saanen à l'aide de présure ;

SE : échantillon du fromage fabriqué à base du lait issu de la race Saanen à l'aide d'EEB ;

LP : échantillon du fromage fabriqué à base du lait issu de la race Locale à l'aide de présure ;

LE : échantillon du fromage fabriqué à base du lait issu de la race Locale à l'aide d'EEB ;

2 : échantillons de fromage fabriqués au deuxième stade de lactation ;

3 : échantillons de fromage fabriqués au troisième stade de lactation.

Selon la **figure n°42** on constate une différence du rendement fromager entre les différents échantillons de fromage. Ces rendements semblent plus importants pour les fromages préparés avec des laits de troisième stade de lactation ainsi que pour la race Alpine.

Cette différence est due à l'origine du lait utilisé car la composition du lait, sa richesse en matière grasse et en protéines, influe directement sur le rendement fromager (**Lawrence, 1991a ; Kalantzopoulos1993 ; Vignola, 2002 ; Brito et al ., 2002; Guo et al ., 2004**).

Selon **Fenelon et Guinee (1999)**, les facteurs influant sur le rendement fromager incluent la composition du lait, la quantité et les variantes génétiques de la caséine, la qualité du lait, comptage des cellules somatiques (CCS) dans le lait, la pasteurisation du lait, le type coagulant, la fermeté du caillé à la coupe et les paramètres de la fabrication.

Pour confirmer ces résultats, on étudie séparément l'effet de chaque facteur (stade de lactation, race et agent coagulant) sur le rendement fromager.

3-1-1- Effet du stade de lactation sur le rendement fromager

L'analyse de la variance (ANOVA à un facteur) est utilisée pour savoir s'il y a une différence au niveau du rendement fromager en fonction du stade de lactation (S2 et S3). Les résultats sont donnés par le **tableau n°23**.

| | Moy.2±Ec.-type | Moy.3±Ec.-type | ddl | p | Ec.-type.Moy |
|---------------------------|----------------|----------------|-----|----------|--------------|
| Rendement fromager | 14,50=2,63 | 22,58=3,28 | 11 | 0,000828 | 5,71 |

Tableau n°23 - Résultats de l'analyse de la variance (ANOVA à un facteur) du rendement fromager en fonction du stade de lactation.

D'après le tableau ci-dessus, il existe une différence très hautement significative entre les deux stades de lactations en ce qui concerne le rendement fromager ($p \leq 0,01$). En effet, le rendement fromager est plus élevé pour le troisième stade de lactation (22,58%) comparativement au deuxième stade qui est plus faible (14,50%).

Selon **Czopowicz et al . (2013)**, le stade de lactation est un facteur qui influence le rendement du fromage, le caillé du lait et la qualité de petit-lait de chèvre.

En conséquence, on constate que le rendement fromager est lié à la composition du lait. Le lait du troisième stade de lactation est plus riche en protéine et en matière grasse que celui du deuxième stade.

Abd El-Gawad et Ahmed (2011) ont montré que le lait de fin de lactation a un contenu supérieur en caséine et en matière grasse, ainsi le rendement fromager du lait de fin de lactation est supérieur au rendement du fromage de lait de début de lactation.

Le potentiel du rendement du fromage de lait est largement tributaire sur la composition du lait, en particulier la matière grasse et les protéines (**Lawrence, 1991 a ; Brito et al ., 2002; Guo et al ., 2004**). Ainsi, **Colin et al. (1992)** ont montré que les teneurs en protéines et en matière grasse permettent d'expliquer 77% des variations du rendement fromager frais.

La **figure n°43** présente le tracé des moyennes de moindres carrées du rendement fromager en fonction du stade de lactation.

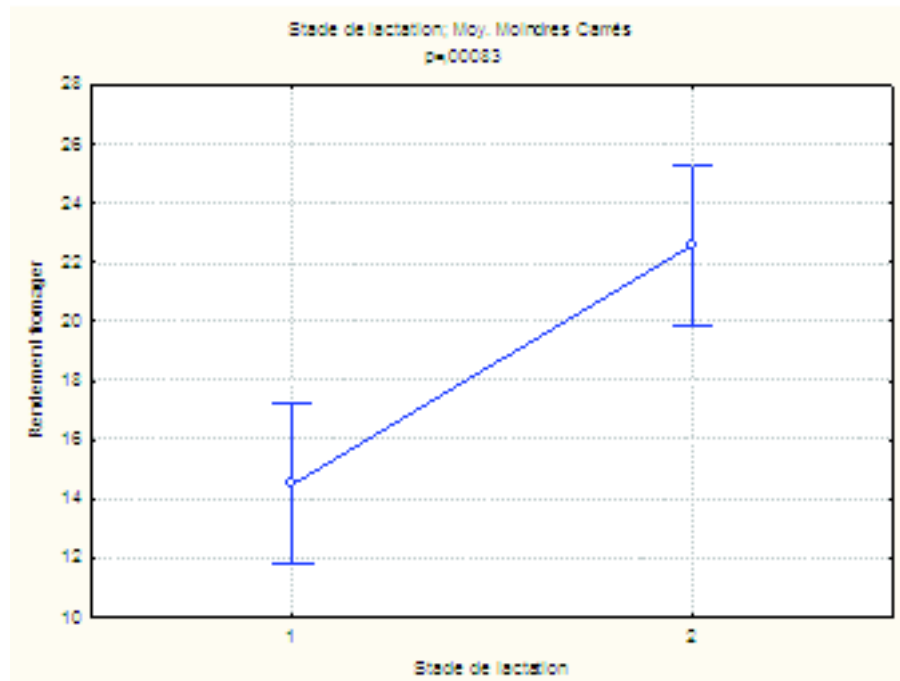


Figure n°43 - Tracé des moyennes de moindres carrés du rendement fromager en fonction du stade de lactation.

3-1-2- Effet de la race sur le rendement fromager

| | Moy.A±Ec.-type | Moy.S±Ec.-type | Moy.L±Ec.-type | ddl | p | Ec.-type.Moy |
|--------------|----------------|----------------|----------------|-----|----------|--------------|
| Rdt fromager | 20,18±6,00 | 19,79±4,14 | 15,64±4,97 | 11 | 0,000001 | 2,51 |

Tableau n°24 - Résultats de l'analyse de la variance (ANOVA à un facteur) du rendement fromager en fonction de la race.

Le **tableau n°24** montre qu'il existe une différence hautement significative entre les trois races en ce qui concerne le rendement fromager ($p \leq 0,01$).

Le rendement fromager plus important pour la race Alpine (20,18%) que celui de race Saanen (19,79%) et la race Locale (15,64%) est lié à la composition de son lait.

L'influence de la teneur en protéines du lait de chèvre sur le rendement fromager a été mise en évidence par **Portman et al. (1968)** ; **Ricordeau et Mocquot (1967)** qui ont observé que la teneur en caséine qui dépend de la teneur en caséine $\alpha S1$ conditionne le rendement fromager.

La **figure n°44** présente le tracé des boîtes à moustaches du rendement fromager en fonction de la race.

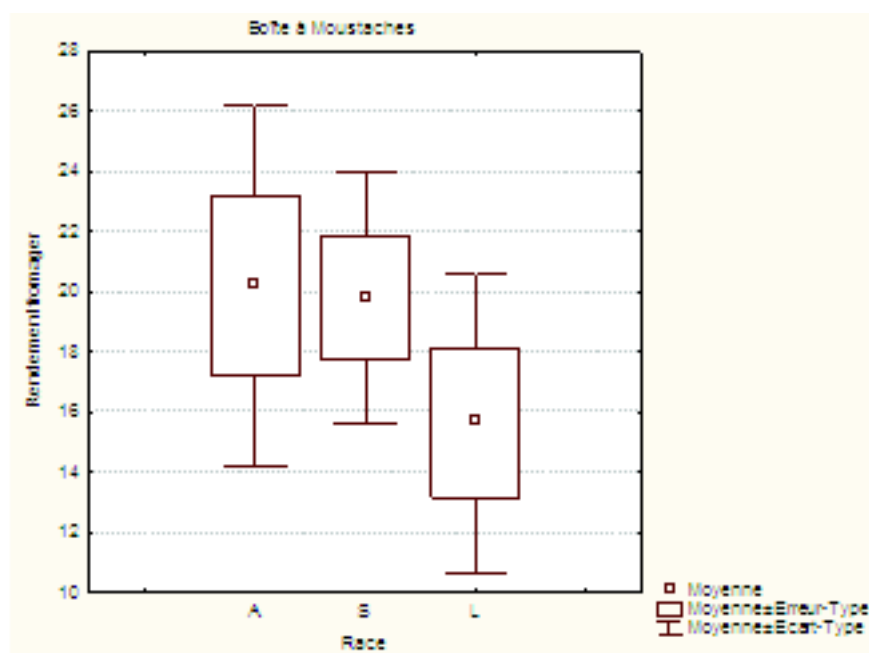


Figure n°44 - Tracé des boîtes à moustaches du rendement fromager en fonction de la race.

3-1-3- Effet de l'agent coagulant sur le rendement fromager

| | Moy.P±Ec.-type | Moy.EEB±Ec.-type | ddl | p | Ec.-type.Moy |
|--------------|----------------|------------------|-----|-------|--------------|
| Rdt fromager | 19,52±5,40 | 17,55±5,04 | 11 | 0,527 | 1,39 |

Tableau n°25 - Résultats de l'analyse de la variance (ANOVA à un facteur) du rendement fromager en fonction de l'agent coagulant.

Selon le tableau ci-dessus, on constate que l'agent coagulant n'a pas un effet significatif sur le rendement fromager ($p \geq 0,05$). Toutefois, des différences de rendement fromager sont signalées entre le fromage fabriqué à base de présure (P) et celui à base de l'extrait enzymatique brut d'origine caprine (EEB).

Plusieurs études ont aussi montré l'absence de différences significatives du rendement fromager lorsqu'on utilise des différents types de coagulants. Citant les enzymes des espèces *Mucor* et *Endothia parasitica* qui ont été comparés avec l'extrait de présure ou des mélanges de présure et la pepsine porcine (Abd El-Gawad et Ahmed, 2011).

Abd El-Rafee et al . (1998) ont trouvé que le rendement de fromage Mozzarella en utilisant la présure de *Mucor miehei*, était plus bas par rapport à l'utilisation d'autres types de coagulants.

Un temps de coagulation de présure plus long (caillé ferme à la coupe) entraîne une augmentation de l'humidité du fromage, ainsi qu'une augmentation du rendement en fromage (Johnson et al ., 2001).

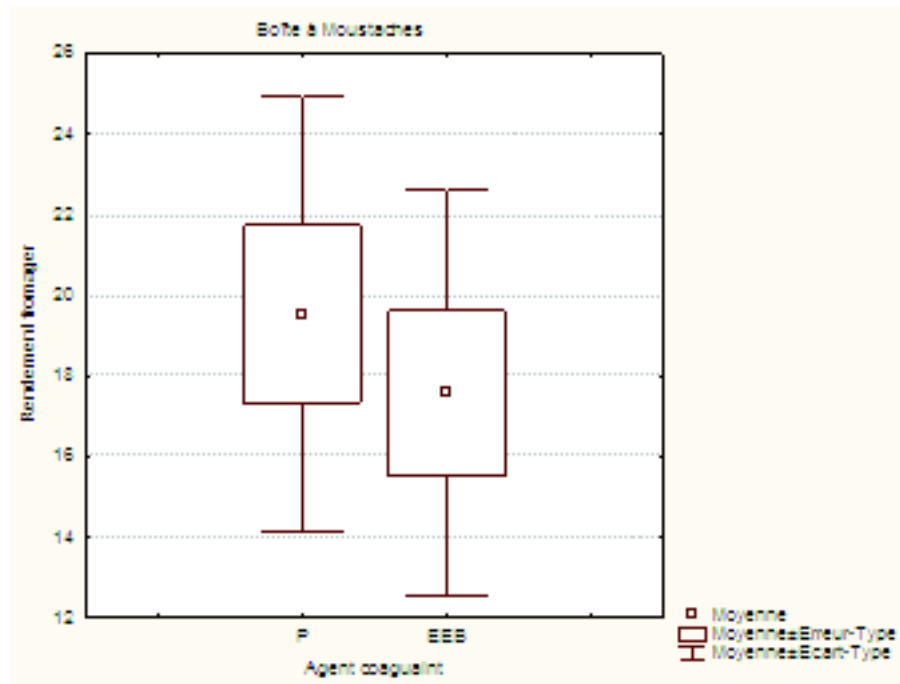


Figure n°45 - Tracé de boîtes à moustaches de rendement fromager en fonction de l'agent coagulant.

3-1-4- Conclusion

L'étude de l'effet du stade de lactation, de la race et de l'agent coagulant sur le rendement fromager révèle des différences importantes :

- Le rendement fromager est plus important en fin de lactation ;
- La race Alpine donne le rendement fromager le plus élevé par rapport aux deux autres races (Saanen et locale) ;
- Cela peut être expliqué par la répercussion directe de la composition chimique du lait sur la composition chimique du fromage.
- Le rendement fromager des échantillons fabriqués à base de présure est plus élevé que celui des fromages fabriqués à base de l'EEB ;

L'étude statistique a montré que les facteurs stades de lactation et race ont une influence significative sur le rendement fromager. Par contre, l'agent coagulant n'a pas un effet significatif sur ce dernier.

3-2- Variation de la composition du fromage de chèvre

Des essais de fabrication du fromage ont été effectués pendant la période expérimentale en utilisant un succédané de présure extrait à partir de la caillette de chevreau comparé à la présure commerciale, précédés par des analyses physicochimiques (**annexe n°3**) et microbiologiques (**tableau n°31**) des différents échantillons de fromage.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la composition du fromage de chèvre. Dans notre étude on s'intéresse aux effets du stade de lactation (les essais de fabrication ont été réalisés pour le deuxième et le troisième stade) et de la race.

3-2-1- Effet du stade de lactation sur la composition physicochimique du fromage

L'analyse de la variance (ANOVA à un facteur) est utilisée pour montrer s'il existe des différences au niveau des paramètres du fromage en fonction du stade de lactation. Les résultats sont résumés dans le **tableau n°26**.

| Variable | Moy. S2± Ec.-type | Moy. S3± Ec.-type | ddl | p | Ec.entre Moy. |
|----------|-------------------|-------------------|-----|--------|---------------|
| pH | 5,98 ±0,10 | 6,45±0,04 | 35 | 0,0001 | 0,332 |
| Acidité | 20,57±1,15 | 18,55±0,59 | 35 | 0,0001 | 1,43 |
| MG | 17,69±1 | 19,19±1,20 | 35 | 0,0002 | 1,060 |
| EST | 338,88±16,48 | 398,16±17,93 | 35 | 0,0001 | 41,92 |
| ESD | 321,19±16,16 | 378,97±18,24 | 35 | 0,0001 | 40,86 |
| MAT | 15,44±1,17 | 16,5±1,40 | 35 | 0,019 | 0,75 |
| Chlorure | 0,33±0,030 | 0,33±0,02 | 35 | 0,563 | 0 |
| Gras/Sec | 52,20±3,16 | 48,19±4,01 | 35 | 0,01 | 2,79 |

Tableau n°26 - Analyse statistique des différents paramètres du fromage de chèvre en fonction du stade de lactation (S2 et S3).

En rouge, les paramètres correspondant aux valeurs de probabilité significative $p < 0,05$; probabilité hautement significative $p < 0,01$; ddl : degré de liberté ; p : probabilité ; Moy : moyenne ; Ec : écart

Le **tableau n°26** montre que le stade de lactation (pour toutes races et agents coagulants confondus) a une influence hautement significative ($p \leq 0,01$) sur pH, acidité, MG, EST, ESD. Ainsi, le stade a un effet significatif ($p \leq 0,05$) sur MAT et le rapport Gras/Sec.

La **figure n°46(A)** reflète la variation de taux des matières azotées totales et des matières grasses des fromages issus des deux stades de lactation.

Cette figure montre que les teneurs en MAT et en MG des fromages du troisième stade sont plus élevées que celles du deuxième stade. Le même résultat a été observé par **Soryal et al . (2005)** pour le fromagede chèvre à pâte molle.

Cependant, nos résultats concordent avec l'intervalle donné par **Favier et Dorsainvil, (1991)** pour la matière grasse qui est 12 et 20 g/100g mais sont supérieurs à l'intervalle donné par les mêmes auteurs pour les matières azotées totales qui est de 6,8 à 14,8 g/100g.

Les données relatives à l'étude de la composition de la fraction azotée, notamment la forte teneur en caséines, suggèrent que le lait du troisième stade aurait, a priori, une meilleure aptitude fromagère par rapport au lait du deuxième stade.

La teneur en MG du lait plus faible pour le deuxième stade de lactation (-4,89 g/l) se répercute sur les teneurs en MG des caillés qui sont plus élevées pour le troisième stade (+1,5g/l). En effet, la composition du caillé et du lactosérum est directement influencée par celle du lait (**Rahali et Menard, 1991**).

Selon **Fox (2002)**, la composition chimique du lait, plus particulièrement les concentrations en caséines et en MG ont une influence majeure sur plusieurs aspects de la production fromagère, particulièrement l'aptitude à la coagulation par la présure, la fermeté du gel, l'aptitude à la synérèse et, par-là, la composition du fromage et le rendement fromager.

Les protéines et les lipides sont des éléments essentiels du lait et ils peuvent avoir un impact très fort sur les propriétés technologiques du lait (**Bauman et al ., 2006**).

Guo et al . (2004) ont montré que la matière grasse est le principal composant du lait et du fromage frais et qu'il y a une forte relation entre la teneur en graisse du lait de chèvre mélangés et celle du fromage de chèvre.

Selon **Guo et al . (2001)**, il existe une forte corrélation entre la teneur du lait de chèvre en protéine particulièrement en caséines, qui représentent les deux tiers des protéines du lait de chèvre et sont responsables de la formation de la structure de fromage, et celle du fromage de chèvre.

Fekadu et al . (2005) ont observé que les teneurs en matières grasses et en protéines des fromages du lait de chèvre à pâte dure et semi-dure étaient plus élevées à des stades précoces et tardifs de lactation comparées à la mi-lactation.

La variation du taux de l'extrait sec total et l'extrait sec dégraissé en fonction du stade de lactation est représentée par la **figure n°46 (B)**.

L'extrait sec total et l'extrait sec dégraissé présentent un effet significatif entre les deux stades avec un écart de (+59,28 g/kg pour l'EST et +57,78g/kg pour l'ESD) pour le troisième stade de lactation. La teneur moyenne en EST des fromages analysés a tendance à s'accroître avec la teneur en protéines du lait qui est de 29,93 g/l et 32,33 g/l respectivement pour le deuxième et le troisième stade de lactation.

En effet, la variation du rapport Gras/Sec du fromage de chèvre en fonction du stade de lactation montre que ce rapport est plus élevé pour le troisième stade que celui du deuxième stade.

Le fromage traditionnel *Kamaria* présente un rapport Gras/Sec 52,20 et 48,19% respectivement pour le deuxième et le troisième stade. Ces taux sont supérieurs à 45% qui est la valeur minimale pour les fromages de chèvre (**Berthier, 1992**).

3-2-2- Conclusion

La comparaison entre les deux stades de lactation (mi et fin lactation) nous a permis de mettre en évidence des différences importantes dans la composition physicochimique du fromage de chèvre :

- Le fromage du troisième stade de lactation est plus riche en matières utiles que celui du deuxième stade. Cela confirme la répercussion de la composition physicochimique du lait sur celle du fromage.
- Le rapport Gras/Sec semble influencé par le stade de lactation ou il est plus élevé pour le fromage de fin de lactation.

Sur le plan statistique le test ANOVA à un facteur nous a montré que le stade de lactation a une influence significative sur la composition physicochimique du fromage entre les deux stades de lactation.

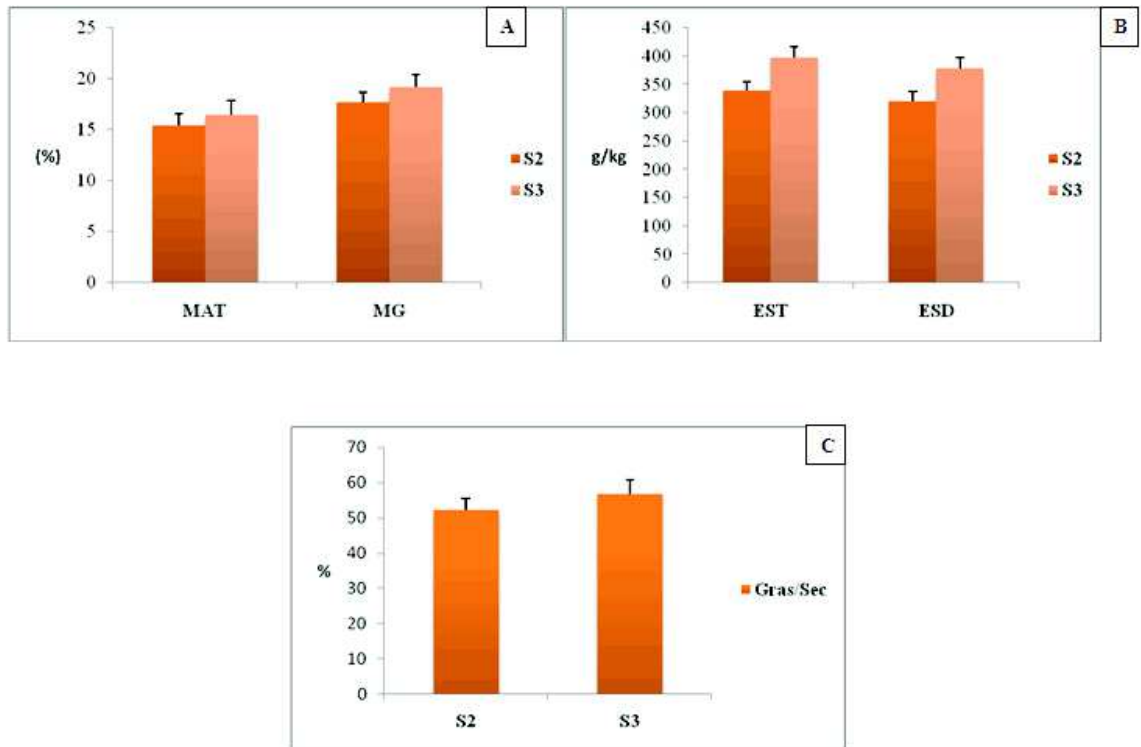


Figure n° 46 - Variation des principaux paramètres physicochimiques du fromage de chèvre en fonction du stade de lactation.

3-2-3- Effet de la race sur la composition physicochimique du fromage

Le test ANOVA à un facteur est utilisé sans tenir compte ni aux stades de lactation ni aux agents coagulants. Les résultats de ce test sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

| Variable | Moy.A± Ec.-type | Moy.S± Ec.-type | Moy.L± Ec.-type | ddl | p | Ec.entre Moy |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|--------|--------------|
| pH | 6,23±0,23 | 6,21±0,26 | 6,19±0,27 | 35 | 0,926 | 0,02 |
| Acidité | 19,54±0,96 | 19,35±1,41 | 19,79±1,67 | 35 | 0,743 | 0,22 |
| MG | 19,25±1,30 | 18,46±1,21 | 17,62±1 | 35 | 0,008 | 0,815 |
| EST | 372,5±20,63 | 370,6±36,40 | 362,5±44,49 | 35 | 0,764 | 5,310 |
| ESD | 354,87±19,59 | 352,12±35,41 | 343,25±43,94 | 35 | 0,692 | 6,072 |
| MAT | 17,42±0,74 | 15,86±0,86 | 14,62±0,70 | 35 | 0,0001 | 1,403 |
| Chlorure | 0,32±0,03 | 0,34±0,024 | 0,33±0,016 | 35 | 0,556 | 0,01 |
| Gras/Sec | 53,33±3,09 | 49,80±2,05 | 47,76±4,7 | 35 | 0,002 | 2,818 |

Tableau n°27 - Analyse statistique des différents paramètres du fromage de chèvre en fonction de la race.

En rouge, les paramètres correspondant aux valeurs de probabilité significative $p < 0,05$; probabilité hautement significative $p < 0,01$; ddl : degré de liberté ; p : probabilité ; Moy : moyenne ; Ec : écart

La comparaison entre les trois races montre que cette dernière semble avoir une influence sur la composition du fromage. En effet on constate un effet hautement significatif ($p < 0,01$) sur les variables : la matière grasse, les matières azotées totales et le rapport Gras/Sec. Par contre le facteur race n'a pas une influence significative sur le pH, l'acidité, l'EST et l'ESD ainsi que le chlorure.

La **figure n°47 (A)** montre que la fraction de caséine de protéine du lait est le facteur dominant affectant la fermeté de la pâte, le taux de synérèse, la rétention d'humidité et par conséquent affectant la qualité et le rendement du fromage (**Lawrence, 1991b**). Toutefois, chez la chèvre laitière, les fractions de caséine ($\alpha S1$ - $\alpha S2$ -caséines) varient entre races et entre les individus au sein des races et peuvent influencer le rendement en fromage (**Pirisi et al ., 1994; Delacroix-Buchet et al ., 1996**).

Ainsi, la **figure n°47(B)** montre la variation des taux de l'extrait sec total et de l'extrait sec dégraissé en fonction de la race.

L'effet de la race sur l'EST et l'ESD n'est pas significatif ($p \geq 0,05$) mais on peut remarquer la différence entre les trois races. La teneur en EST du lait plus élevée pour la race Alpine que celle des races Saanen et Locale se répercute sur la teneur du fromage qui est plus importante pour la race Alpine (372,5 g/kg) suivi par la race Saanen (370,6 g/kg) puis la race locale (362,5g/kg).

Cette situation est compatible avec la teneur en extrait sec dégraissé du fromage qui est également plus élevée pour la race Alpine (354,87g/kg). Ces valeurs sont plus élevées que celles enregistrées par **Kouniba et al . (2007)** pour les races Alpine (330,7 g/kg) et locale (350,4 g/kg).

De plus, le **tableau n°27** indique que la race a une influence hautement significative ($p \leq 0,01$) sur le rapport Gras/Sec en faveur de la race Alpine.

Notre résultat se rapproche de la valeur obtenue par **Kouniba et al . (2007)** (53%) pour le *djben* fabriqué à base du lait de chèvre pour la race Alpine. Par contre, chez la race Saanen et la race locale ce rapport est plus faible. Cela est dû à la teneur du lait en matière grasse et en extrait sec total. On constate que ce rapport évolue proportionnellement au taux de matière grasse.

3-2-4- Conclusion

Influence de quelques paramètres de production sur la qualité du lait de chèvre. Aptitude à la coagulation

L'étude de l'effet de la race sur la composition physicochimique du fromage frais de chèvre révèle des différences raciales importantes :

- Le lait de la race Alpine donne un fromage plus riche en matières azotées totales et en matière grasse. Par conséquent, le fromage produit à base du lait de la race Alpine présente des teneurs en extrait sec total et en extrait sec dégraissé plus élevées par rapport aux deux autres races (Saanen et locale).

L'étude statistique a montré que ces différences sont significatives pour les matières azotées totales et les matières grasses. Par contre elles ne sont pas significatives pour l'EST et l'ESD.

D'un autre côté, une variation significative a été enregistrée en ce qui concerne les rapports Gras/Sec, cela est lié probablement aux taux en matière grasse et en extrait sec total qui diffèrent entre les races.

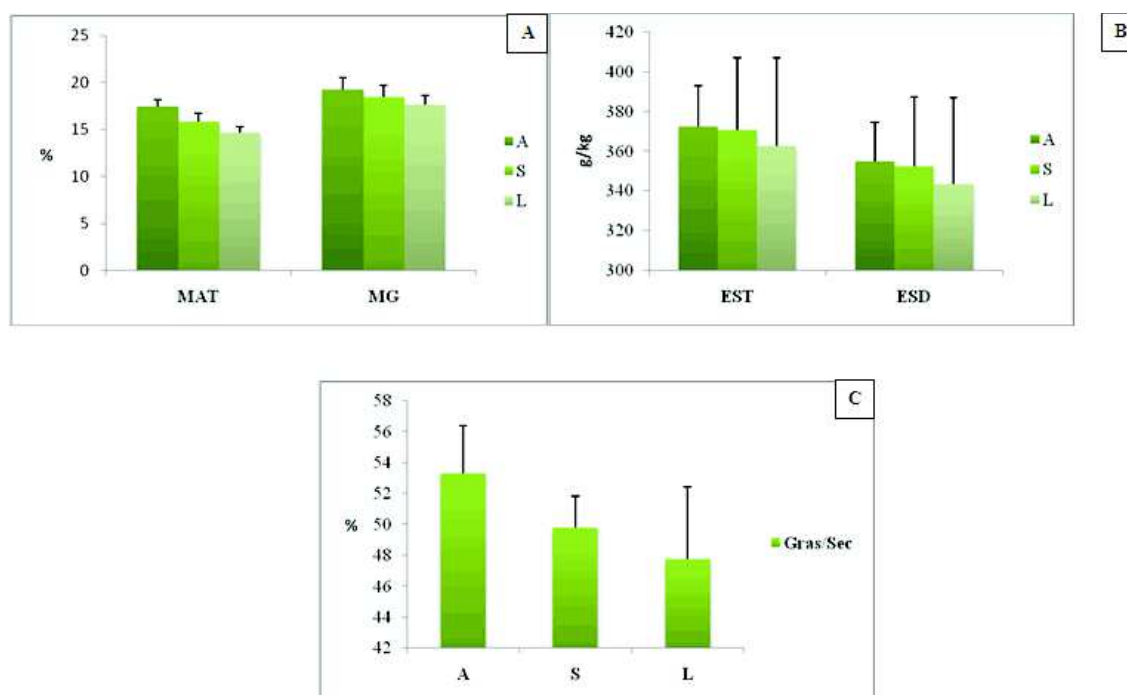


Figure n° 47 - Variation des principaux paramètres physicochimiques du fromage de chèvre en fonction de la race.

3-2-5- Effet de l'agent coagulant sur la composition physicochimique du fromage

Le test ANOVA à un facteur est utilisé, sans tenir compte ni à l'effet du stade de lactation ni celui de la race, pour savoir s'il y a une différence entre les paramètres physicochimiques du fromage en fonction de l'agent coagulant.

| Variable | Moy.P±Ec.-type | Moy.EEB± Ec.-type | ddl | p | Ec.entre Moy |
|----------|----------------|-------------------|-----|-------|--------------|
| pH | 6,24±0,26 | 6,19±0,24 | 35 | 0,515 | 0,03 |
| Acidité | 19,29±1,53 | 19,83±1,15 | 35 | 0,238 | 0,38 |
| MG | 18,44±1,34 | 18,44±1,36 | 35 | 1 | 0,00 |
| EST | 367,38±33,49 | 369,66±36,46 | 35 | 0,846 | 1,61 |
| ESD | 348,94±32,58 | 351,22±36,01 | 35 | 0,843 | 1,61 |
| MAT | 16,04±1,50 | 15,89±1,29 | 35 | 0,759 | 0,10 |
| Chlorure | 0,33±0,026 | 0,33±0,02 | 35 | 0,481 | 0,00 |
| Gras/Sec | 50,38±3,47 | 50,22±4,72 | 35 | 0,910 | 0,11 |

Tableau n°28 - Analyse statistique des différents paramètres du fromage de chèvre en fonction de l'agent coagulant.

En rouge, les paramètres correspondant aux valeurs de probabilité significative $p < 0,05$; probabilité hautement significative $p < 0,01$; ddl : degré de liberté ; p : probabilité ; Moy : moyenne ; Ec : écart

Le tableau ci-dessus montre qu'il n'existe aucune influence significative ($p \geq 0,05$) de l'agent coagulant sur les différents paramètres du fromage.

On peut signaler quelques différences notamment pour les matières azotées totales et le rapport Gras/Sec qui sont plus faibles pour les fromages fabriqués à l'aide de l'E.E.B.

Les enzymes de coagulation du lait sont les matières premières les plus importantes dans la fabrication des fromages vue leur impact sur la régulation et les propriétés de la coagulation du lait (**Tabayehnejad et al ., 2012**). Les propriétés de coagulation du lait sont d'une grande importance car ils ont une influence significative sur le rendement et sur la qualité du fromage (**Kubarsepp et al ., 2005**).

La **figure n°48(A)** montre la variation des taux des matières azotées totales et de matière grasse en fonction de l'agent coagulant.

Cette figure montre des différences notamment pour les matières azotées totales qui sont plus faibles pour les fromages fabriqués à l'aide de l'E.E.B.

Cela peut s'expliquer par l'activité protéolytique élevée de l'E.E.B, selon **Ramet (1997)** une activité exagérée entraîne la rupture de très nombreuses liaisons peptidiques et une solubilisation importante des protéines ce qui induit une tension très faible des coagulums d'où des pertes élevées en matière sèche dans le lactosérum.

Aussi, on constate qu'il n'y a pas de différence de teneur en matière grasse entre les différents fromages et vue la forte teneur en eau des fromages frais, il a été intéressant de faire la comparaison selon le rapport Gras/Sec.

En effet, les rapports Gras/Sec (**figure n°48(B)**) obtenus se rapprochent du rapport obtenu par **Abdelaziz et Kaci (1992)** pour le *djben* du lait de chèvre mais sont plus

importants que ceux obtenus par **Ait Amer Meziane (2008)** pour les fromages de chèvre fabriqués à l'aide des trois agents coagulants (présure, poulet, poisson). La valeur élevée du rapport de nos essais est due à un lait de fabrication plus riche en matière grasse.

De plus, les valeurs du pH et de l'acidité des fromages obtenus à partir des deux agents coagulants se rapprochent à ceux obtenus par **Bousnane et Djadi (2009)** pour le fromage type « Kamaria » fabriqué à base du lait de chèvre.

Le pH moyen de *Kamaria* est similaire pour les fromages des deux coagulases. Les pH enregistrés sont élevés par rapport à ceux des fromages frais. Cela peut être dû à une durée d'égouttage courte qui n'a pas permis une acidification importante du fromage ainsi l'absence d'utilisation des ferments lactiques dans la fabrication du fromage. Selon **Sousa et Malcata (1997)**, le pH des fromages diminue sensiblement par rapport au lait, probablement en conséquence de l'utilisation des ferments lactiques.

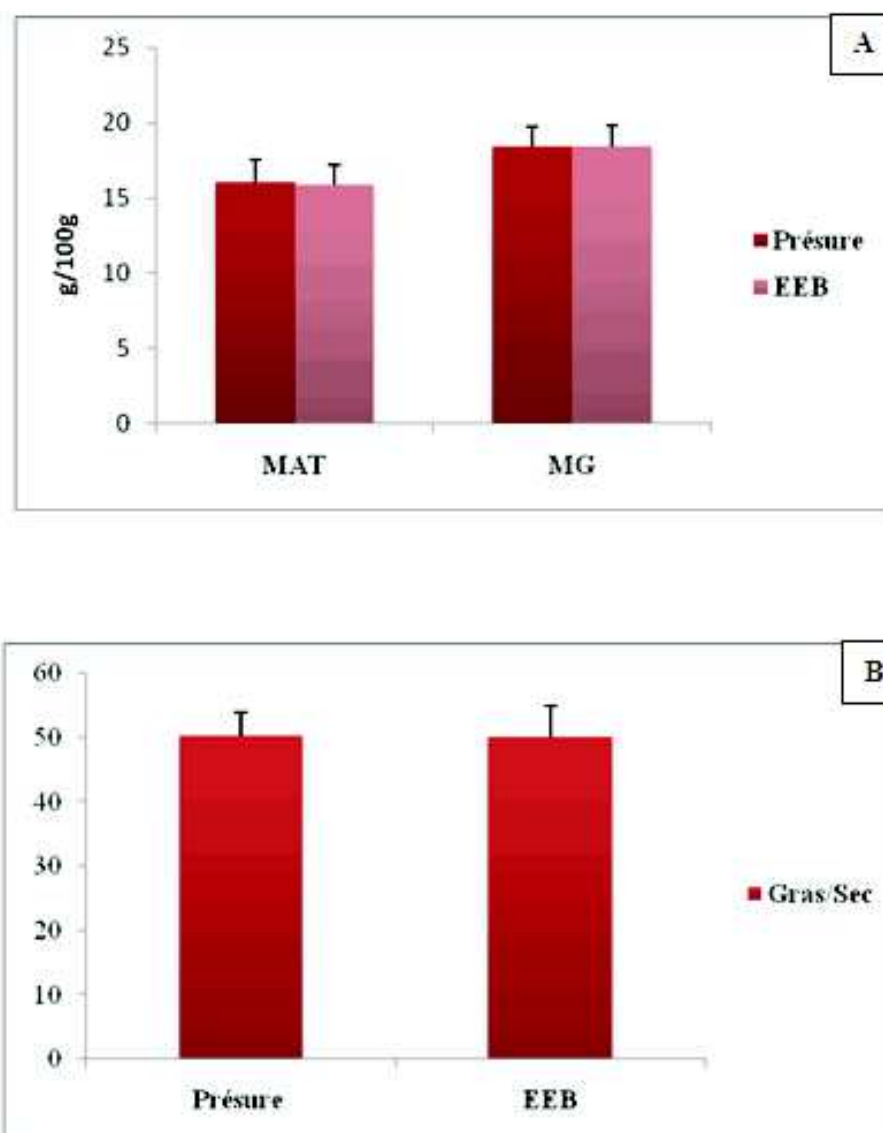


Figure n°48 - variation des principaux paramètres du fromage de chèvre en fonction de l'agent coagulant.

3-2-6- Conclusion

La comparaison entre les deux agents coagulants nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Le fromage fabriqué à l'aide de la présure est plus riche en protéines que celui fabriqué par l'extrait enzymatique brut (EEB) d'origine caprine, cela est dû à une activité protéolytique plus importante de l'EEB ;
- Tandis que le type d'agent coagulant n'a pas d'effet sur la teneur du fromage en matière grasse ou on note un écart type nulle.
- D'un autre côté, aucune variation significative n'a été observée en ce qui concerne les rapports Gras/Sec, cela confirme l'absence de l'effet du type d'agent coagulant sur le taux de la matière grasse et de l'extrait sec total.

En effet, une étude d'effet de l'interaction du stade de lactation, de la race et de l'agent coagulant sur la composition chimique du fromage « Kamaria ». Le test ANOVA factorielle est mis en œuvre en tenant compte des différents paramètres des fromages. Les résultats de ce test sont présentés par le **tableau n°29**.

| | ddl | p |
|---|-----|----------|
| Stade de lactation*Race | 14 | 0,000000 |
| Stade de lactation*Agent coagulant | 7 | 0,317365 |
| Race*Agent coagulant | 14 | 0,000000 |
| Stade de lactation*Race*Agent coagulant | 14 | 0,000000 |

Tableau n°29 - Analyse statistique (ANOVA factorielle) de l'effet du stade de lactation, de la race et de l'agent coagulant.

p : probabilité ; probabilité significative $p < 0,05$; probabilité hautement significative $p < 0,01$; ddl : degré de liberté.

Le tableau ci-dessus montre que l'interaction stade de lactation*Race*Agent coagulant est hautement significative ainsi que pour Stade de lactation*Race et Race*Agent coagulant. Par contre l'interaction Stade de lactation*Agent coagulant n'a pas un effet statistiquement significatif. Cela signifie que la réaction des trois races face aux changements du stade de lactation et d'agent coagulant est différente.

4- Étude de la corrélation entre les facteurs de production et les variables physicochimiques du fromage frais de chèvre type « Kamaria »

Concernant les corrélations qui peuvent exister entre les facteurs de production et les variables physicochimiques du fromage on peut constater sur le **tableau n°30** que la matrice de corrélation nous confirme aussi des propriétés bien connues : il existe une corrélation significative entre :

- Le pH et respectivement l'acidité ($r = -0,83$), l'extrait sec total ($r = +0,83$), l'extrait sec dégraissé ($r = + 0,82$) ;
- L'acidité et l'extrait sec total et l'extrait se dégraissé ($r = -0,61$) ;

Influence de quelques paramètres de production sur la qualité du lait de chèvre. Aptitude à la coagulation

- Le taux butyreux et les matières azotées totales, extrait sec total et extrait sec dégraissé avec respectivement des coefficients de corrélation 0,47 ; 0,51 et 0,48 ;
- Extrait sec total et extrait sec dégraissé ($r = +1,00$) ;
- Le rapport Gras/Sec est corrélé négativement avec l'extrait sec total ($r = -0,68$) et l'extrait sec dégraissé ($r = -0,71$) ce qui veut dire qu'il y a augmentation du rapport Gras/Sec avec la diminution de l'extrait sec total et l'extrait sec dégraissé et vice versa.

Ce test de corrélation confirme également ce qui a été trouvé par le test ANOVA à un facteur :

Il existe une dépendance significative du pH ($r = +0,95$), de l'extrait sec total ($+0,87$), de l'extrait sec dégraissé ($r = +0,87$), d'acidité ($r = -0,79$), de matière grasse ($r = 0,57$), de matières azotées totales ($r = +0,39$) et du rapport Gras/Sec ($r = -0,49$) du stade de lactation.

D'autre part, il existe une dépendance de matières azotées totales ($r = -0,84$) de la race.

De plus, il y a absence de corrélation significative entre les différentes variables physicochimiques du fromage et l'agent coagulant.

| | SL | Race | AC | pH | Acidité | MG | MAT | EST | ESD | Chlorure | Gras/Sec |
|----------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------------|-------|--------------|--------------|----------|----------|
| SL | 1,00 | | | | | | | | | | |
| Race | -0,00 | 1,00 | | | | | | | | | |
| AC | 0,00 | 0,00 | 1,00 | | | | | | | | |
| pH | 0,95 | -0,07 | 0,11 | 1,00 | | | | | | | |
| Acidité | -0,71 | -0,09 | -0,07 | -0,83 | 1,00 | | | | | | |
| MG | 0,57 | -0,26 | 0,00 | 0,53 | -0,38 | 1,00 | | | | | |
| MAT | 0,39 | -0,84 | 0,05 | 0,47 | -0,31 | 0,47 | 1,00 | | | | |
| EST | 0,87 | 0,02 | -0,03 | 0,83 | -0,61 | 0,51 | 0,34 | 1,00 | | | |
| ESD | 0,87 | 0,03 | -0,03 | 0,82 | -0,61 | 0,48 | 0,33 | 1,00 | 1,00 | | |
| Chlorure | -0,01 | -0,00 | -0,12 | -0,14 | 0,25 | 0,27 | 0,12 | 0,09 | 0,08 | 1,00 | |
| Gras/Sec | -0,49 | -0,21 | 0,02 | -0,49 | 0,36 | 0,28 | -0,02 | -0,68 | -0,71 | 0,14 | 1,00 |

Tableau n°30 - Matrice de corrélation entre les facteurs de production et toutes les variables physicochimiques du fromage frais de chèvre type « Kamaria » .

En rouge, valeur de « r » significative au seuil $\alpha=0,05$; r : coefficient de corrélation ; SL : Stade de lactation.

5- Résultats des analyses microbiologiques de fromage

| Germes recherchés(germes/ml) | 1 ^{er} essai | 2 ^{ème} essai | Normes(JORA*) |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| GAMT | 50.10 | 51.10 ³ | 10 ⁵ germes/ml |
| Coliformes totaux | 4 | 7 | 10 germes/ml |
| Coliformes fécaux | Absence | Absence | 1 germes/ml |
| Streptocoques fécaux | Absence /0,1ml | Absence /0,1 ml | Absence/0,1ml |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Absence | Absence | 10 |
| Salmonelles | Absence | Absence | Absence |

Tableau n°31 - Résultats des analyses microbiologiques du fromage « Kamaria ».

Les résultats des analyses microbiologiques de fromage sont donnés par le **tableau n°31**.

Le nombre des germes recherchés dans les échantillons des fromages se trouve en dessous des valeurs fixées par **J.O.R.A (1998)**. Ce qui indique l'hygiène respectée lors de fabrication de fromage et la bonne qualité microbiologique de la matière première.

6- Analyses globales des différents échantillons du fromage

L'Analyse en Composante Principale, qui indique que les deux premiers axes (F1, F2) représentent 74,44% de la variabilité, est réalisée à partir des individus et des variables décrivant la composition physicochimique des fromages.

- Projection des variables

D'après la **figure n°49 (D)**, l'axe F1 est très corrélé avec pH, EST, ESD et MG. Elles se situent toutes à droite de l'origine. La projection sur le premier plan factoriel montre la configuration typique due à l'effet de taille marqué aussi par la corrélation positive entre toutes les variables : l'augmentation de la valeur d'une variable est suivie par celle des autres.

Ces variables se rapprochent du cercle de corrélation et elles corrélaient négativement avec l'acidité et le gras/sec.

Le deuxième axe F2 ne traduit pas d'opposition entre les variables.

- Projection des individus

Le nuage qui représente la projection des points-individus sur l'axe F1 fait apparaître deux groupes :

Le premier groupe (côté positif de l'axe) regroupe tous les échantillons du fromage fabriqué en troisième stade de lactation pour toute race et agent coagulant confondus (APS2, AES2, SPS2, SES2, LPS2, LES2).

D'après la projection des variables et des individus sur le Biplot, on remarque que ce premier groupe correspond aux fromages les plus riches en EST, ESD et MG et ont le pH le plus élevé et qui présentent l'acidité et le rapport Gras/Sec les plus faibles.

Le deuxième groupe (côté négatif de l'axe) regroupe les individus du deuxième stade de lactation pour toute race et agent coagulant confondus (APS1, AES1, SPS1, SES1, LPS1, LES1).

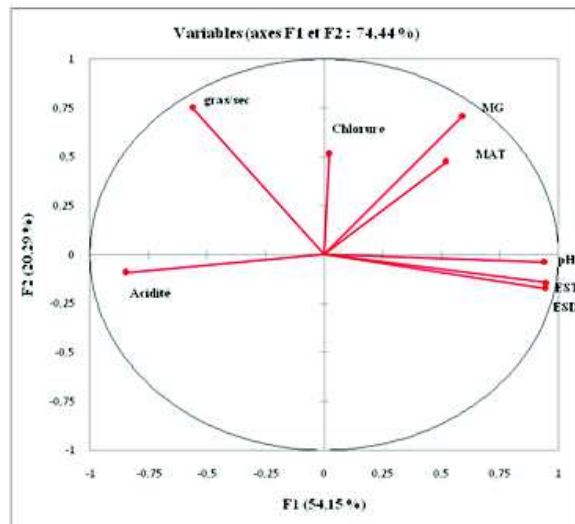
Lorsqu'on superpose les deux graphes (Biplot), on remarque que contrairement au premier groupe, le deuxième stade de lactation correspond aux fromages qui ont le rapport Gras/Sec et l'acidité les plus élevés et les teneurs en pH, EST, ESD et MG les plus faibles.

Le deuxième axe (F2) divise également les individus en deux sous ensembles :

- Le premier groupe regroupe la plupart des fromages de chèvre fabriqués à partir du lait de race Alpine et Saanen associés aux meilleurs MG, MAT et un Gras/sec le plus élevé.
- Le deuxième groupe regroupe la plupart des échantillons du fromage fabriqués à base du lait de la race Locale qui présente des teneurs faibles en MG, MAT et un rapport Gras/sec faible.

On constate que le premier axe factoriel (F1) donne une comparaison globale entre les deux stades de lactations (S2 et S3) pour tout agent coagulant confondu, tandis que le deuxième axe (F2) donne une comparaison globale entre les trois races (A, S et L) pour tout agent coagulant confondu.

D :



E :

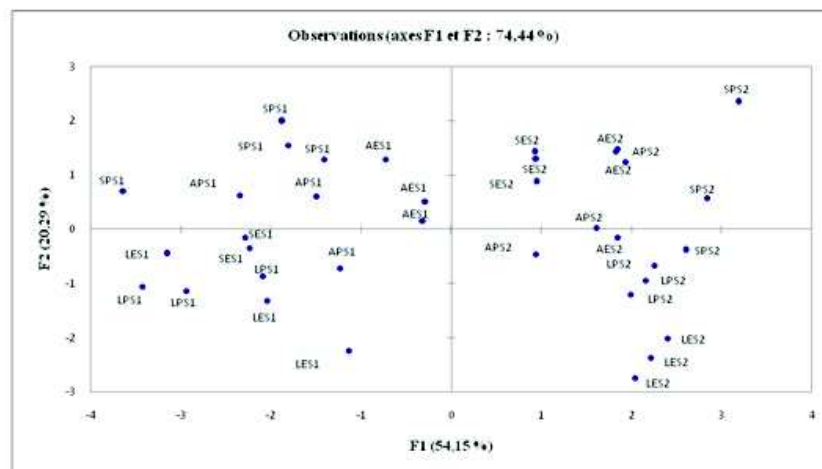
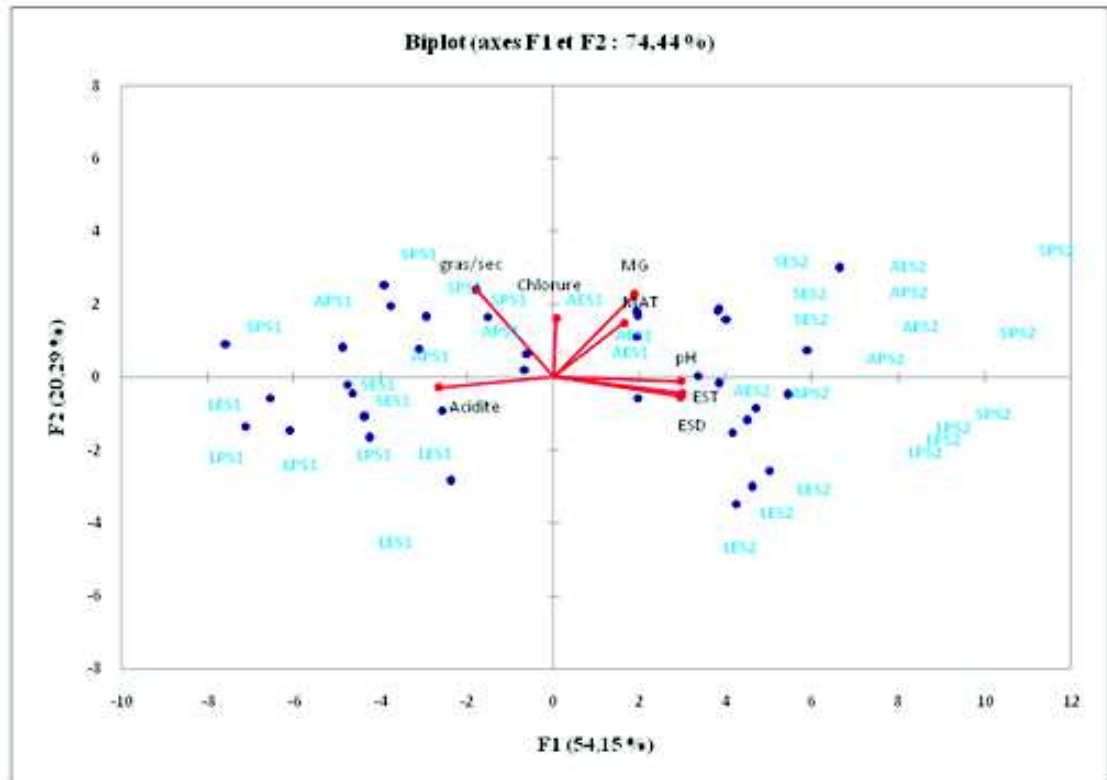


Figure n°49 - Représentation simplifiée du plan factoriel 1x2 de l'ACP.

F :



D : Projection des variables, (**MG**) matière grasse, (**EST**) extrait sec total, (**ESD**) Extrait sec dégraissé, (**MAT**) Matière azotée totale,

E : projection des individus, (**A**) Alpine, (**S**) Saanen, (**L**) Locale, (**S1**) deuxième stade de lactation, (**S2**) troisième stade de lactation, (**P**) Présure, (**E**) Extrait enzymatique d'origine caprine

F : Biplot (F1 x F2) des variables et des individus.

7- Analyses sensorielles

L'analyse statistique des résultats obtenus a été réalisée selon la méthode de **Kramer (1960)**. Cette méthode est appréciée par le calcul de la moyenne des scores (notes attribuées par les 10 panélistes pour chaque échantillon de fromage) et la somme des rangs (classement selon le score des différents fromages). La différence entre les différents fromages est jugée non significative dans l'intervalle de rang total compris entre 41 et 76, au seuil de probabilité de 5%.

Les critères sur lesquels on se base et qui semblent les plus importants pour notre fromage sont :

- Couleur de la pâte ;
- Épaisseur de la pâte ;
- Élasticité ;
- Odeur ;
- Dureté.

7-1- Couleur de la pâte

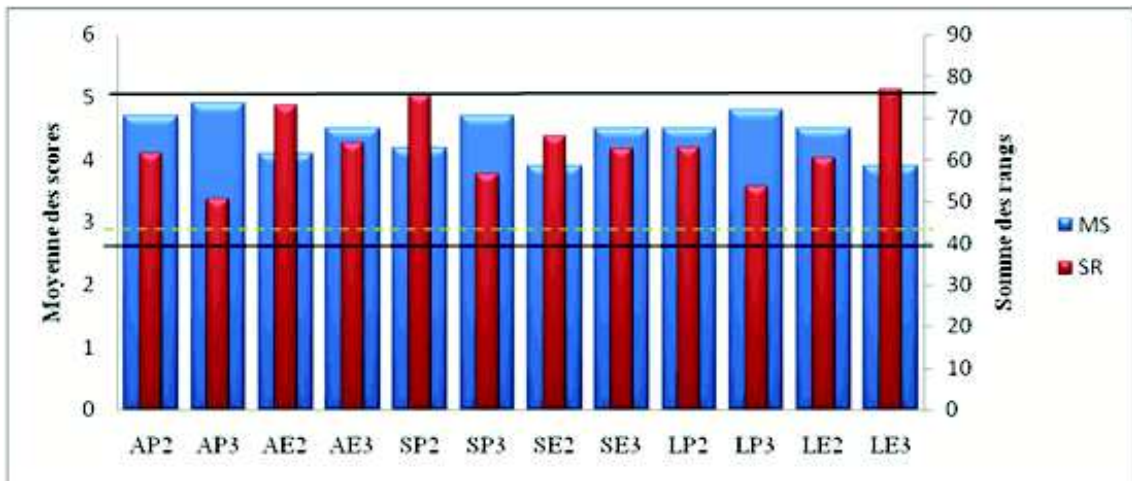


Figure n°50 - Histogramme d'analyse statistique du paramètre sensoriel (couleur de la pâte) pour les fromages à base d'EEB et de présure (Limite acceptable, intervalle de signification 41-76).

L'histogramme montre que les fromages AP2, AP3, AE2, AE3, SP2, SP3, SE2, SE3, LP2, LP3 et LE2 ne présentent aucune différence significative, leurs sommes des rangs se trouvent à l'intérieur de l'intervalle de signification soit 41-76.

Le fromage LE3 est significativement mauvais, sa somme des rangs dépasse la valeur supérieure de l'intervalle soit 76.

7-2- Epaisseur de la pâte

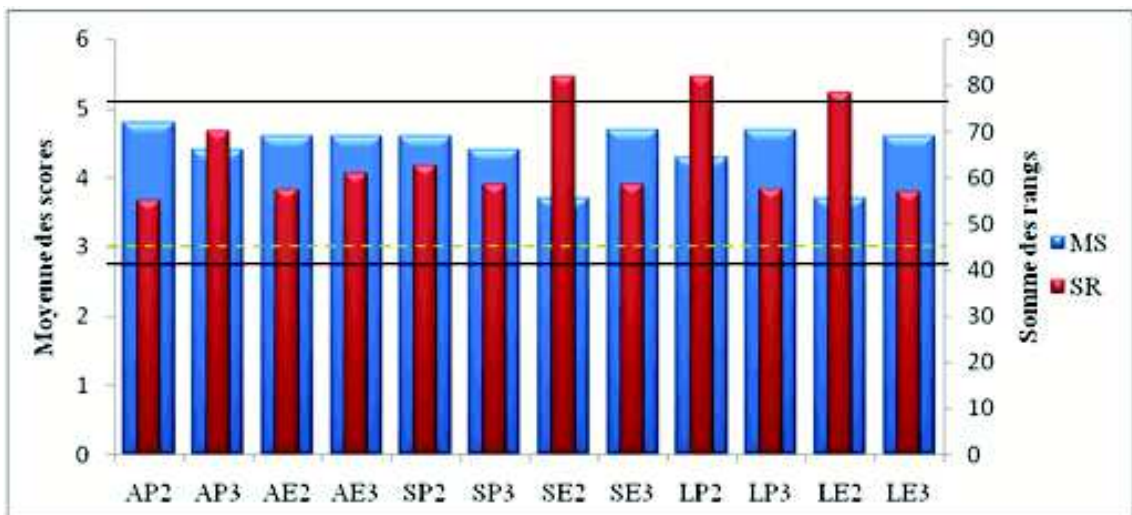


Figure n°51 - Histogramme d'analyse statistique du paramètre sensoriel (épaisseur de la pâte) pour les fromages à base d'EEB et de présure.

Vue la somme des rangs, aucune différence significative n'est observée entre les fromages AP2, AP3, AE2, AE3, SP2, SP3, SE3, LP3 et LE3.

Par contre, les fromages SE2, LP2 et LE2 sont significativement mauvais, leurs sommes des rangs dépassent la valeur supérieure de l'intervalle de signification.

7-3- Élasticité de la pâte

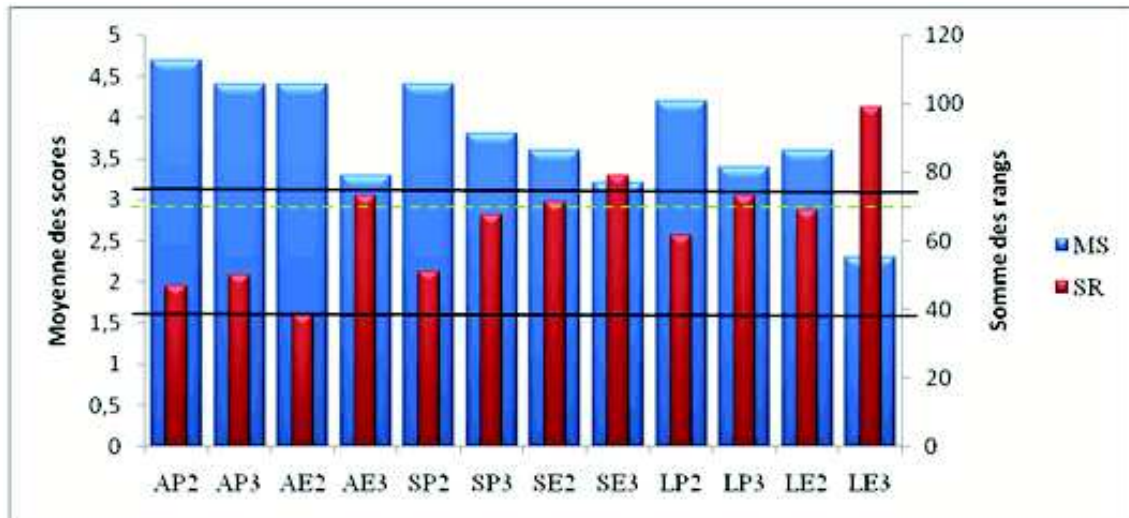


Figure n°52 - Histogramme d'analyse statistique du paramètre sensoriel (élasticité de la pâte) pour les fromages à base d'EEB et de présure.

D'après les valeurs des sommes des rangs, les fromages AP2, AP3, AE3, SP2, SP3, SE2, LP2, LP3 et LE2 ne présentent pas de différence significative.

Les fromages SE3 et LE3 sont significativement mauvais car leurs sommes des rangs sont supérieures à la limite supérieure de l'intervalle de signification soit 41-76.

Tandis que le fromage AE2 est significativement bon car sa somme des rangs est inférieure à la limite inférieure de l'intervalle soit 41.

7-4- Odeur

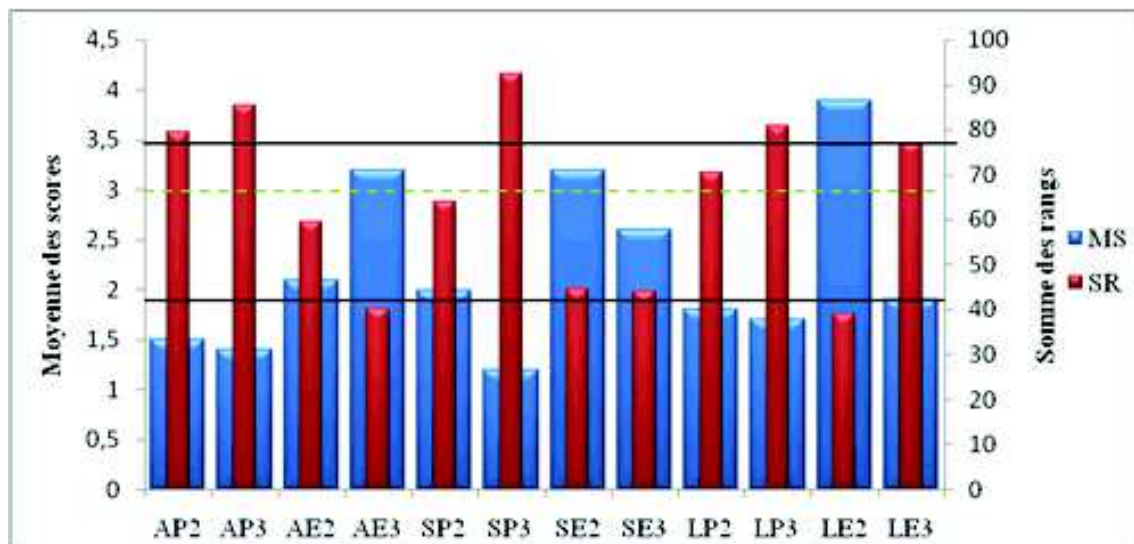


Figure n°53 - Histogramme d'analyse statistique du paramètre sensoriel (odeur) pour les fromages à base d'EEB et de présure.

Selon la **figure n°53**, aucune différence significative n'est observée entre les échantillons de fromage AE2, SP2, SE2, SE3 et LP2 qui ont des sommes des rangs qui se situent à l'intérieur de l'intervalle de signification.

Ainsi, les fromages AP2, AP3, SP3, LP3 et LE3 sont significativement mauvais car leurs sommes des rangs dépassent la limite supérieure de l'intervalle de signification.

Néanmoins, les fromages AE3 et LE2 sont significativement bons, leurs sommes des rangs sont inférieures à la limite inférieure de l'intervalle de signification.

7-5- Dureté

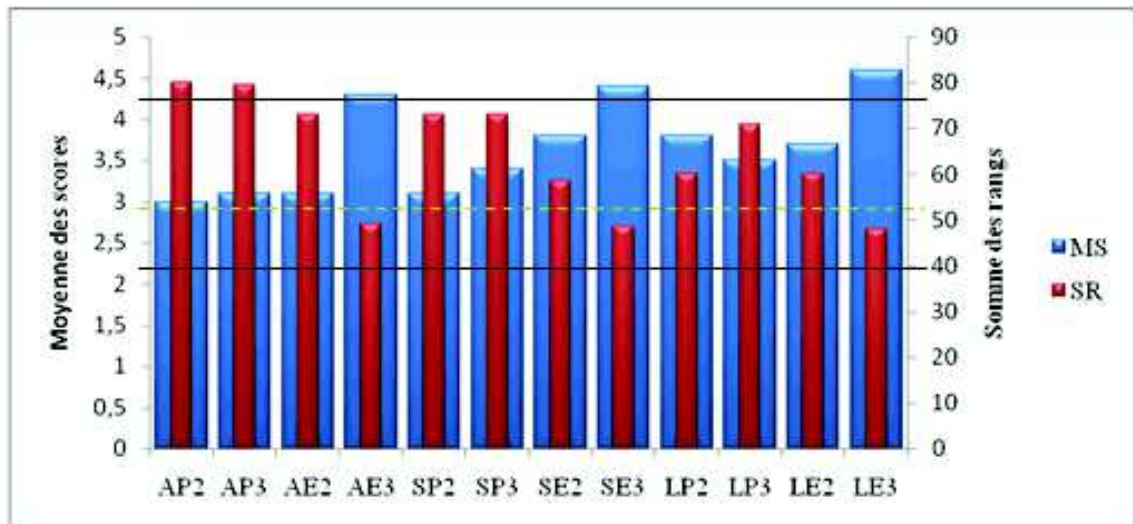


Figure n°54 - Histogramme d'analyse statistique du paramètre sensoriel (dureté) pour les fromages à base d'EEB et de présure.

L'histogramme montre l'absence de différence significative entre les fromages AE2, AE3, SP2, SP3, SE2, SE3, LP2, LP3, LE2 et LE3, leurs sommes des rangs se trouvent dans l'intervalle 41-76.

Par contre, les fromages AP2 et AP3 sont significativement mauvais car leurs sommes des rangs se situent au dessus de la limite supérieure de l'intervalle soit 76.

7-6- Salinité

Les 10 dégustateurs ont donné des scores inférieurs à la limite acceptable et ils ont constaté que le fromage *Kamaria* est un fromage fade.

CONCLUSION GENERALE

Les objectifs de la présente étude étaient de mettre en évidence l'effet du stade de lactation et de la race sur la production du lait de chèvre, sa composition, son aptitude à la coagulation et sa transformation fromagère.

Les analyses des différents échantillons des laits de chèvre ont montré qu'il existe d'importantes variations de la production laitière et de la composition chimique du lait.

La production laitière varie en fonction du stade de lactation et de la race. Elle est significativement plus élevée pour le deuxième stade de lactation. Alors que, le facteur race ne présente pas un effet significatif sur la production laitière mais on peut noter que la race Saanen donne la quantité du lait de chèvre la plus importante comparativement aux deux autres races (Alpine et Locale).

De même, les différences des taux protéiques et butyreux sont dus à la fois aux facteurs stade de lactation et race. Les résultats obtenus montrent que, pour tous les constituants analysés, le lait de fin de lactation est en moyenne plus riche en matière grasse, en protéine et en caséine que le lait de début et de mi lactation.

De plus, la race Alpine produit un lait plus riche en matière utile que celui des races Saanen et Locale. Les variations dues à la race sont plus réduites que celles dues au stade de lactation. Ainsi, le taux butyreux est moins influençable par le facteur race que le taux protéique.

Par ailleurs, le profil en acide gras varie en fonction des deux facteurs. Le taux d'acides gras saturés est plus élevé pour le deuxième stade de lactation ainsi que pour la race locale. Contrairement, aux acides gras saturés, le taux d'acides gras insaturés est plus important en fin de lactation et plus faible pour la race Locale.

Cette variation en acides gras peut s'expliquer également par le régime alimentaire et la teneur en matière grasse qui sont des facteurs de variations les plus influents sur la composition en acide gras du lait de chèvre.

D'autre part, l'extraction et la caractérisation d'un succédané de présure d'origine caprine nous ont permis de déterminer sa force coagulante, qui est de 1/1043 pour une concentration en protéine de 1,53mg/ml. Les paramètres influençant l'activité optimale de l'extrait enzymatique brut ont été déterminés. L'activité optimale a été observée à une température de 40°C, une concentration en CaCl₂ de 0,03M et un pH de 6,2.

La fabrication du fromage frais type « Kamaria » en fonction des deux facteurs sus cités et à partir de l'extrait enzymatique brut d'origine caprine et la présure commerciale nous a permis de faire une comparaison entre stades de lactation, races et les deux agents coagulants.

Toutefois, le rendement fromager des échantillons fabriqués en fin de lactation est plus meilleur que celui permis par les échantillons fabriqués en mi lactation. La même tendance a été observée pour la race Alpine par rapport aux deux autres races.

Ainsi, l'agent coagulant ne présente pas un effet significatif sur le rendement fromager, mais nous constatons un rendement plus élevé pour les échantillons emprésurés par la présure que ceux emprésurés par l'EEB.

La composition chimique des laits influent directement sur celle du fromage.

Les tests organoleptiques des différents échantillons des fromages issus des différents échantillons des laits n'ont pas montré une différence significative entre ceux obtenus à partir de l'extrait enzymatique brut et l'enzyme commerciale.

Ces résultats mettent en évidence l'intérêt que pourrait présenter une sélection des chèvres laitières en combinant la rusticité de la race locale et le niveau de production laitière des races importées (discuter des avantages des deux races).

Bien qu'il existe des différences entre races à la fois dans la production, la composition du lait et l'aptitude à la transformation en fromage, les effets de la race sont souvent confondus avec ceux du système de production et le régime alimentaire.

L'utilisation de l'extrait enzymatique brut d'origine caprine dans l'industrie fromagère s'est révélée encourageante, car les échantillons de fromage obtenus à partir de cette dernière n'ont pas montré une différence significative par rapport à ceux obtenus à partir de la présure commerciale.

A l'avenir, il serait opportun de compléter notre présent travail par d'autres études plus approfondies notamment :

- L'identification des profils caséiques des différentes races caprines et la détermination de la meilleure race qui présente une bonne aptitude à la coagulation ;
- Mettre en évidence l'effet de l'alimentation et de la région sur la composition du lait de chèvre par rapport à la race et le stade de lactation ;
- L'étude des propriétés rhéologiques des fromages obtenus et l'établissement des rapports de causalité avec la composition du lait ;
- Évaluation socioéconomique pour étudier la possibilité de commercialiser et de généraliser l'utilisation du succédané d'origine caprine.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- Abdelaziz S et Ait Kaci F., 1992.** Contribution à l'étude physicochimique et microbiologique d'un fromage traditionnel algérien fabriqué à partir du lait de chèvre « Djben ». Mém. Ing. Agr., Institut National Agronomique, El-Harrach (Alger), 67p.
- Abd El-Gawad M. A.M., Ahmed N.S., 2011.** Cheese yield as affected by some parameter review. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 10(2), p.p.131-153.
- Abdelguerfi A., Laouar M., 2003.** Espèces fourragères et pastorales, leurs utilisations au Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie). Ed. FAO, 136p.
- Abd El-Rafee S., Ahmed N.S., El-Abd M.M., Abd El-Kader M., 1998.** Buffaloes Mozzarella cheese II-Effect of stretching on coagulating enzymes. In: Proc. Egypt. Conf. *Dairy Sci. Techn.*
- Addass P. A., Tizhe M. A., Midau A., Alheri P. A., Yahya M. M., 2013.** Effect of genotype, stage of lactation, season and parity on milk composition of goat, in Mubi, Adamawa State, Nigeria. *Annals of Biological Research*, 4 (8), p.p. 248-252.
- AFNOR, 2000.** Corps gras et produits dérivés (Tome 1). AFNOR, ITSV, 643p.
- AFNOR, 1982.** Recueil des normes françaises : lait et produits laitiers. Paris, 576p.
- AFNOR, 1986.** Contrôle de la qualité des produits laitiers : analyses physicochimiques. Ed: 3. AFNOR, ITSV, 1030p.
- AFSCA, 2013.** Avis 11-2013 du 22 mars du comité scientifique. Évaluation des risques et bénéfices de la consommation du lait cru d'espèces animales autres que les vaches. (Dossier Sci Com 2012/12 : auto-saisine), 87p.
- Ahmed I. A. M., Morishima I., Babiker E. E., Mori N., 2009.** Characterisation of partially purified milk-clotting enzyme from *Solanum dubium* Fresen seeds. *Food Chemistry*, 116, 395–400.
- Aissaoui Zitoun O., Benatallah L., Ghannam E. H., Zidoune M.N., 2011.** Manufacture and characteristics of the traditional Algerian ripened *bouhezza* cheese. *Journal of Food, agriculture and Environment* Vol.9 (2), p.p.100-196.
- Aissaoui Zitoun O., 2003.** Fabrication et caractéristiques d'un fromage traditionnel algérien Bouhezza. Thèse de Magister, INATAA, Constantine, Algérie. 138p.
- Ait Amer Meziane L., 2008.** Aptitude des laits de chèvre et de brebis à la coagulation par des protéases d'origine avicole : poulet (*Gallus gallus*) et aquatique : limon (*Seriola sp.*). Thèse de Magister, Institut National Agronomique, el-Harrach, Alger. 136p.
- Agnihotri M.K., Rajkumar V., 2007.** Effect of Breed, Parity and Stage of Lactation on Milk Composition of Western Region Goats of India. *International Journal of Dairy Science*, 2, p.p. 172-177.
-

- Agnihotri M.K., 2002.** Composition of barbari, Jamunapari and mixed milk of Western region goat breeds. *Indian J. Small Rumin. Res.*, 8, p.p. 70-72.
- Agnihotri M.K., U.K. Pal, 1996.** Quality and shelf life of goat milk paneer in refrigerated storage. *Small Rumin. Res.*, 20, p.p. 75-81.
- Albenzio M., Santillo A., 2011.** Biochemical characteristics of ewe and goat milk: effect on the quality of dairy products. *Small Ruminant Research*, 101, p.p.33-40.
- Albenzio M., Santillo A., d'Angelo F., Sevi A., 2009.** Focusing on casein gene cluster and protein profile in Garganica goat milk. *J. Dairy Res.* 76, p.p.83–89.
- Alexopoulos, A., Tzatzimakis, G., Bezirtzoglou, E., Plessas, S., Stavropoulou, E., Sinapsis, E., Abas, Z. 2011.** Microbiological quality and related factors of sheep milk produced in farms of NE Greece. *Anaerobe* 17, p.p. 276-279.
- Alirezai M., Aminlari M., Reza Gheisari H and Tavana M., 2011.** Actinidin: A promising Milk Coagulating Enzyme. *European Journal of Food Research & Review* 1(2), p.p. 43-51.
- Ambrosoli, R., Di Stasio, L., Mazzoco, P., 1988.** Content of κ -casein and coagulation properties in goat milk. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.24- 28.
- Amigo, L., Recio, I., Ramos, M., 2000.** Genetic polymorphism of ovine milk proteins: its influence on technological properties of milk: a review. *Int. Dairy J.* 10, pp.135–149.
- Amills M., Jordana J., Zidi A., Serradilla J. M., 2012.** Genetic Factors that Regulate Milk Protein and Lipid Composition in Goats. Milk Production Advanced Genetic Traits, Cellular Mechanism, Animal Management and Health. INTECH, 30p.
- Amiot J., Lapointe-Vignola C., 2002.** Science et technologie du lait : transformation du lait, Presses intl polytechnique, quebec. 600p.
- Andren A., 1992.** Production of prochymosin, pepsinogen and progastricsin and their cellular and intracellular localization in bovine abomasal mucosa. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 54 (Suppl. 210), p.p. 59–64.
- Andren A., Bjorck L., 1986.** Milk-feeding maintains the prochymosin production in cells of bovine abomasal mucosa. *Acta Physiol. Scand.* 126, p.p. 419–427.
- Angiolillo A., Yahyaoui M.H., Sanchez A., Pilla F., Folch J.M., 2002.** Short communication: Characterization of a new genetic variant in the caprine κ -casein gene, *J. Dairy Sci.* 85, p.p. 2679–2680.
- Anifantakis E., Green M., 1980.** Preparation and properties of rennets from lamb's and kid's abomasa. *J. Dairy Res.* 47, p.p. 221–230.
- Anonyme, 2010.** Les races caprine en Algérie ; le poids de la tradition. Le portail de la nature et l'écologie en Algérie, Nouara, revue de web et articles sur l'environnement en Algérie.
- Arif S., Zga K., 1993.** Industrie Agro-alimentaire et dépendance envers les approvisionnements extérieurs : le cas Algérien, Edition Publi sud, OPU, 207p.
- Ashes J.R., Gulati S.K., Scott T.W. 1997.** Potential to alter the content and composition of milk fat through nutrition. *Journal of Dairy Science*, 80, p.p. 2204-2212.

B

- Babo D., 2000.** Race ovines et caprines françaises, 1ère édition. Paris : Edition française agricole, 302 p.
- Ballabio C., Chessa S., Rignanese D., Gigliotti C., Pagnacco G., Terracciano L., Fiocchi A., Restani P., Caroli A.M., 2011.** Goat milk allergenicity as a function of alphas-casein genetic polymorphism. *Journal of Dairy Science*, 94, p.p.998-1004.
- Baldacci F., 2013.** *Test statistiques, Student, ANOVA, corrélation* .
- Bar#owska J., Szwajowska M., Litwi#czuk Z., Król J. 2011.** Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 10, p.p. 291-302.
- Barrionuevo M., Alferez M.J.M., Lopez Aliagal., Sanz Sampelayo M.R., Campos M.S., 2001.** Beneficial affect of goat milk on nutritive utilization of iron and copper in malabsorption syndrome. *Journal of Dairy Science*, 85, p.p. 657-664.
- Baudys M., Erdene T.G., Kostka V., Pavlik M., Foltmann B., 1988.** Comparison between prochymosin and pepsinogen from lamb and calf. *Comp. iochem. Physiol.* 89B, p.p. 385–391.
- Bauman D.E., Mather I.H., Wall R.J., Lock A.L., 2006.** Major advances associated with the biosynthesis of milk. *J Dairy Sci.* 89, p.p.1235-1243.
- Bencharif H ., 2001.** Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie : états des lieux et problématiques. *Options Méditerranéennes. Série B n° 32*, p.p. 25-45.
- Berthier A.M., 1992.** La composition des fromages de chèvre. *Rev.Laitière Fr.*, 516, 44-45.
- Bevilacqua C., Martin P., Candahl C., Fauquant J., Piot M., Roucayrol, A. M., Pilla F., Heyman M., 2001.** Goats milk of defective as1-casein genotype increases intestinal and systematic sensitization to b-lactoglobulin in guinea pigs. *Journal of Dairy Research*, 68(2), p.p. 217–227.
- Bhosale, S.S., P.A., Kahate, K., Kapila V.M., Thakar S.G., Gubbawar, 2009.** Effect of Lactation on Physico-Chemical Properties of local goat Milk. *Veterinary World*, 2(1), p.p. 17-19.
- Bonassi I.A., Matrins D., Roca R., 1998.** Composition chimiques et propriétés physicochimiques du lait de chèvre dans l'état à Sao Paulo Brésil. *Revue de l'ENIL.* 217, p.p. 21-28.
- Bondesan V., Miotello S., Bailoni L., 2013.** Effects of breed on milk quality traits from organic goat farms. Dep. Of Animal Science, University of Padova, Viale Università 16, 35020, Legnaro (Padova) Italy. *In* :Goat Milk Quality Regional IGA Conference 2013 in Tromso, Norway.
- Bonis C., 2001.** AOC Rocamadour : caractérisation des exploitations et étude de l'influence de l'alimentation des chèvres sur la composition du lait. Mémoire d'ingénieur : Toulouse, ESAP, 85 p.
- Boro M. , Zvonimir P. , Ivan V. , Zdravko B. , Dubravka S. , Vesna P., 2008.** Factors affecting goat milk yield and composition. *Mljekarstvo*, Vol.58, 4, p.p. 305-313.

- Bosset J-O., Albrecht B., Badertscher R., 2000.** Caractéristiques microbiologiques, chimiques et sensorielles de lait, de caillés et de fromage de chèvre de type F6mlaggini (buexion, robiola) et Foermagella. Péd. LAIT. France: C N R S, 2000, 95 (5), p.p.546-580.
- Boubezari M.T., 2010.** Contribution à l'étude de caractéristiques physicochimiques et Mycologiques du lait chez quelques races bovines, ovines et caprines dans quelques élevages de la région de Jijel. Mém. Mag. Constantine (Algérie), 124p.
- Bouniol C., Brignon G., Mahè M.F., Printz C., 1994.** Biochemical and genetic analysis of variant C of caprine κ -casein (*Capra hircus*). Anim. Genet. 25, p.p. 173–177.
- Bouroche J.M. et Saporta G., 2002.** L'analyse des données. Presses Universitaires de France. Paris, 17.
- Bousnane M., Djadi M., 2009.** Caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Takammèrite » de la région de Ghardaïa. Mém. Ing. INATAA. Constantine.
- Boza, J., Sanz Sampelayo, M.R., 1997.** Aspectos nutricionales de la leche de cabra. Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental 10, p.p.109–139.
- Brabez F., 2012.** Les contrats dans l'agriculture : cas de la filière lait. Colloque International Algérie : cinquante ans d'expériences de développement Etat - Economie-Société, 11p.
- Brendehaug, J., Abrahamsen, R.K., 1986.** Chemical composition of milk from a herd of Norwegian goats. *Journal of Dairy Research* 53, p.p.211–221.
- Brito C., Niklitschek L., Molina L.H., Molina I., 2002.** Evaluation of mathematical equations to predict the theoretical yield of Chilean Gouda cheese. *Int. J. Dairy Technol.* 55, p.p.32–39.
- Brochard M., Brunschwig P., 2011.** PhénoFinLait Un programme R&D pour la détermination et la maîtrise de la composition en acides gras et en protéines Bovin, Caprin et Ovin. Journées Lait Bourgogne, 25p.
- Brozos C., Saratsis P., Boscós C., Kyriakis S.C., Tsakalof P., 1998.** Effects of long-term recombinant bovine somatotropin (bST) administration on milk yield, milk composition and mammary gland health of dairy ewes. *Small Rumin. Res.* 29, p.p. 113–120.
- Brulé G., Lenoir J., 1984.** Les mécanismes généraux de la transformation du lait en fromage In : Fromagerie. Ed. Lavoisier, Paris, pp 1-21.
- Bustamante M., Chavarri F., Santisteban A., Ceballos G., Hernandez I., Miguelez M.J., Aranburu I., Barron L.J.R., Virto M., de Renobales M., 2000.** Coagulating and lipolytic activities of artisanal lamb rennet pastes. *J. Dairy Res.* 67, 393–402.

C

- Cabo C., Caillat H., Bouvier F. and Martin P., 2010.** Major protein of the goat milk fat globule membrane. *Journal of Dairy Science*, 93, p.p.868-876.
- Campos M.S., López Aliaga I., Alférez M.J.M., Nestares T., Barrionuevo M., 2003.** Effects of goats' or cows' milk on nutritive utilization of calcium and phosphorus in rats with intestinal resection. *British Journal of Nutrition* 90, p.p.61–67.

- Caroli A, Chiatti F, Chessa S, Rignanese D, Ibeagha-Awemu EM and Erhardt G, 2007.** Characterization of the casein gene complex in West African goats and description of a new alpha (s1)-casein polymorphism. *Journal of Dairy Science*, 90, p.p.2989-2996.
- Castillo M., Payne F.A., Hicks C.L., Laencina J., Loipez M.B., 2002.** Effect of calcium and enzyme in cutting time prediction of coagulating goats' milk using a light scattering sensor. *Int. Dairy J.* 12, p.p. 1019-1023.
- Ceballos L.S., Morales E.R., de la Torre Adarve G., Castro J.D., Martínez L.P., Sampelayo M.R.S, 2009.** Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, p.p.322-329.
- CFCE ,2003.** *In* : **Yakhlef S., 2007.** Stratégie d'entreprise et environnement concurrentiel dans la filière lait (Cas de Tchénouit, Candia).Mém. Mag. Agr., Institut National Agronomique, El Harrach (Alger).
- Chabaka-Dramachini, 2009.** Changement des modes de production et évolution des systèmes d'élevage ovin et caprin.
- Chanokphat P., 2005.** Casein micelle structure : a concis review. *Journal of Science and technology*, 1(27), 201-212.
- Chianese L., Garro G., Nicolai MA., Mauriello R., Ferranti P., Pizzano R., Cappuccio U., Laezza P., Addeo F., Ramunno L., Rando A., Rubino R., 1993.** The nature of # casein heterogeneity in caprine milk. *Lait*, 73, p.p. 533-547.
- Chilliard Y., Ferlay A., Rouel, J., Lamberet G. 2003.** A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of Dairy Science*, 86, p.p. 1751-1770.
- Chilliard Y., Rouel J., Ferlay A., Bernard L., Gaborit P., Raynal-Ljutovac, K., Lauret, A., Leroux, C., 2006 a.** Optimising goat's milk and cheese fatty acid composition. *In*: Williams C., Buttriss J. (Eds.), *Improving the Fat Content of Foods*. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, UK, pp. 281–312.
- Chilliard, Y., Rouel, J., Leroux, C., 2006b.** Goat's #S1casein genotype influences its milk fatty acid composition and #9 desaturation ratios *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, p.p.474-487.
- Chilliard Y., 1996.**Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre - Comparaison avec les laits de vache et humain.**INRA, Unité Caprine des Verrines.**
- Clark S., Sherbon J.W., 2000.** Genetic variants of alphas1-CN in goat milk: breed distribution and associations with milk composition and coagulation properties. *Small Rum. Res.*, V.38, p.p.135-143.
- Clark S., Sherbon J.W., 2000.** Alpha s1-casein, milk composition and coagulation properties of goat milk. *Small Rum. Res.* V.38, p.p.123–134.
- Clegg R.A., Barber M.C., Pooley L., Ernens I., Larondelle Y., Travers M.T., 2001.** Milk fat synthesis and secretion: molecular and cellular aspects. *Livestock Production Science*, 70, p.p.3-14.
- Clément B., 2004.** Initiation à Statistica version 6 français. Copyright Génistat Conseils Inc., Montréal, 68p.

- CNIEL, 2006.** Lait : Les dénominations. Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière. Maison du lait. France.
- Colin O., Laurent F., Vignon B., 1992.** Variations du rendement fromager en pâte molle. Relations avec la composition du lait et les paramètres de la coagulation. *Le lait*, 72, p.p.307-319.
- Collin J.C., Kokelaar A., Rollet-Repecaud O., Delacroix-Buchet A., 1991.** Dosage des caséines du lait de vache par électrophorèse et par chromatographie liquide rapide d'échange d'ion (FPLC) : comparaison des résultats. *Lait*, 71, p.p.339-350.
- 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.
- Corcy J.C.,1991.** La Chèvre, Edition La Maison Rustique, p.p.180-197.
- Coulon J.B., Delacroix-Buchet A., Martin B., Pirisi A., 2005.** Facteurs de productio et qualité sensorielle du fromage. *INRA Productions Animales*. 18 (1), p.p. 49-62.
- Croguennec T., Jeantet R., Brulé G., 2008.** Fondements physicochimique de la technologie laitière. Lavoisier, Tech. Doc., Paris, 160p.
- Coubronne C., 1980.** Variation de quelques paramètres biochimiques du lait en relation avec l'alimentation des vaches laitières étude dans deux élevages, école vet alfort, Paris.
- CTA, 2006.** Elevage des caprins. Centre technique de coopération agricole et rurale Wageningen, Pays Bas.
- Czopowicz M., Strza#kowska N., Rzewuska M., Winnicka A., Jó#wik A., Ko#ciuczuk E., Kaba J., Jarczak J., Krzy#ewski J., Bagnicka E., 2013.** Factors influencing technological properties of goat milk. *In* : Goat Milk Quality Regional IGA Conference 2013 in Tromso, Norway.
- D**
- D'Amico D.J., Donnelly C.W., 2010.** Microbiological quality of raw milk used for small-scale artisan cheese production in Vermont: Effect of farm characteristics and practices. *Journal of Dairy Science* 93(1), p.p.134-147.
- Dalgleish D. G., 1993.** The enzymatic coagulation of milk, In cheese : chemistry, physics and microbiology : general aspects. Ed. Fox P.F. Vol.1, Chapman and Hall, London, p.p.69-100.
- Daniaux C., 2010.** Lait de chèvre : vérités et contrevérités « santé ». Filière Ovine et Caprine n°34 - 4ème trimestre, pp.5-10.
- Darwesh K. A., Merkhan K. Y., Buti E. T. S., 2013.** Impact of Lactation Stage on the Body Condition and Milk Quality of Black Goat. *International Journal of Agricultural and Food Research* Vol. 2 N. 2, p.p. 48#52.
- De Simiane M., 1995.** La chèvre. 1ère édition. Paris : Rustica Edition, 103 p.
- Debry G., 2006.** Lait, nutrition et santé. Ed : tec et doc. Lavoisier. Paris. 566p.
- Delacroix-Buchet A., Degas C., Lamberet G., Vassal L., 1996.** Effect of AAand FF alphas-1-casein variants in goat milk on cheese yields and sensory characteristics of cheeses. *Lait* 76, p.p.217–241.

- Desjeux J.F., 1993.** Valeur nutritionnelle du lait de chèvre. *Lait*, 73, p.p.573-580.
- Devold **T. G.**, Nordbø **R.**, Langsrud **T.**, Svenning **C.**, Brovold **M. J.**, Sørensen **E. S.**, Christensen **B.**, Ådnøy **T.**, Vegarud **G.E.**, **2011**. Extreme frequencies of the κ -casein “null” variant in milk from Norwegian dairy goats- implications for milk composition, micellar size and renneting properties. *Dairy Science & Technology*, V.91, Issue 1, p.p. 39-51.
- DingZ., LiuS., Gu Z., Zhang L., Zhang K and Shi G., 2011.** Production of milk-clotting enzyme by *Bacillus subtilis* B1 from wheat bran. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 10(46), p.p. 9370-9378.
- Doyon A., 2005.** Influence de l'alimentation sur la composition de lait de chèvre : revue des travaux récents ; colloque sur la chèvre, CRAAQ, 7 octobre, Québec, Canada.
- Drackova M., Hadra L., Janstova B., Navratilova P., Pridalova H., Vorlova L., 2008.** Analysis of goat milk by near infrared spectroscopy. *Acta Veterinaria*, 77, p.p.415-422
- Dumoulin E., Peretz G., 1993.** Qualité bactériologique du lait cru de chèvre en France. *Lait*, 73, p.p. 475-483.
- Dupuis –Ficow J., 2006.** Améliorer le taux butyreux du lait : pour un fromage de goût et de qualité. Filière Ovine et Caprine n°17, p.p.13-16.
- Duteurtre G., Oudanang M K, N’gaba S H., 2005.** Les bars laitiers de N’djamena (Tchad) des petites entreprises qui valorisent le lait de brousse. Acte de colloque, ressources vivrières et choix alimentaire dans le bassin lac Tchad : 20-22 novembre, Paris X-Nanterre.

E

- Eck A., 1997.** Le fromage. Paris, Lavoisier. Tech et Doc., 539p.
- Esvan S., Dragan C., Varenne A., Astruc J.M., Barillet F., Boichard D., Brunschwig 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. 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.

F

- Fanny J., Novak G., 1993.** Travaux pratiques de chimie laitière. I.N.P.L, E.N.S.A.I.A, Ecole nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires, Nancy, France, p.p. 8- 9.
- F.A.O., 2002.** Codex alimentarius :Laits et produits laitiers. Ed: 3. F.A.O-O.M.S, Rome (Italie), 136 p.
- F.A.O., 1996.** Les perspectives de développement de la filière lait de chèvre dans le bassin méditerranéen. Département de l'agriculture.
- F.A.O., 1995.** Lait et produits laitiers dans la nutrition humaine.
- FAOSTAT, 2011.** Évolution de la production de lait, Algérie.
- Favier J.C., Dorsainvil E., 1991.** Composition des fromages de chèvre. Cah. Nutr. Dié, 2, p.p. 117-123.

- Fege L., 2012.** Choisir ses laitages et pourquoi : Vache, chèvre, brebis et végétal. Dossiers thématiques. Compare diet.
- Fekadua B., Soryala K., Zenga S., Van Hekkenb D., Baha B., Villaquiran M., 2005.** Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard cheeses. *Small Ruminant Research* 59, p.p. 55–63.
- Feliachi K., 2003.** Rapport nationale sur les ressources génétiques animales : Algérie. Commission nationale, point focal Algérien pour les ressources génétiques, Octobre, 46p.
- Fenelon M.A., Guinee T.P., 1999.** The effect of milk fat on Cheddarcheese yield and its prediction, using modifications of the Van Slyke cheese yield formula. *J. Dairy Sci.* 82, p.p. 2287–2299.
- Ferrandini E., Lopez M.B., Castillo M., Laencina J., 2011.** Influence of an artisanal lamb rennet paste on proteolysis and textural properties of Murcia al Vino cheese. *Food Chem.* 124, p.p.583–588.
- Ferrandini E., Lopez M.B., Castillo M., De Renobales M., Virto M., Hernandez I., Price A.V., Laencina, J., 2008.** Technological characterization of experimental natural rennet pastes. *Food Sci. Technol. Int.* 14, p.p. 63–70.
- FID, 2008.** Lait de chèvre. Fédération Internationale de Laiterie. Ed. Copyright. 2p.
- Fournier A., 2006.** L'élevage des chèvres. Ed. Artémis, p.p.38-74 (Elevage facile).
- Fox P.F., 2002.** Factors that affect the quality of cheese. *Cheese Art*, Ragusa, 123-158.

G

- Gaddour A., Najari S., Ouni M., 2007.** Dairy performances of the goat genetic groups in the southern Tunisia. *Agricu. J.*, 2, p.p. 248-253.
- Gaddour A., Najari S., Ouni M., 2008.** Amélioration de la production laitière caprine par le croisement d'absorption dans une oasis du Sud tunisien. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop*, 61 (1), p.p.57-62.
- Gaillon P., Sigwald J.P., 1998.** Résultats de contrôle laitier des espèces bovine et caprine France 1997. Institut de l'élevage, Paris, 50p.
- Galina M.A., Osnaya F., Cuchillo H.M., Haenlein G.F.W., 2007.** Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Rumin. Res.* 71, p.p. 264–272.
- Galina M.A., Morales R., Lopez B., Carmona M.A., 1996.** Effect of somatic cell count on lactation and soft cheese yield by dairy goats. *Small Rum. Res.* 21, p.p.251–257.
- Gaucher I., 2008.** Caractéristiques de la micelle de caséines et stabilité des laits : de la collecte des laits crus au stockage des laits UHT, thèse INRA, Agrocampus Sci. Tech. Lait et oeuf .agrocampus Rennes.
- German B., 2010.** Des outils nouveaux pour les filières laitières aujourd'hui et des perspectives d'innovations pour demain. Programme R&D pour les filières laitières Phénotypage et génotypage pour la compréhension et la maîtrise de la composition fine du lait. PhénoFinlait.
- Gipson T.A., Grossman M., 1990.** Lactation curves in dairy goats: a review. *Small Rumin. Res.* 3, p.p.383–396.

- Goetsch A.L., Zeng S.S., Gipson T.A., 2011.** Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research* 101, p.p. 55– 63
- Gonzalo C., Carriedo J.A., García-Jimeno M.C., Pérez-Bilbao M., De La Fuente L.F. 2010.** Factors influencing variation of bulk milk antibiotic residue occurrence, somatic cell count, and total bacterial count in dairy sheep flocks. *Journal of Dairy Science* 93(4), p.p.1587-1595.
- Gonzalo C., Carriedo J.A., Beneitez E., Juarez, M.T., De La Fuente L.F., San Primitivo F., 2006.** Short communication: bulk tank total bacterial count in dairy sheep: factors of variation and relationship with somatic cell count. *J. Dairy Sci.* 89, p.p. 549–552.
- Goptar I.A., Balandina G.N., Lysogorskaya E.N., Filippova Yu, I., 2007.** A new approach to the use of fluorogenic dinitrophenyl-containing substrates for determining the proteolytic activity of aspartyl proteinases. *Appl. Biochem. Microb.* 43, p.p.390–393.
- Grandpierre C., Ghisolfi J., Thouvenot J.H.P., 1988.** Etude biochimique du lait de chèvre. *Cah Nutr Diét* 23, p.p. 367-374.
- Grappin et al ., 1981.** Etude des laits de chèvre : teneur du lait de chèvre en matière grasse, matière azotée et fractions azotées. *Lait*, 61, p.p.117 – 133.
- Greyling J.P.C., Mmbengwa V.M., Schwalbach L.M.J., Muller T., 2004.** Comparative milk production potential of indigenous and Boer goats under two feeding systems in South Africa. *Small Ruminant Research* 55, p.p. 97–105.
- Grosclaude F., Ricordeau G., Martin P. et al .,1994.** Du gène au fromage: le polymorphisme de la caséine #s1 caprine, ses effects, son évolution. (From the gene to the cheese: goat #s1-casein polymorphism, its effects, its evolution). *INRA Prod. Anim.*, V.7, p.p.3-19.
- Gulati S.K., AshesJ.R., A scott T.W., 1999.** Hydrogenation of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids and their incorporation into milk fat. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 79, p.p. 57-64.
- Guo M., Park Y.W., Dixon P.H., Gilmore J.A., Kindstedt, P.S., 2004.** Relationship between the yield of cheese (Chevre) and chemical composition of goat milk. *Small Rumin. Res.* 52, p.p.103–107.
- Guo M.R., Dixon P.H., Park Y.W., Gilmore J.A., Kindstedt P.S., 2001.** Seasonal changes in the chemical composition of commingled goat milk. *Journal of Dairy Science* 84, p.p.79-83.

H

- Haard et al, 1985.** A review of proteolytic enzymes from marine organism and their application in the food industry. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 1, p.p.17-35.
- Hacini, 2007.** Filière lait et risques alimentaires : Maguet : Magasine de la production et de santé animale, 7ème salon international de l'élevage et du machinisme agricole. 13-15 mai 2007.p.p.22-29.

- Haenlein G.F.W., 1987.** Cow and goat milk aren't the same, especially in somatic cell content. *Dairy Goat J.*, 65, p.p. 806-826.
- Haenlein G.F.W., 1991.** Progress in sight for goat milk. *United Caprine News* (June), p.p. 34-35.
- Haenlein, G.F.W., 2001.** Past, present, and future perspectives of small ruminant dairy research. *Journal of Dairy Science* 84, p.p. 2097–2115.
- Haenlein G.F.W., 2001.** The nutritional value of sheep milk. *Int. J. Animal Sci.* 16, p.p. 253–268.
- Haenlein G. F. W. 2004.** Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, p.p. 51, 155-163.
- Haenlein G. F. W. and Cacces R., 2006.** Goat milk versus cow milk. *Dairy Goat Journal*, 3, p.p.3-5.
- Haenlein G. F. W., Anke M., 2011.** Mineral and trace element research in goats : a review. *Small Ruminant Research*, 95, p.p.2-19.
- Hallal A., 2001.** Fromages traditionnels algériens. Quel avenir ? *Revue agroligne* n° 14, Avril. Mai.
- Hamann J., Krömker V., 1997.** Potential of specific milk composition variables for cow health management. *Livestock Production Science* 48, p.p. 201-208.
- Hanzen Ch., 2010.** Lait et production laitière, 36p.
- Hurley W.L., 2009.** Milk Composition and Synthesis. *In: Lactation Biology Website*, 22.03.2011, Available from.
- I
- Imran M., Khan H., Hasan S., Khan S., 2008.** Physicochemical characteristics of various milk sample available in Pakistan. *Journal of Jhejeng University Science B* 9 (7) p.p. 546-551
- J
- Jalouali S., 2000.** Rentabilité du croisement d'absorption de la chèvre locale dans les oasis du Sud tunisien. Mémoire fin études, Ecole supérieure de Mognane, Tunisie, 134 p.
- Jann O.C., Prinzenberg E.M., Luikart G., Caroli A., Erhardt G., 2004.** High polymorphism in the β -casein (CSN3) gene from wild and domestic caprine species revealed by DNA sequencing, *J. Dairy Res.* 71, p.p. 188– 195.
- Janoviš S., Baraš M., Mašej O., Djureviš J.D., 2005.** SDS-page analysis of milk proteins altered by high thermal treatment. *Acta Alimentaria*, 34, p.p.105–112.
- Jarczak J., Kościuczuk E.M., Jóźwik A., Słoniewska D., Horbańczuk K., Krzyżewski J., Bagnicka E., 2013.** Influence of environmental factors on acidity, citric acid and casein level in goat milk. *In : Goat Milk Quality Regional IGA Conference 2013 in Tromso, Norway.*
- Jaubert et al ., 1993.** Numération cellulaire et caractéristiques biochimique et technologiques du lait de chèvre. *In : somatic cells and milk of small ruminant*

Proceeding of an international symposium, 25 – 27 septembre, Bella, Italy, p.p.263 – 268.

- Jaubert G., Bodin J.P., Jaubert A., 1997.** Flavour of goat farm bulk milk. CIHEAM, Option Méditerranéenne, 6. International Conference on Goats, p.p.93-98.
- Jaubert A., 1997.** Les vitamines et les nucléotides du lait de chèvre. *In*: Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre, Ed INRA, Paris, Colloques 7 nov 1996, p.p. 81–92.
- Jaubert G., 1997.** Biochemical characteristics and quality of goats milk. CIHEAM, Option Méditerranéenne, 25, p.p. 71-74.
- Jenot F., 1998.** Pourquoi la composition du lait de chèvre varie-t-elle? Terre de chèvre.
- Jenot F., Bossis N., Cherbonnier J., Fouilland C., Guillon M..P., Lauret A., Letourneau P., Poupin B., Reveau A., 2000.** Les taux de lait de chèvre et leur variation. Eds, L'Éleveur de Chèvres, n° 7, 10p.
- Johansson S., 2011.** Goat Milk : Nutrition and health aspects.
- Johnson M.E., Chen C.M., Jaeggi J.J., 2001.** Effect of rennet coagulation time on composition, yield, and quality of reduced fat Cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 84, p.p.1027-1033.
- Jooyandeh H. et Abroumand A., 2010.** Physico-chemical, nutritional, heat treatment effects and dairy product aspects of goat and sheep milks. *World Applied Science Journal.*11(11), p.p.1316-1322.
- J.O.R.A, 199 8.** Normes microbiologiques. Journal Officiel de la République Algérienne. 35, 26p.

K

- Kabirizi J. et Ejobi F., 2004.** Indigenous fodder trees and shrubs as feed resources for intensive goat production in Uganda. Kampala, Uganda.
- Kalantzopoulos G.C., 1993.** Cheeses from ewes' and goats' milk. *In*: Fox, P.F. Ed. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Major Cheese Groups, vol. 2, 2nd ed. Chapman & Hall, New York, p.p. 533–540.
- Kalogridou-Vassiliadou D., Manolkidis K., Tsigoida A., 1991.** Somatic cell counts in relation to infection status of the goat udder. *J. Dairy Res.*, 59: 21-28.
- Katanos et al., 2005 . *In* : **Pambu R. G. , Webb E.C., Mohale L., 2011.** Differences in Milk Yield and Composition of Different Goat Breeds Raised in the Same Environment in South Africa. *Agricultural Journal*, V6, issu 5, p.p. 237-242.
- Kennelly J.J. 1996.** Producing milk with 2.5% fat - the biology and health implications for dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 60, p.p.161-180.
- Khelifi Y., 1999.** Les productions ovines et caprines dans les zones steppiques algériennes. *In* Les systèmes de production ovine et caprine : organisation de l'élevage et rôle des tructures de développement. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens, n° 38, p.p. 245-247.
- Kherzat B., 2007.** Essai d'évaluation de la politique laitière en perspective de l'adhésion de l'Algérie à l'organisation Mondiale du Commerce et à la Zone de libre Echange

avec l'Union Européenne. Mem. Mag. Agr., Institut National Agronomique, El Harrach (Alger).

- Kompan D., Komprej A., 2012.** The Effect of fatty acids in goat milk on health. Milk Production An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health. INTECH, 28p.
- Kondyli E., Katsiari M. C., Voutsinas L. P., 2007.** Variations of vitamins and minerals contents in raw goat milk of the indigenous Greek breed during lactation. Food Chemistry, 100, p.p. 226–230.
- Kouniba A., Berrada M., El Marakchi A., 2007.** Etudes comparatives de la composition chimique de lait de chèvre de la race locale Marocaine et la race Alpine et évaluation de leur aptitude fromagère. Revue de Médecine Vétérinaire. 158 (3), p.p. 152-160. Grimasse
- Kouniba A., 2007.** Caractérisation physico-chimique du lait de chèvre comparée à celles du lait de vache et de dromadaire et étude de son aptitude fromagère. IAA, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires.
- Králíková Š., Kuchtík J., Filipík R., Lužová T., Šustová K., 2013.** Effect of chosen factors on milk Yield, basic composition and Somatic cell count of organic milk Of brown short-haired goats. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, LXI, No. 1, p.p. 99–105.
- Kramer A., 1960.** A rapid method for determining significance of difference from rank sums. Food technology, Vol.14, p.p.576-581.
- Kubarsepp I., Henno M., Kart O., Tupasela T., 2005.** A comparison of the methods for determination of the rennet coagulation properties of milk. Acta Agriculturae Scand Section A 55, p.p. 145–148.
- Kuchtík J., Sedláková H., 2003.** Composition and properties of milk in White Short-haired goats on the third lactation. Czech Journal of Animal Science, 48, p.p.540–550.
- Kumari M., Sharma A., Jagannadham M. V., 2012.** Religiosin B, a milk-clotting serine protease from *Ficus religiosa*. Food Chemistry, 131, p.p.1295–1303.
- Kumar A., Sharma J., Mohanty A.K., Grover S., Batish V.K., 2006.** Purification and characterization of milk clotting enzyme from goat (*Capra hircus*). Comparative Biochemistry and Physiology, Part B 145, p.p. 108–113.
- Kumar A., Sharma J., Sa harab M.R., Singb R., 2005.** Extracellular acid protease from *Rhizopus oryzae* : purification and characterization. Elsevier Process Biochemistry, Vol. 40, p.p. 1701-1705.
- Kupper J., Chessa S., Rignanese D., Caroli A., Erhardt G., 2010.** Divergence at the casein haplotypes in dairy and meat goat breeds. J. Dairy Res. 77, p.p. 56–62.

L

Lagonigro R., Pietrolà E., D'Andrea M., Veltri C., Pilla F., 2001. Molecular genetic characterization of the goat S2-casein E allele. Anim. Genet. 32, p.p. 391–393.

-
- Larousse agricole, 2002.** 767p.
- Laurent T., Dubeuf J.P., 1995.** Les perspectives de développement de la filière lait de chèvre dans le bassin méditerranéen : une réflexion collective appliquée au cas marocain. Rome, 131p.
- Lawrence R.C., 1991a.** Cheese yield potential of milk. Factors Affecting the Yield of Cheese. Int. Dairy Federation (IDF), Brussels, Belgium. Monogr. Special Issue 9301, p.p. 109–120.
- Lawrence R.C., 1991b.** Relationship between milk protein genotypes and cheese yield capacity. Monograph on Factors Affecting the Yield of Cheese. Int. Dairy Federation IDF, Brussels, Belgium, Monogr. Special Issue 9301, p.p. 121–127.
- Lebeuf Y., Michel J-C., Moineau S., 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait. *In* : Science et technologie du lait.
- Lenoir, J, Remeuf, F, Schneid, N., 1994.** L'aptitude du lait à la coagulation par la présure. *In* : Eck, Le fromage. Lavoisier, Paris
- Leonil J., Marchin S., Henry G., Jouanneau D., Putaux J-C., 2007.** La caséine # quelle role dans la structuration de la micelle de caséine ? Colloque 5-8 Juin, Grenoble, France.
- Legarto J.et Leclerc M. C., 2011.** Elevage de chèvres en Algérie : Untopic sur l'élevage des chèvres laitières. L'alimentation pratiquedes chèvres laitières. Département Techniques d'Elevage et Qualité (DTEQ).
- Legarto J., Palhiere I., 2013.** La composition fine du lait de chèvre en acides gras : effets des pratiques d'élevage et de la génétique. PhénoFinLait, 4èmes Journées Techniques Caprines, 23p.
- Le Jaouen J.C., Remeuf F., Lenoir J., 1990.** Données récentes sur le lait de chèvre et les fabrications des produits laitiers caprins. XXIII International Dairy Congress, Octobre, 8-12, Montréal, Quebec.
- Le Jaouen J.C., 1986.** Composition du lait et de nombreux facteurs, *La chèvre*, 153, p.p. 10-13.
- Le Jaouen J.C., 1982.** La fabrication de fromage de chèvre fermier. Paris, Institut de l'élevage, 209p.
- Le Mens P., 1985.** Propriétés physicochimiques et nutritionnelles.*In* : lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Luquet F.M. Ed. Tech et Doc. Paris, France.
- Lemouchi L., 2007.** Le fromage traditionnel bouhezza : enquête dans la wilaya de Tebessa et suivi de l'évolution des caractéristiques physicochimiques de deux fabrications. Mém. Ing, INATAA, Constantine, Algérie, 65p.
- Lenoir J., Remeuf F., Duby C., 1994.** Etude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leurs aptitudes à la coagulation par la présure. *Le lait* , 69, p.p.499-518.
- Levassort X., 2010.** Les fromages : les fromages et autres produits laitiers. Bac –Pro, 6p.
-

Libouga D.G., Ngah E., Jiokap Nono Y., Bitjoka L., 2008. Clotting of cow (*Bos taurus*) and goat milk (*Capra hircus*) using calve and kid rennets. *Afr. J. Biotech.* 7, p.p. 3490-3496.

Lorient D., Cayot P., 2000. Les propriétés techno fonctionnelles des protéines de lait. Les protéines laitières ; intérêts technologiques et nutritionnels, 4eme conférence européenne d'ARILAIT, 7 novembre. Paris, France.

Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J., 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal. Biol. Chem.*, N° 193, p.p.265-275.

M

MADR, 2012. Bulletin des statistiques du lait du ministère de l'agriculture te de développement rural.

Mahboub N., Slimani N., Siboukeur O., Mati A., 2012. Effet de la conservation sur l'activité enzymatique des extraits coagulants issus de caillette de dromadaires âgés préparée sans muqueuse. *Revue des BioRessources*, Vol 2 N 1, p.p. 8 -20.

Mahé S., 1997. Valeur nutritionnelle du lait dans l'alimentation humaine. Colloque INRA, 7, Novembre, Paris, France.

Mahé M.F., Manfredi E., Ricordeau G., Piacere A., Grosclaude F., 1993. Effe du polymorpisme de la caséine #S1 caprine sur les performances laitières : analyse intradescendance de bouc de race Alpine. *Genetic science and evolution*, 26, p.p. 151-157.

Marletta D., Criscione A., Bordonaro S., Guastella A. M. and D'urso G., 2007 . Casein polymorphism in goat's milk. *Lait*, 87, p.p. 491-504.

Marletta D., Bordonaro S., Guastella A. M., Falaqiani P., Crimi N., D'urso G., 2004. Goat milk with different # S2 -casein content: analysis of allergenic potency by reast-inhibition assay. *Small Ruminant Research* [V. 52, Issue 1](#) , p.p. 19-24.

Martin P., Szymanowska M., Zwierzchowski L., Leroux C., 2002. The impact of genetic polymorphisms on the protein composition of ruminant milks. *Reproduction, Nutrition, Development*, 42, p.p.433-459.

Martin P., Leroux C., 2000. Le gène caprin spécifiant la caséine #S1 : un suspect tout désigné aux effets aussi multiples qu'inattendus. *INRA Production animale*, Hors série, p.p. 125-132.

Martin P., 1993. Polymorphisme génétique des lactoprotéines caprines. *Lait*, 73, p.p. 511-532.

Masle I., Morgane F., 2001. Aptitude de lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques- Facteurs de variation liés à la composition du lait. *Lait*, 81, p.p. 561-569.

Massart-Léen, A.M., De Pooter, H., Decloedt, M., Schamp, N. 1981. Composition and variability of the branched-chain fatty acid fraction in the milk of goats and cows. *Lipids*, 16, p.p. 286-292.

Massart-Léen, A.M., Roets, E., Peeters, G., Verbeke, R. 1983. Propionate for fatty acid synthesis by the mammary gland of the lactating goat. *Journal of Dairy Science*, 66, p.p.1445-1454.

- Merkhan K. Y. 2011.** A study on milk yield, compositional and udder morphology characteristics in the local and Meriz goats raised in commercial farms. M.Sc. thesis, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Duhok.
- Mestawet T.A., Girma A., Adnoy T., Devold T.G., Narvhus J.A., Vegarud G.E. 2012.** Milk production, composition and variation at different lactation stages of four goat breeds in Ethiopia. *Small Ruminant Research*. Elsevier, p.p. 176-181.
- Meziane R., 2013.** Filière lait : Des mesures pour développer la production (Liberté, 16 Mai 2013).
- Mezina M.N., Lavrenova G.I., Prokof'ev M.I., Starovoitova V.V., Ermolaev V.I., Chernyh V.Y., Balandina G.N., Demidovich S.S., 2001.** Isolation of milk clotting enzyme from transgenic sheep milk and its comparison with calf chymosin. *Biochemistry (Mosc.)* 66, p.p.378–383.
- Moallem U., 2009.** The effects of extruded flaxseed supplementation to high-yielding dairy cows on milk production and milk fatty acid composition. *Anim Feed Sci Tech.*, 152 p.p. 232-242.
- Moatsou G., Vamvakaki A., Molle D., Anifantakis E. and Leonil J., 2006.** Protein composition and polymorphism in the milk of skopelos goats. *Lait*, 86, p.p. 345-357.
- Moatsou G., Samolada M., Panagiotou P., Anifantakis E., 2004.** Casein fraction of bulk milks from different caprine breeds. *Food Chemistry* 87, p.p. 75–81.
- Mohammed, S. A., Sulieman, A.H., Mohammed, M. E., Siddig, F., Sir, E., 2007.** A study on the milk yield and compositional characteristics in the Sudanese Nubian Goat under farm condition. *Journal of Animal and Veterinary Advance*, 6, p.p. 328-334.
- Mohamed A., Khaldi S., 2006.** Facteurs de variation de la production laitière et de la composition du lait : revue bibliographique. *Revue de l'INAT*, 21, 2, p.p. 83-96.
- Mohanty A.K., Mukhopadhyay U.K., Kaushik J.K., Grover S., Batish V.K., 2003.** Isolation, purification and characterization of chymosin from reverinebuffalo (*Bulbalos bubalis*). *J. Dairy Res.* 70, p.p. 37–43.
- Moioli B., D'Andrea M., Pilla F., 2007.** Candidate genes affecting sheep and goat milk quality. *Small Rum. Res.* 68, p.p. 179–192.
- Morand-Fehr P., Fedele V., Decandia M. et Lefrileux Y., 2007.** Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. Dans : *Small Rum. Res.* 68, p.p. 20-34.
- Morand- Fehr P ; Tran G., 2001.** La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale, *INRA prod, anim.* 14(5), p.p. 285-302.
- Morel I., Wyss U., Collomb M., 2006.** Influence de la composition botanique de l'herbe ou du foin sur la composition du lait, *Revue suisse agric.* 38 (1), p.p. 9- 15.
- Moreno R., 1995.** La lcteos como fuente ideal de calcio/fo'sforo en la dieta. *Alimentacio'n Nutricio'n y Salud* 2, p.p.52–58.
- Morgan F., 1999.** Cellules somatiques du lait de chèvre : conséquences sur la composition du lait et la technologie. *L'égide*, N°17, décembre.

- Moschopoulou E., 2011.** Characteristics of rennet and other enzymes from small ruminants used in cheese production. *Small Ruminant Research*, 101, p.p. 188– 195.
- Moschopoulou E., Onoufriou E., Kandarakis I., 2009.** Effects of diet and abomasums part on enzymic properties of liquid lamb rennet. *Ital. J.Food Sci.* 21, p.p.73-80.
- Moschopoulou E., Kandarakis I.G., Alichanidis E., Anifantakis E.M., 2006.** Purification and characterization of chymosin and pepsin from kid. *J Dairy Res.* 73, p.p. 49–57.
- Moschopoulou E., Kandarakis I., Anifantakis E., 2004.** Effect of extraction conditions on the characteristics of the traditional lamb rennet. *Greek J. Dairy Sci. Technol.* 1, 27–42.
- Moschopoulou E., 2003.** Study of traditional rennet and of xhymosin and pepsin from kid abomasa. Ph.D. Thesis, Agricultural University of Athens.
- Moualek I., 2011.** Caractérisation du lait de chèvre collecté localement : séparation chromatographiques et contrôles électrophorétiques des protéines. Mém. Mag. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 101p.

N

- Najari S., 2005.** Caractérisation zootechnique et génétique d'une population caprine. Cas de la population caprine locale des régions arides tunisiennes. Thèse Doct. Etat, Institut national agronomique, Tunis, Tunisie, 214 p.
- Najari S., Ben hamouda M., Khaldi G., 2000.** Improvement of goat production in arid regions by the use of exotic breeds. *In: Gruner L., Chabert Y., Eds, Nutrition and feeding strategies, Proc. 7th International conference on goats, Tours, France, 1999, p.p. 211-214.*
- Nedjraoui D., 2003.** Profil fourrager. Ed : FAO.30p.
- Neveu C., Riaublanc A., Miranda G., Chich J.F., Martin P., 2002.** Is the apocrine milk secretion process observed in the goat species roote in the perturbation of the intracellular transport mechanism induced by defective alleles at the #S1-Cn locus? *Reprod. Nutr. Dev.* 42, pp. 163–172.
- Norris D., Ngambi J. W., Benyi K., Mbajiorgu C. A., 2011.** Milk production of three exotic dairy goat genotypes in limpopo province, South Africa. *Asian Journal ofAnimal and Veterinary Advance*, 6(3), p.p. 274-281.
- Nouani A., Hamrani L., Bellal M. M., 2011.** Purification et caractérisation de protéase coagulant le lait extraite à partir du proventricule de poulet (*Gallus gallus*). Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole.
- Nouani A., 2009.** Recherche de succédanés de la présure traditionnelle utilisés dans la coagulation du lait. Thèse doctorat, Ecole Nationale Agronomique, EL- Harrach (Alger), 166p.

O

- Ofilive, 2001.** Elément de réflexion sur la filière lait en Algérie, 159p.
- OPVM, 2010.** Office de Protection et de Promotion de la Vallée de M'Zab.

O'Sullivan N.A., Sousa M.J., O'Grady-Walsh D., Uniacke T., Kelly A.L., McSweeney P.L.H., 2005. Ripening of Camembert-type cheese made from caprine milk using calf rennet or kid rennet as coagulant. *Int. J. Dairy Technol.* 58, 13–18.

Ouada Y., 2010. Les produits laitiers traditionnels en Algérie : un véritable potentiel de développement.

Ould Eleya M.M., Desobry Banon S., Vetier N., Hardy J., 1995. Etude rhéologiques des acides de laits de vache, de chèvre et de brebis. *Lait*, 78, p.p.453-459.

P

Paccard, P., Lagriffoul, G., 2006a. Synthèse bibliographique sur la composition du lait de brebis en composés d'intérêt nutritionnel, 28 p.

Paccard, P., Lagriffoul, G., 2006b. Synthèse bibliographique sur la composition des fromages de brebis en composés d'intérêt nutritionnel, 24 pp.

Pajor F., T#zsér J., Kovács A., Póti P., 2012. Hodnocení kvality kozího mléka (The evaluation of goat milk quality). *Farmá#ská výroba sýr# a kysaných mlé#ných výrobk# IX.*, mendelu v Brn#, p.p.61–63.

Pal U.K., Saxena V.K., Agnihotri M.K., Roy R., 1996. Effect of season, parity and stage of lactation on the composition of Jamunapari goat's milk. *Int. J. Anim. Sci.*, 11, p.p. 245-248.

Palmquist D.L., Beaulieu A.D., Barbano D.M. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science*, 76, p.p. 1753-1771.

Pambu R. G. , Webb E.C., Mohale L., 2011. Differences in Milk Yield and Composition of Different Goat Breeds Raised in the Same Environment in South Africa. *Agricultural Journal*, V6, issu 5, p.p. 237-242.

Papoff C.M., Mauriello R., Pirici A., Piredda G., Addis M., Chianese L., 2004. Proteolytic activity of animal rennet on ovine casein. *Milchwissenschaft*, 59, p.p. 414-417.

Paradal M., 2012. La transformation fromagère caprine fermière : Bien fabriquer pour mieux valoriser ses fromages de chèvre. Paris, Lavoisier, 295p. (Tech. et Doc).

Park, Y. W., Juarez M., Ramos M., Haenlein, G.F.W., 2007. Physicochemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Reseach*, 68, p.p. 88-113.

Park, Y. W., 2006. Goat milk-chemistry and nutrition. *In* : Park Y. W., Haenlein G. F. W. (Eds.), *Handbook of milks of non bovine mammals* Ames, IO, USA: Blackwell Publishing, pp. 34-58.

Payens T.A., 1982. Les propriétés physicochimiques des caséines alpha S1, bêta et Kappa. *Lait*, 62, p.p. 306-320.

Piredda G., Addis M., 1998. Diet influence on enzymatic activities in lamb and rennet paste. *Sci. Tec. Latt. Cas.* 49, p.p.129-138.

Peris S., Caja G. Such X., Casals R., Ferret, A. and Torre, C., 1997. Influence of kid rearing systems on milk composition and yield of Murciano-Granadina dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 80, p.p.3249-3255.

Pirisi A., Colin O., Laurent F., Scher J., Parmentier M., 1994. Comparison of milk composition, cheesemaking properties and textural characteristics of the cheese from

two groups of goats with a high or low rate of alpha S1-casein synthesis. *Int. Dairy J.* 4, p.p.329–345.

Pontual E V., Carvalho B.E.A. , Bezerra R. S., Coelho L.C.B.B., Napoleão T. H., Paiva P. M.G., 2012. Caseinolytic and milk-clotting activities from *Moringa oleifera* flowers. *Food Chemistry* 135, p.p. 1848–1854.

Portmann A., Pierre A., Vedrenne P., 1968. Relation entre teneurs en matière grasse et azotée du lait de chèvre et rendement en fromage. *Rev. Laitière Fr.*, 251, p.p. 97-101.

Pougeon S .et Goursaud J., 2001. Le lait et caractéristiques physicochimiques. *In : Debry G ., 2001 . Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 6,566p.*

Pougeon S., 2001. Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse Doctorat, Université Paul-Sabatier de Toulouse, 102p.

Poza M., Sieiro C., Carreira L., Baross-Velazquez J., Villa T.G., 2003. *I. Ind Biotechnol, Vol.30, p.p. 691-698.*

Prinzenberg E.M., Gutscher K., Chessa S., Caroli A., Erhardt G., 2005. Caprine #-casein (CSN3) polymorphism: new developments of the molecular knowledge, *J. Dairy Sci.* 88, p.p. 1490–1498.

R

Rahali V., Ménard J.L., 1991. Influence des variants génétiques de la bêta-lactoglobuline et de la kappa-caséine sur la composition du lait et son aptitude fromagère. *Lait*, 71, 275-297.

Ramet J.P. 1997. Les agents de transformation du lait. *In : Le fromage ; de la science à l'assurance qualité. Paris, Lavoisier, pp 101-107. (Tech. et Doc).*

Ramos Morale E., De La Torre Adarve G., Carmona Lopez F.D., Extremera F. G., Sanz Sampelayo M.R., Poza J., 2005. Nutritionnel value of goat an cow protein. CIHEAM, option Méditerranéenne, Série A, 67, 167p.

Ramousse R., Le Berre M., Le Guelte L., 1996. Introduction aux statistiques.

Ramunno L., Cosenza G., Pappalardo M., Longobardi E., Di Gallo D., Pastore N., Di Gregorio P., Rando A., 2001a. Characterization of two new alleles at the goat CSN1S2 locus. *Anim. Genet.* 32, p.p. 264–268.

Ramunno L., Longobardi E., Pappalardo M., Rando A., Di Gregorio P., Cosenza G., Mariani P., Pastore N., Masina P., 2001b. An allele associated with a non detectable amount of #S2 casein in goat milk. *Anim. Genet.* 32, p.p. 19–26.

Raynal-Ljutovac, K., Gaborit, P., Lauret, A., 2005. The relationship between quality criteria of goat milk, its technological properties and the quality of the final products. *Small Ruminant Research*, 60, p.p.167-177.

Raynal-Ljutovac, K., Pirisi, A., de Crempux, R., Gonzalo, C., 2007. Somatic cells of goat and sheep milk: analytical, sanitary, productive and technological aspects. *Small Rum. Res.* 68, p.p.126–144.

- Raynal –Ljutovac K., Lagriffoul G., Paccard P., Guillet I. and Chilliard Y., 2008.** Compostion of goat and sheep products milk: An update .*Small Ruminant Reseach*, 79, p.p.57-72.
- Regnault, C., 2001.** La filière Rocamadour : une filière jeune et en développement. *Revue des ENIL*, 239, p.p. 27 - 29.
- Remeuf, F., Guy R., Brignon G., Grosclaude F., 2001.** Influence de la teneur en caséine # sur les caractéristiuges physicochimiques et l'aptitude à la coagulation enzymatique du lait de chèvre. *Lait*, 81, p.p. 731- 742.
- Remeuf, F., 1994.** Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits. *Rec. Méd. Vét.*, p.p.359-365.
- Remeuf F., Cossin V., Derving C., Lenoir J., Tomassone R., 1991.** Relation entre les caractéristiques physico-chimiquesdes laits et aptitudes fromagères. *Lait*, 71, 397-421.
- Remeuf F., Lenoir J. et Duby C., 1989.** Etudes des relations entre les caractéristiques physicochimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure.*Lait*, 69, p.p. 499-518.
- Remeuf F., Lenoir J., 1985.** Caractéristiques physicochimiques de lait de chèvre. *Revue latièrre française*, 446, p.p.32-40.
- Remeuf, F., 1993.** Influencede polymorphisme génétique de la caséine #S1 caprine sur les caractéristiques physicochimiques et technologique du lait. *Lait*, 73, p.p. 549- 557.
- Ricordeau G., Mahé M.F., Persuy M. A., Leroux C., François V., Amigues Y., 1999.** Fréquences alléliques des caséines chez les chèvres des Pyrénées. Cas particulier de la caséine β nulle.*INRA Prod. Anim.*,12 (1), p.p.29-38.
- Ricordeau G., Mocquot G., 1967.** Influence des variations saisonnières de la composition du lait de chèvre sur le rendement en fromage. Conséquences pratiques pour la sélection. *Ann. Zootech.*, 16, p.p.165-181.
- Roncada P., Gaviraghi A., Liberatori S., Canas B., Bini L., Greppi G.F., 2002.** Identification of caseins in goat milk. *Proteomics* 2, p.p. 723–726.
- Rossano R.D., Ambrosio A., Ferrara V., D'Elia A., Pizzillo M., Riccio P., 2003.** Influence of diet and age of kids on enzymatic activities of kid rennet pastes. *Ital. J. Food Sci.* 15, p.p. 585–591.
- Rota A.M., Gonzalo C., Rodriguez P.L., Rojas A.I., Martin L., Tovar J.J., 1993.** Effects of stage of lactation and parity on somatic cell counts in milk of Varetta goats and algebraic models of their lactation curves. *Small. Rum. Res.* 12, pp.211–219.
- Roudj S., Bessadat A., Karam NE. , 2005.** Caractérisations physicochimiques et analyse électrophorétique des protéines de lait de chèvre et de lait de vache de l'Ouest algérien. *Renc. Rech. Ruminants*, 12p.
- Rulquin H., Hurtaud C., Lemosquet S., Peyraud J. L., 2007.** Effet des nutriments énergétiques sur la production et la teneur en matière grasse du lait de vache. *INRA Prod. Anim.*, 20, p.p. 163-176.

- Sacchi, P., Chessa, S., Budelli, E., Bolla, P., Ceriotti, G., Soglia, D., Rasero, R., Cauvin, E., Caroli, A., 2005.** Casein haplotype structure in five Italian goat breeds. *J. Dairy Sci.* 88, p.p.1561–1568.
- Sanz Sampelayo M.R., Pérez L., Martín Alonso J.J., Amigo L. Boza J., 2002.** Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance lactating Granadina goats. Part II. Milk production and composition. *Small Ruminant Research*, 43, p.p.141-148.
- Sauvant D., Giger-Riverdin S., Meschy F., 2006.** Le contrôle de l'acidose ruminale latente. *INRA Prod. Anim.*, 19, p.p. 69-78.
- Schmidely, P., Sauvant. D. 2001.** Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants: effets de l'apport de matières grasses ou d'aliment concentré. *INRA Productions Animales*. 14, p.p.337-354.
- Semenuik N., 2009.** La chèvre. Ed. Artémis. France, p.p.78- 88.
- Sheehan J. J., Drake M. A., Mcsweenwy P.L. H., 2009.** Effect of partial or total substitution of bovine for caprine milk on the compositional, volatile, nonvolatile and sensory characteristics of semi-hard cheeses. *International Dairy Journal*, 19, p.p. 498-509.
- Siboukeur O., Mati A., Hesas B., 2005.** Amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait cameline (*Camelus dromedarius*) : utilisation d'extraits enzymatiques coagulants gastriques de dromadaires. *Cahiers Agricultures* vol. 14, n° 5, p.p. 473-478.
- Silanokove N., Leitner G., Merin U., Prosser C. G., 2010.** Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*, 89, p.p.110-124.
- Sin gh H., 1972.** Heat-induced change in casein. Including interactions with whey protein in heat-induced change in milk, special issue 9501, *Int. Dairy Fed*, Brussels, Belgium, p.p. 86- 104.
- Slacanac V., Bozanic R., Hardi J., Szabo J.R., Lucan, M., Krstanovi c, V., 2010.** Nutritional and therapeutic value of fermented caprine milk. *Int. J. Dairy Technol.* 63, p.p.171–189.
- Soryal K. A., El Shaer H. M., 2006.** Goat milk as affected by production system and lactation stage in Egyptian North Sinai. *Proceeding workshop on recent advances in goat production under arid condition*, Cairo, April 10-13 (2006). p. p. 165-170.
- Soryal K.A., Zeng S.S., Min B.R., Hart S.P., Beyene F.A., 2004.** Effect of feeding systems on composition of goat milk and yield of Domiati cheese. *Small Rumin. Res.* 54 (1–2), p.p.121–129.
- Soukehal A., 2013.** Communications sur la filière laitière : Production, besoins Nationaux, propositions d'éléments de politiques à moyen et long termes. Colloque du 08 avril 2013 relatif à la sécurité alimentaire : Quels programmes pour réduire la dépendance en céréales et lait, 20p.
- Soussa et Malcata., 1997.** Comparative biochemical evolution during ripening of bovin, ovine and caprine cheese manufactured with extract of flowers of *Cynara Cardunculus L.* *Lebensmittel unters forsch A.*, p.p. 97-103.

- St-Gelais D., Baba Ali O., Turcot S., 2000.** Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation. Site du ministère de l'agriculture et agroalimentaire du Canada.
- Strzałkowska N., Jóźwik A., Bagnicka E., Krzyżewski J., Horbańczuk K., Pyzel B., Słoniewska D., Horbańczuk J. O., 2010.** The concentration of free fatty acids in goat milk as related to the stage of lactation, age and somatic cell count. *Animal Science Papers and Reports*, 28 (4), p.p.389–395.
- Strzałkowska N., Jóźwik A., Bagnicka E., Krzyżewski J., 2009.** Chemical composition, physical traits and fatty acid profile of goat milk as related to the stage of lactation. Polish Academy of Sciences Institute of Genetics and Animal Breeding, Jastrzębiec, 05-552 Wólka Kosowska, Poland, p.p.311-320. **Suzuki M., Narita Y., Oda S., Moriyama A., Takenaka O., Kageyama T., 1999.** Purification and characterization of goat pepsinogens and pepsins. *Comp. Biochem. Physiol. Part B* 122, p.p.453-460.
- T**
- Tabayehnejad N., Castillo M., Payne F.A., 2012.** Comparison of total milk-clotting activity measurement precision using the Berridge clotting time method and a proposed optical method. *Journal of Food Engineering* 108, p.p. 549–556.
- Tavaria F. K., Sousa M. J., Malcata F. X., 2001.** Storage and lyophilization effects of extracts of *Cynara cardunculus* on the degradation of ovine and caprine caseins. *Food chemistry*, 72, p.p. 79–88.
- Tayssandier, 1994.** Connaitre les fromages de France : Du territoire à la table, France. Ed. JP Gisserot, 30p.
- Tilière B.D., 2009.** Analyses statistiques multivariées.
- Touati K., 1990.** Contribution à l'étude microbiologique et physicochimique d'un fromage artisanal algérien « La Klila ». Mém, Ing, INATAA, Constantine, Algérie, 83p.
- Trujillo A. J., Casals I., Guamis B., 2000.** Analysis of major caprine milk proteins by reverse-phase high performance liquid chromatography and electrospray ionization-masse spectrometry. *Journal of Dairy Science*, 83, p.p. 11-19.
- Tziboula-Clarke A., 2003.** Goat milk. In: Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. Eds, *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Cornwall Academic Press, p.p. 1270–1279.

V

- Vacca G. M., Dettori M. L., Carcangiu V., Rocchigiani A. M., Pazzola, M., 2010.** Relationships between milk characteristic and somatic cell score in milk from primiparous browsing goats. *Animal Science Journal*, 81, p.p.594–599.
- Vanwarbeck O., 2008.** Caractérisation technico-économique des élevages de chèvres laitières en région de Wallonne. Catégorie agronomique. Haute école de la Province de Liège, 118p.
- Veinoglou B., Baltadjieva M., Kalatzoupoulos G., Stamenova V. et Papadopoulou E. 1982.** La composition de lait de chèvre de la région de Plovdiv en Bulgarie et d'Ionnina en Grèce. *Lait* 62, pp.155-156.

- Vemeau D., 2008.** Outils et perspective en filière caprine laitière: fruits de 5 ans de recherche. PhénoFinLait un programme R&D de pour les filières laitières de demain, 19p.
- Verdier-Metz A. ,2000.** Guide pratique en alimentation caprine. Paris : Institut de l'élevage. 60 p.
- Vignola C.L., 2002.** Science et technologie du lait : transformation du lait. Presse Internationale Polytechnique. Montréal (Québec). 576p.
- Vignola C.L., 2010.** Science et technologie de lait : transformation du lait. Transformation du lait. Canada (Québec). 600p.

W

- Wanwarbeck O., 2008.** Caractérisation technico-économique des élevages de chèvres laitières en région wallonne. Haute école de la province de liège, 99p.
- Wehrmüller K. et Ryffel S., 2007.** Produits au lait de chèvre et alimentation : fiche technique destinée à la pratique. Département fédéral de l'économie. Station de recherche agroscope liebefeld-posieux ALP, n°28, 4p.
- Wilkinson, M.G., Kilcawley, K.N 2004.** Mechanisms of incorporation and release of enzymes into cheese during ripening. *International Dairy journal* 15, pp. 817-830.
- Wilson, D.J., Stewart, K.N., Sears, P.M., 1995.** Effects of stage of lactation, production, parity and season on somatic cell counts in infected and uninfected dairy goats. *Small Rum. Res.* 16, p.p.165–169.

Y

- Yahyaoui M.H., Angiolillo A., Pilla F., Sanchez A., Folch J.M., 2003.** Characterization and genotyping of the caprine κ -casein variants, *J. Dairy Sci.* 86, p.p.2715–2720.
- Yahyaoui M.H., Coll A., Sanchez A., Folch J.M., 2001.** Genetic polymorphism of the caprine κ -casein gene, *J. Dairy Res.* 68, p.p. 209-216.

Z

- Zahraddeen D., Butswat I. S. R., Mbap S. T., 2007.** Evaluation of some factors affecting milk composition of indigenous goats in Nigeria. Animal Production Programme, School of Agriculture and Agricultural Technology, Abubakar Tafawa Balewa University.
- Zaidi O., 2002.** Caractérisation du fromage traditionnel « Bouhezza », caractérisation physicochimique et microbiologique. Mém. Ing, INATAA. Constantine. Algérie, 51p.
- Zeller B., 2005.** Le fromage de chèvre : spécificités technologiques et économiques. Thèse Doctorat, Université Paul-Sabatier de Toulouse, 81p.
- Zeng S.S., Soryal K., Fekadu B., Bah B., Popham T., 2007.** Predictive formulae for goat cheese yield based on milk composition. *Small Rumt. Res.* 69, p.p.180–186.
- Zeng S.S., Popham T., Escobar E.N., 1999.** Seasonal variation of somatic cell count and chemical composition in bulk tank goat milk. *Dairy Food Environ. Sanit.* 19, p.p.685–690.

- Zeng S.S., Escobar E.N., Popham T., 1997.** Daily variations in somatic cell count, composition, and production of Alpine goat milk. *Small Rum. Res.* 26, p.p.253–260.
- Zhang F.X., Chen J.P., Yang F., Li L.Q., 2005.** Effects of age and suckling on chymosin and pepsin activities in abomasums of goat kids. *Int. J.Dairy Technol.* 58, p.p. 115–118.
- Zweifel C., Muehlherr J.E., Ring M., Stephan R., 2005.** Influence of different factors in milk production on standard plate count of raw small ruminant's bulk-tank milk in Switzerland. *Small Ruminant Research* 58(1), p.p.63-70.

ANNEXES

Annexe 1 - Analyses physicochimiques du lait

1- Dosage des matières azotées

1-1- Dosages de la matière azotée totale du lait selon la méthode de Kjeldahl (AFNOR 1986, NORME NF V04-211).

- Minéralisation

Elle consiste à transformer toutes les structures organiques contenant de l'azote en azote minéral par voie humide.

- Introduire 5 ml de lait dans le matras de Kjeldahl.
- Ajouter 15 à 20 ml **d'acide sulfurique** et 5 à 6 g de **catalyseur** (composé de 100g de sulfate de potassium pur, 10g de sulfate de cuivre pur et 1g de sélénium en poudre pur). Agiter.
- Chauffer légèrement le matras. Lorsque l'eau s'est évaporée, augmenter le chauffage jusqu'à douce ébullition du mélange acide.
- Agiter de temps en temps, en ramenant dans le fond du matras les parcelles de substances qui adhèrent aux parois.

Lorsque le liquide est devenu limpide, poursuivre le chauffage durant 30 minutes et laisser refroidir.

- Distillation et dosage de l'ammoniac

Après refroidissement, le minéralisât est récupéré avec précaution dans une fiole de 100 ml avec l'eau distillée.

Transvaser 20 ml du minéralisât dilué dans un ballon additionné de 20 ml de **lessive de soude** à 33% plus 80 ml **d'eau distillée**.

- Placer le ballon dans le dispositif de distillation
- Placer l'allonge qui termine le dispositif dans un bécher de 200 ml contenant 20 ml **d'acide borique à 4%** et 2 gouttes d'indicateur (Tashio).
- Après distillation ; titrer le distillat avec **l'acide sulfurique 0,1 N**.
- Expression des résultats

Les résultats sont exprimés gramme d'azote par litre :

$$NT = V_1 * 0,0014 * 1000 / V_0$$

Avec :

V₀ : volume de la prise d'essai (5 ml) ;

V₁ : volume de la solution d'acide sulfurique 0,1 N.

1-2- Dosage de l'azote non caséique (NST)

Dans un flacon de 100 ml, 10 ml du lait sont introduits et dilués avec 70 à 80 ml de l'eau distillée.

Le contenu est apporté à 40°C et puis acidifié avec 1 ml **d'acide acétique** à 10%.

Après être tenu 5 à 10 minutes à 40°C, 1 ml de **l'acétate de sodium** normal est ajoutée.

Le contenu est alors refroidi et le volume est complété avec de l'eau distillée. Le pH de la solution est déterminé, à chaque fois qu'il est nécessaire, le pH est ajusté à 4,6 à 4,7 en ajoutant quelques gouttes d'**acide acétique** à 10%. Le sérum caséines libres est obtenu en filtrant (**papier filtre Whatman**). 10 ml du sérum sont employés pour la détermination de l'azote non- caséique, en utilisant la même technique de Kjeldahl comme ci-dessus.

1-3- Dosage de l'azote non protéique (NNP)

Dans un flacon de 50 ml, 10 ml de lait sont dilués jusqu'à la marque par **l'acide trichloracétique 12%**.

- Le contenu est bien mélangé et filtré après 10 minutes.
- Une partie aliquote de 20 ml est employée pour la détermination d'azote non protéique en utilisant la même technique de Kjeldahl comme ci-dessus.

Après le dosage de ces différentes fractions azotées, on peut calculer les composants suivants :

- Taux de matières azotées totales (MAT) = NT x 6,38 ;
- Taux protéique (TP) = (NT-NNP) x 6,38 ;
- Taux de caséines (C) = (NT- NST) x 6,38 ;
- Taux de protéines solubles (PS) = (NST – NNP) x 6,38 ;
- Taux d'azote non protéique (NNP) = NNP x 6,38.

2- Dosage de la matière grasse du lait (AFNOR, 1986)

Le dosage de la matière grasse s'effectuera selon la méthode conventionnelle de **Gerber (AFNOR 1986, norme NF-V04-210)**. Cette méthode est basée la dissolution des éléments du produit à doser exceptée la matière grasse et ceci par **l'acide sulfurique**. Par la suite, cette matière grasse va se séparer en couche claire sous l'influence de force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une faible quantité d'**alcool iso-amylique**.

L'application de cette méthode sur un lait à une température de 20°C donne une teneur en matière grasse exprimée en g/l

- Principe
- Introduire 10 ml **d'acide sulfurique** dans un butyromètre et ajouter 11 ml de lait.
- Ajouter 1 ml de **l'alcooliso amylique** « Méthyle-3 Butanol-1 »
- Boucher avec soin le butyromètre, l'agiter avec précaution mais énergiquement et rapidement jusqu'à dispersion des grumeaux.
- Centrifuger immédiatement pendant 10 minutes.
- Lire la valeur (A) de la graduation correspondant au niveau inférieur de la colonne lipidique, lire aussi rapidement que possible la valeur (B) de la graduation correspondant au point le plus bas du ménisque supérieur de la colonne lipidique.

La teneur en matière grasse est donnée par la relation suivante :

Matière grasse en gramme par litre = (B-A) x 10

3- Étude des acides gras de la matière grasse de lait

3-1- Extraction étherommoniacale de la matière grasse

- Prélever 20 ml de lait ;
- Ajouter 2 ml d'ammoniaque à 20m%, mélanger vigoureusement ;
- + 10 ml d'éthanol, mélanger doucement ;
- +25 ml d'éther diéthylique, agiter vigoureusement mais sans excès ;
- +25 ml d'éther de pétrol (30 -60°C), agiter vigoureusement aussi pendant 30 secondes ;
- Attendre 30 minutes.
- Récupération de la phase organique (supérieure) dans un ballon.
- Évaporation à sec ;
- Récupérer la matière grasse avec 10 ml d'hexane.
- Conservation à (-20°C).

3-2- Préparation des esters méthyliques

- Prélever 1 ml d'hexane contenant 50 à 100 µg 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'agent alcalin dans la colonne ;
- Agiter, laisser décanter et recueillir la couche supérieure (phase hexanoïque) qui contient les esters méthyliques.

3-3- Analyse des esters méthyliques par CPG.

4- Mesure de l'extrait sec total du lait

Principe :

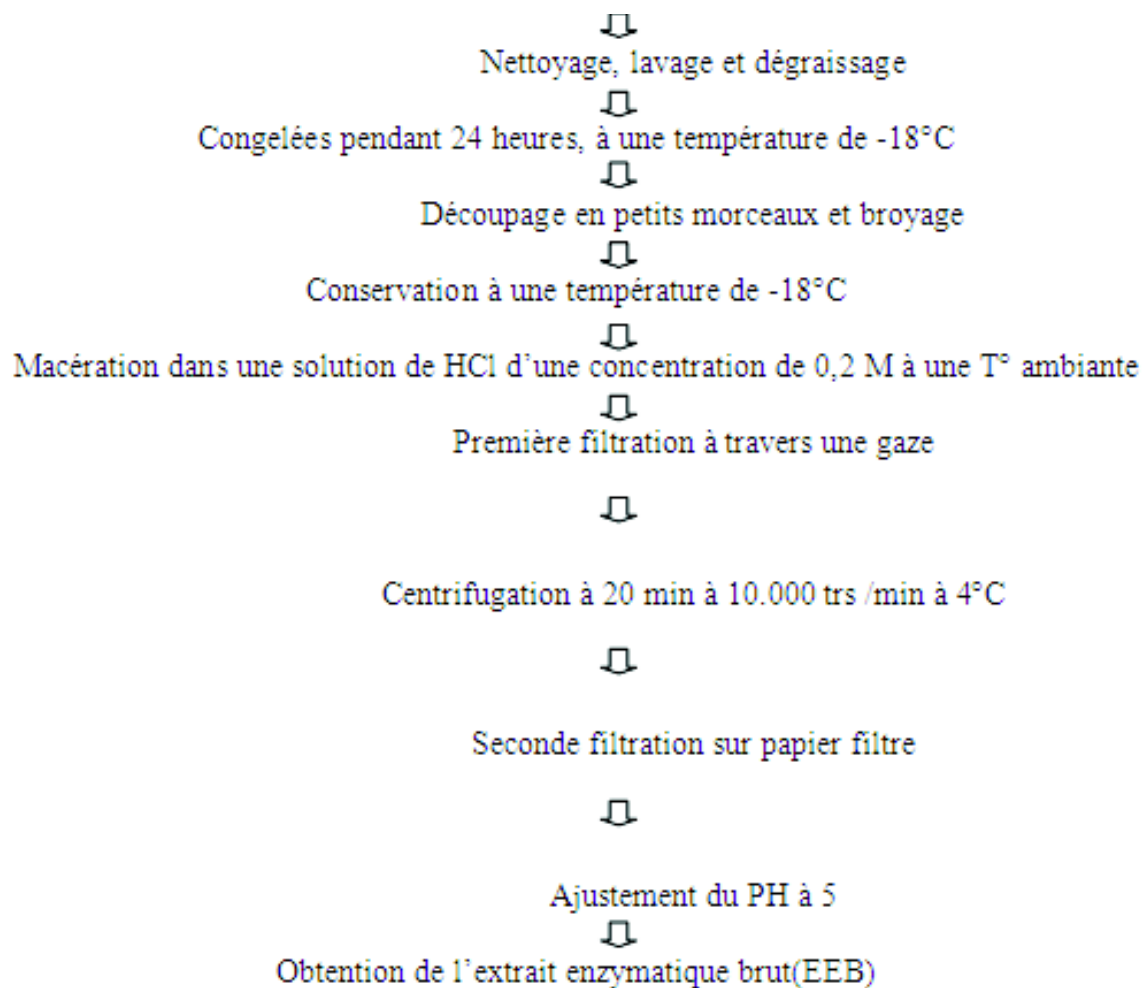
- Capsule sèche (mettre les capsules dans l'étuve pendant 20 à 30 minutes) ;
- Peser la capsule, soit un poids P1 ;
- Introduite exactement 5 ml de lait ;
- Placer la capsule pendant 30 minutes sur le bain marie bouillant ;
- Porter à l'étuve 3 heures (103±2°C) ;
- Refroidir à un dessiccateur ;
- Peser la capsule, soit un poids P2.
 - Le poids de matière sèche dans les 5 ml de lait est : P2 - P1

Le poids de matière sèche dans un litre de lait est donc :

$$\frac{p2 - P1}{5} \times 1000$$

Annexe 2

1- Etapes d'extraction de l'extrait enzymatique brut



2- Préparation de substrat de Berridge

Constituants de 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 CaCl₂ de qualité anhydre utilisée à une concentration de 0.01M est obtenue à partir d'une solution mère aqueuse de CaCl₂ déshydraté d'une concentration de 1M à conserver à 4°C et à l'obscurité avec quelques cristaux de thymol

Mode opératoire :

Pour préparer 100ml du substrat de Berridge, on dissout 12g de poudre de lait dans 100ml de CaCl₂ à 0.01M. On verse tout d'abord 10ml de la solution de chlorure de calcium dans le bêcher contenant le lait en poudre.

Remuer manuellement avec un agitateur de manière à obtenir une bouillie homogène. Ensuite, le reste de la solution de CaCl_2 est ajouté sur cette bouillie, puis on agite avec un agitateur magnétique durant 15 min en évitant une agitation trop violente susceptible de produire une mousse gênante. Puis vérifier le pH de la solution obtenue et l'ajuster s'il y a lieu à 6,4 par l'ajout d'une solution de HCl ou de NaOH. La température du substrat est ramenée 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.

3- Dosage des protéines totales (Lowry & al, 1951)

- Solutions:
 - Solution (A): 5% Na_2CO_3 ;
 - **Solution (B)**: 0,5% $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ in Sodium- potassium tartrate à 1%;
 - **Solution(C)**: 50 ml (A) + 2ml (B) (à préparer immédiatement) ;
 - **Solution (D)** : NaOH (1N)
 - **Solution (E)** : réactif de Folin-Ciocalteau dilué $\frac{1}{2}$.

Mode opératoire

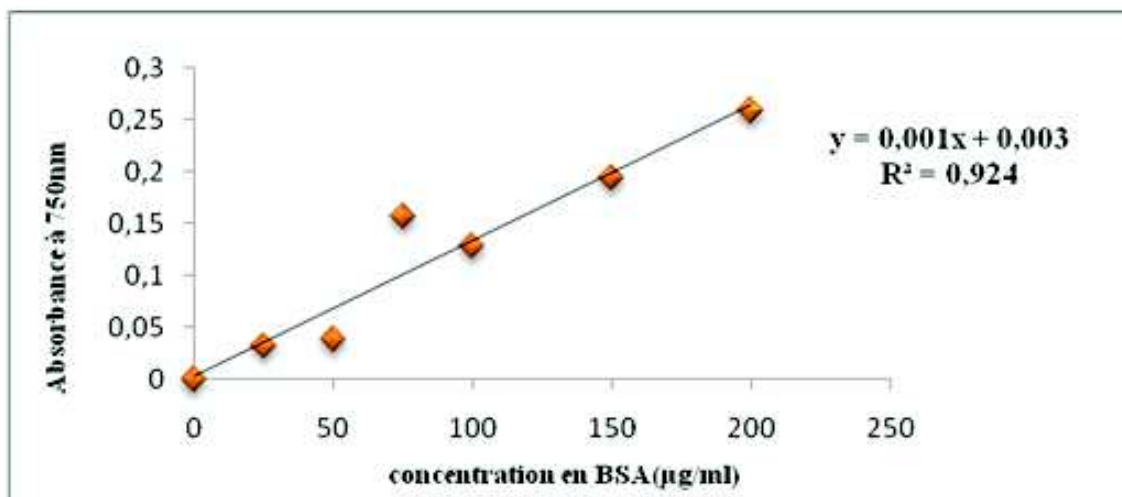
- Courbe étalon
 - **Solution mère** : BSA à raison de 200 $\mu\text{g}/\text{ml}$ dans l'eau distillée ;
 - **Solution étalon** : A partir de la solution de sérum albumine bovine (BSA) mère à 200 $\mu\text{g}/\text{ml}$, préparer des dilutions de concentrations croissantes : 25, 50, 75, 150, 200 $\mu\text{g}/\text{ml}$.
 - Le tube témoin contient 0,5 ml d'eau distillée.
 - Ajouter dans chaque tube 0,5 ml de la solution (D) puis 2,5ml de la solution (C) ;
 - Laisser reposer pendant 10 mn ;
 - Ajouter 0,5ml de la solution (E) ;
 - Incuber pendant 30 mn à l'obscurité.

Une coloration bleue se développe correspondant à la réaction de cuivre.

Lecture : au spectrophotomètre à 750 nm contre un blanc.

- Pour l'extrait enzymatique

On introduit 0,5 ml de la solution enzymatique dans un tube à essai et on suit les mêmes étapes.



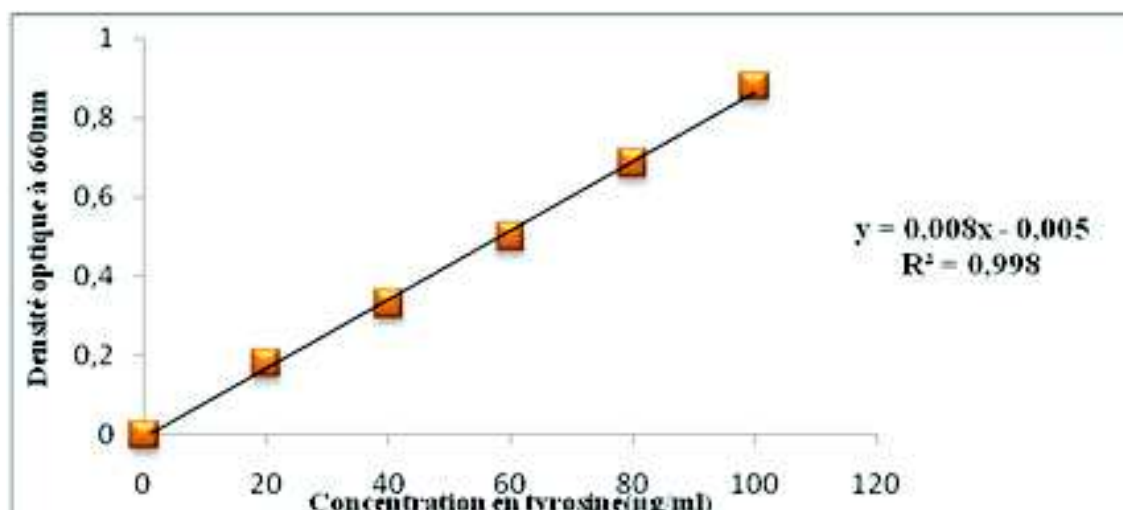
4- Mesure de l'activité protéolytique (green & Stackpoole, 1975)

- **Solution alcaline (A)** : 2g NaOH/ 500ml + 10g de carbonates de sodium (NaCO_3) ;
- **Solution cuivrique (B)** : 2ml de sulfate de cuivre $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,32g/100ml) + 2ml de tartrate de sodium et de potassium (1g/100ml) ;
- **Solution (C)** : 50ml de la solution (A) + 1ml de la solution (B) ;
- **Solution (D)** : réactif de Folin Ciocalteu dilué au $\frac{1}{2}$.
 - La courbe étalon
 - * Préparer des dilutions de concentrations croissantes : 20, 40, 60, 80 et 100µg/ml à partir d'une solution mère de tyrosine (100µg/ml). Le tube témoin contient 1ml d'eau distillée ;
 - * Ajouter dans chaque tube 5ml de la solution (C) ;
 - * Incuber pendant 10mn à 35°C au bain marie ;
 - * Ajouter dans chaque tube 0,5ml de la solution (D) et agiter fortement.
 - * Incuber 20 mn à 35°C.

La lecture de la densité optique se fait au spectrophotomètre à 660 nm.

- La courbe d'hydrolyse
- Préparation de l'échantillon
 - A 1ml du filtrat on ajoute 5ml de la solution (C), on mélange puis on incube à 35°C pendant 10 mn ;
 - A chaque tube on ajoute 0,5ml de la solution (D) et agiter immédiatement ;
 - Incuber à 35°C pendant 20mn.

La lecture de la densité optique se fait au spectrophotomètre à 660nm.



Annexe 3 - Analyses physicochimiques du fromage

1- Détermination de la teneur en matière grasse du fromage (méthode acido-butyrométrique de VAN GULIK)

- Mode opératoire

3g du fromage sont broyés et introduits dans le godet du butyromètre. 10ml de l'acide sulfurique sont ajoutés, puis le butyromètre est placé dans un bain marie à 65°C jusqu'à dissolution totale du fromage. Le butyromètre est agité toutes les 5 minutes pendant la période de dissolution. 1ml de l'alcool isomylique est additionné.

Enfin on centrifuge pendant 5 minutes dans une centrifugeuse (1200 tours/min).

- Expression des résultats

La teneur en matière grasse du lait et du lactosérum et fromage est exprimée en pourcentage massique.

$$n - n'$$

n' : valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne grasse

n : valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse

2- Dosage de la matière azotée totale du fromage selon la méthode de Kjeldahl (AFNOR, 1982)

- Mode opératoire

Dans le matras Kjeldahl, introduire 1 à 2g d'échantillon. Ajouter 15 à 20ml d'acide sulfurique concentré, environ 2g de catalyseur composé de 100g de sulfate de potassium pur, 10g de sulfate de cuivre pur et 1g de sélénium en poudre pur, après homogénéisation laisser pendant 3 heures dans le minéralisateur jusqu'à obtention d'une solution limpide et ceux-ci par chauffage modéré, puis fort en évitant de surchauffer les parois du matras.

- Distillation et dosage de l'ammoniac

Après refroidissement, le minéralisât est récupéré avec précaution dans une fiole et on ajuste à 100ml avec l'eau distillée. Transvaser 20ml du minéralisât dilué dans un matras additionne de 20ml de lessive de soude à 33%, plus 80ml d'eau distillée. Placer le matras dans le distillateur ;

Placer l'allonge qui termine le dispositif dans un bêcher de 200ml contenant 20ml d'acide borique à 4%.

Titre le distillat avec l'acide sulfurique à N/50

- Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche (MS) de la façon suivante :

$$N(g) = X.280.\alpha. (100/Y). (100/A)$$

- **X** : Descente de la burette (ml)
- **Y** : Prise d'essai (1g)
- **A** : Volume de minéralisât
- α : 10^{-6}

$$\text{Teneur en M.A.T (\%MS)} = N(g). (6,25/ MS).100$$

3- Détermination de la teneur en chlorure dans le fromage (AFNOR, 1986)

- Mode opératoire

On pèse 2g de fromage qu'on a déjà broyé dans un mortier, dans une fiole, puis on rajoute 25ml de nitrate d'argent (AgNO_3 à 0.1N) ensuite 25ml d'acide nitrique (HNO_3) de densité 1,4. Le mélange est porté à l'ébullition jusqu'à l'apparition de la couleur jaune citron. On additionne 15ml de permanganate de potassium (KMnO_3 à 7,5%) en maintenant l'ébullition et ça jusqu'à l'obtention d'un liquide clair. Par la suite on ajoute 5ml d'alun de fer (38%) et 100ml d'eau distillée.

L'étape qui suit c'est le titrage à l'acide thiocyanate d'ammonium (0,1N) jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge brique.

- Lecture des résultats

La teneur en chlorure est exprimée par la relation suivante :

$$\text{NaCl (\%)} = (25 - V) \times 0,585 / p$$

V : Volume en ml de thiocyanate d'ammonium ayant servi à la neutralisation

p : Prise d'essai, soit 2g de fromage.

Annexe 4 - Analyses microbiologiques du lait de chèvre

1- Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT)

A partir de chaque dilution préparée auparavant, on prélève 1 ml qu'on introduit dans chaque boîte de Pétri puis on ajoute la gélose PCA préalablement fondue puis refroidie à 45°C. Le mélange est homogénéisé par des mouvements de huit.

Le dénombrement s'effectue sur la boîte sous compteur de colonies et dont le nombre est compris entre 30 et 300.

Les résultats exprimés représentent les moyennes des colonies qu'on multiplie par l'inverse de la dilution.

2- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

Pour isoler et identifier ces bactéries, il est nécessaire de faire :

- Un test présomptif pour les bactéries coliformes.
- Un test confirmatif pour la recherche des coliformes fécaux
- Test présomptif

On prépare une série de tubes de VBL à l'intérieur de chacun il y a une cloche de DURHAM (trois tubes pour chaque dilution) puis on ensemence chaque tube avec 1ml de la dilution correspondante et on incube à 37°C pendant 24 heures.

Les tubes présentant un dégagement de gaz dans les cloches (le volume du gaz doit dépasser 10% du volume total de cette cloche) sont considérés comme positif.

Il y a donc présence de coliformes et le résultat sera exprimé par NPP (le nombre le plus probable) selon la table de Mac-Grady.

- Test confirmatif

On repique de chaque tube positif 3 à 4 gouttes, d'une part sur le VBL (avec la cloche de DURHAM) et d'autre part sur un tube d'eau peptonée exempte d'indole. Puis on les incube à 44°C pendant 24 heures. La présence des coliformes fécaux est confirmée s'il y a un dégagement gazeux dans les tubes de VBL (le volume du gaz doit dépasser 10% du volume total de cette cloche) et apparition d'un anneau rouge après addition de 2 à 3 gouttes du réactif de KOVAKS dans le tube d'eau peptonée.

En tenant compte du nombre de tubes positifs dans chaque série, on se reportera aux tubes du NPP pour l'obtention du nombre de coliformes fécaux en utilisant toujours la table de Mac-Grady.

3- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Leur recherche est réalisée sur un milieu de présomption de Rothe et un autre confirmatif de Litsky en cas d'obtention de résultats positifs dans le premier test.

- Test présomptif

On introduit aseptiquement 1ml de chaque dilution dans trois tubes de milieu de Rothe et on incube à 37°C pendant 24 heures.

Les tubes de Rothe présentant un trouble sont considérés positifs au test.

- Test confirmatif

On prélève 1 à 2 gouttes du tube de Rothe positif et on repique dans chaque tube contenant le milieu Litsky. On incube à 37°C. La présence d'une pastille violette au fond du tube confirme la présence de streptocoques du groupe D. Les résultats sont exprimés par le NPP.

4- Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Préparation du milieu d'enrichissement

- Au moment de l'emploi, ouvrir aseptiquement le flacon contenant le milieu Giolliti Cantoni pour y ajouter une ampoule de solution de tellurite de potassium.
- Mélanger soigneusement. Le milieu est alors prêt à l'emploi.

A partir des dilutions décimales retenues, porter aseptiquement 1ml par dilution dans un tube à vis stérile. Ajouter par la suite environ 15ml du milieu d'enrichissement. Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- Incubation

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture des résultats

Seront considérées comme positifs les tubes ayant virés en noir.

Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de *Staphylococcus aureus*, ces tubes feront l'objet d'un isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, coulée en boîte de pétri et bien séchées. Les boîtes de Chapman ainsiensemencées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48 heures. Après ce délai, repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune et pourvues d'une catalase et d'une coagulase.

- Expression des résultats

- Si à la dilution 10^{-3} , le tube a noirci au bout de 24 heures d'incubation, mais à l'isolement sur Chapman, il n'y a pas de colonies caractéristiques ; ce tube est considéré comme négatif.
- Si par contre la dilution 10^{-1} , le tube a noirci au bout de 24 heures d'incubation, et à l'isolement, il y a des colonies caractéristiques, il faut tenir compte de la dilution en question, car le nombre réel de *Staphylococcus aureus* correspond à l'inverse de la dilution. Dans ce cas il y a 10 *S. aureus* par ml.

5- Recherche et dénombrement des levures et moisissures

A partir de chaque dilution préparée auparavant, on prélève 1 ml qu'on introduit dans chaque boîte de Pétri contenant la gélose OGA. Le dénombrement s'effectue sur la boîte sous compteur de colonies.

Les résultats exprimés représentent les moyennes des colonies qu'on multiplie par l'inverse de la dilution.

Annexe 5 - Analyses microbiologiques du fromage

Influence de quelques paramètres de production sur la qualité du lait de chèvre. Aptitude à la coagulation

Les analyses microbiologiques appliquées sur le fromage sont comme suite :

- Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) (**Annexe 4**) ;
- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (**Annexe4**) ;
- Recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus (**Annexe4**) ;
- Recherche et dénombrement des levures et moisissures (**Annexe4**).
- Recherche des salmonelles dans le milieu Rapapor.

Annexe 6

Résultats des analyses physico-chimiques du lait de chèvre durant la période expérimentale

| | Production (l/j) | pH | Acidité (g/l) | MG (g/l) | AGT (g/l) | EST (g/l) | ESD (g/l) | D | MAT (g/l) | NNP (g/l) | TP (g/l) | C (g/l) | PS (g/l) | NST (g/l) | TPMAT (%) | C/TP (%) |
|-----|------------------|------|---------------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|----------|---------|----------|-----------|-----------|----------|
| AS1 | 1 | 6.44 | 16 | 40 | 37.8 | 144 | 104 | 1.033 | 37.2 | 0.82 | 31.38 | 30.26 | 1.12 | 1.84 | 97.45 | 96.43 |
| AS1 | 1.1 | 6.46 | 16 | 41 | 38.74 | 145 | 104 | 1.033 | 33.1 | 0.73 | 32.37 | 31.19 | 1.18 | 1.91 | 97.79 | 96.55 |
| AS1 | 1 | 6.45 | 16 | 41 | 38.74 | 143 | 102 | 1.033 | 33 | 0.8 | 32.2 | 31.12 | 1.08 | 1.88 | 97.57 | 96.64 |
| SS1 | 1.13 | 6.55 | 16 | 36 | 34.02 | 128 | 89 | 1.033 | 30.5 | 1.16 | 29.84 | 28.53 | 0.81 | 1.77 | 96.17 | 97.9 |
| SS1 | 1.5 | 6.6 | 17 | 37 | 34.96 | 125.5 | 84.5 | 1.033 | 29.8 | 1.11 | 28.89 | 28.11 | 0.58 | 1.69 | 96.27 | 97.97 |
| SS1 | 1.5 | 6.37 | 16 | 37 | 34.96 | 128 | 89 | 1.033 | 30 | 1.12 | 28.88 | 28.27 | 0.81 | 1.73 | 96.26 | 97.88 |
| LS1 | 0.95 | 6.55 | 15 | 35 | 33.07 | 115 | 80 | 1.033 | 27 | 1.2 | 25.8 | 25.2 | 0.6 | 1.8 | 95.55 | 97.67 |
| LS1 | 0.9 | 6.58 | 15 | 34 | 32.13 | 115.5 | 83.5 | 1.033 | 27 | 1.2 | 25.8 | 25.12 | 0.68 | 1.88 | 95.55 | 97.56 |
| LS1 | 0.9 | 6.58 | 15 | 33 | 31.18 | 116 | 83 | 1.033 | 27 | 1.2 | 25.8 | 25.16 | 0.64 | 1.84 | 95.55 | 97.52 |
| AS2 | 3 | 6.83 | 14 | 30 | 28.35 | 120 | 90 | 1.029 | 30 | 0.5 | 29.5 | 28.16 | 1.34 | 1.84 | 98.33 | 95.45 |
| AS2 | 3 | 6.81 | 14 | 31 | 29.29 | 121 | 90 | 1.029 | 31 | 0.6 | 30.4 | 29.11 | 1.29 | 1.89 | 98.06 | 95.75 |
| AS2 | 3 | 6.82 | 14 | 31 | 29.29 | 120 | 89 | 1.029 | 30.5 | 0.5 | 30 | 28.62 | 1.38 | 1.88 | 98.26 | 95.4 |
| SS2 | 3.5 | 6.72 | 13 | 34 | 32.13 | 120 | 86 | 1.034 | 28 | 1.13 | 26.87 | 26.2 | 0.87 | 1.8 | 95.98 | 97.5 |
| SS2 | 3.7 | 6.71 | 14 | 35 | 33.07 | 120 | 85 | 1.034 | 28.5 | 1.1 | 27.4 | 26.66 | 0.74 | 1.84 | 96.41 | 97.29 |
| SS2 | 3.4 | 6.71 | 12 | 36 | 34.02 | 120 | 84 | 1.034 | 28.3 | 1.11 | 27.19 | 26.47 | 0.72 | 1.83 | 96.07 | 97.35 |
| LS2 | 2.5 | 6.75 | 13 | 31 | 29.29 | 116 | 85 | 1.034 | 25 | 0.77 | 24.23 | 23.23 | 1 | 1.77 | 96.82 | 95.87 |
| LS2 | 2.7 | 6.75 | 13 | 32 | 30.24 | 114 | 82 | 1.034 | 25 | 0.8 | 24.2 | 23.24 | 0.96 | 1.76 | 96.8 | 96.03 |
| LS2 | 2.3 | 6.75 | 13 | 32 | 30.24 | 112 | 80 | 1.034 | 25 | 0.79 | 24.21 | 23.24 | 0.96 | 1.75 | 96.84 | 96.03 |
| AS3 | 0.9 | 6.5 | 16 | 40 | 37.8 | 140 | 100 | 1.03 | 35 | 0.88 | 34.32 | 33.55 | 0.57 | 1.45 | 97.48 | 98.32 |
| AS3 | 0.9 | 6.51 | 16 | 39 | 36.85 | 140 | 101 | 1.03 | 36 | 0.89 | 35.31 | 34.54 | 0.57 | 1.46 | 97.52 | 98.27 |
| AS3 | 0.9 | 6.52 | 16 | 38 | 35.91 | 140 | 102 | 1.03 | 34 | 0.88 | 33.82 | 32.81 | 0.51 | 1.39 | 97.41 | 98.46 |
| SS3 | 1.1 | 6.65 | 17 | 37 | 34.86 | 129 | 92 | 1.029 | 33 | 0.7 | 32.3 | 31.89 | 0.41 | 1.31 | 97.87 | 98.73 |
| SS3 | 1 | 6.61 | 16 | 38 | 35.91 | 130 | 92 | 1.029 | 33 | 0.75 | 32.85 | 31.9 | 0.35 | 1.1 | 97.32 | 98.61 |
| SS3 | 0.9 | 6.66 | 18 | 39 | 36.85 | 131 | 92 | 1.029 | 33 | 0.74 | 32.26 | 31.88 | 0.38 | 1.12 | 97.75 | 98.62 |
| LS3 | 0.6 | 6.7 | 18 | 35 | 33.07 | 120.5 | 82.5 | 1.029 | 29 | 0.9 | 28.1 | 27.23 | 0.82 | 1.75 | 96.89 | 96.97 |

Résultats des analyses physico-chimiques du fromage type - Kamaria - durant la période expérimentale

| | pH | Acidité | MG | MAT | EST | ESD | Chlorure | Gran.Sec |
|-------|------|---------|------|-------|-------|-------|----------|----------|
| APSI | 6.41 | 19 | 17 | 16.85 | 340 | 323 | 0.26 | 47.19 |
| APSI | 6.3 | 19 | 16 | 16.5 | 339 | 323 | 0.26 | 47.19 |
| APSI | 6 | 20.5 | 18 | 16.95 | 341 | 323 | 0.33 | 52.8 |
| AESI | 5.95 | 21 | 16.5 | 16.85 | 372 | 335.5 | 0.32 | 49.7 |
| AESI | 6 | 21 | 16.5 | 16.85 | 372.5 | 336 | 0.38 | 51.14 |
| AESI | 5.9 | 21.5 | 19 | 16.7 | 371.5 | 325.5 | 0.38 | 51.14 |
| SPSI | 5.99 | 22 | 19 | 16.7 | 335 | 316 | 0.37 | 56.7 |
| SPSI | 6 | 20 | 19 | 16.5 | 335 | 316 | 0.37 | 56.71 |
| SPSI | 6.1 | 19 | 19 | 16 | 335 | 316 | 0.52 | 56.71 |
| SESI | 5.8 | 22 | 18 | 14.7 | 325 | 307 | 0.35 | 55.4 |
| SESI | 6 | 21 | 17 | 14.5 | 323 | 306 | 0.35 | 55.63 |
| SESI | 6 | 21 | 18 | 14.8 | 327 | 309 | 0.29 | 55.04 |
| LPSI | 6 | 19 | 17.5 | 15.9 | 337 | 319.5 | 0.31 | 48 |
| LPSI | 5.88 | 23 | 16.5 | 15.9 | 336 | 319.5 | 0.31 | 49.1 |
| LPSI | 6 | 20 | 17.5 | 15.7 | 337 | 319.5 | 0.31 | 51.99 |
| LESI | 6.9 | 19 | 17 | 14.71 | 328 | 308 | 0.35 | 51.3 |
| LESI | 6 | 18.5 | 18 | 14.9 | 325 | 304 | 0.33 | 53.9 |
| LESI | 6.1 | 19.5 | 18 | 14.8 | 328 | 312 | 0.33 | 48.78 |
| APSI2 | 6.5 | 18.5 | 18 | 14.8 | 328 | 312 | 0.33 | 48.78 |
| APSI2 | 6.3 | 19 | 19 | 14.5 | 325 | 306 | 0.33 | 50.86 |
| APSI2 | 6.4 | 19 | 18 | 14.7 | 325 | 307 | 0.37 | 48 |
| AESI2 | 6.42 | 19 | 20 | 14.8 | 326 | 312 | 0.34 | 50.83 |
| AESI2 | 6.43 | 19 | 21 | 14.8 | 326 | 311 | 0.3 | 53.27 |
| AESI2 | 6.42 | 19 | 19 | 14.8 | 326 | 312 | 0.33 | 51.3 |
| SPSI2 | 6.52 | 18 | 20 | 14.7 | 412 | 385 | 0.34 | 48.54 |
| SPSI2 | 6.4 | 19 | 20 | 14.5 | 414 | 385 | 0.33 | 51.99 |
| SPSI2 | 6.5 | 18 | 19.5 | 14.5 | 410 | 390.5 | 0.33 | 47.56 |
| SESI2 | 6.41 | 19 | 20 | 14.6 | 328 | 308 | 0.35 | 47.9 |
| SESI2 | 6.4 | 19 | 20.5 | 14.8 | 328 | 308 | 0.35 | 47.9 |
| SESI2 | 6.4 | 19 | 19.5 | 14.6 | 329 | 309.5 | 0.35 | 51.45 |
| LPSI2 | 6.48 | 19 | 19 | 14.5 | 406.5 | 387.5 | 0.32 | 46.74 |
| LPSI2 | 6.41 | 18 | 19 | 14.5 | 406 | 386 | 0.33 | 46.91 |
| LPSI2 | 6.46 | 18 | 19 | 14.5 | 407.5 | 388.5 | 0.33 | 46.62 |

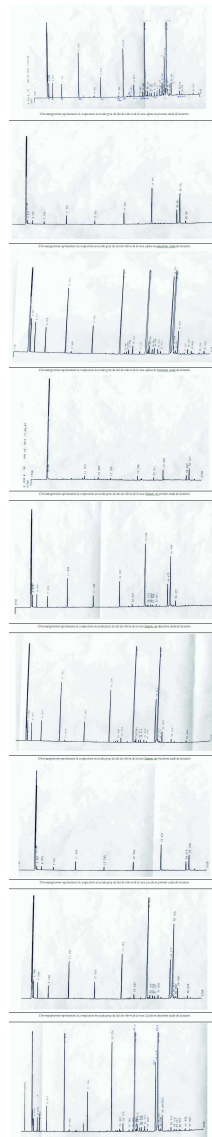
| Critère | LES | | LES | | LES | | LES | | LES | | LES | | LES | | LES | | |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | L ₁ | L ₂ | L ₃ | L ₄ | L ₅ | L ₆ | L ₇ | | |
| MS | SR | MS | SR | MS | SR | MS | SR | MS | SR | MS | SR | MS | SR | MS | SR | MS | |
| 4 | 813 | 4.9 | 502 | 4.1 | 73 | 4.5 | 84 | 4.2 | 752 | 4.1 | 763 | 3.9 | 632 | 4.5 | 623 | 4.2 | 603 |
| 5 | 45 | 4.4 | 40 | 4.0 | 4.8 | 4.9 | 4.0 | 4.1 | 4.8 | 4.9 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.8 | 4.2 | 4.8 | 4.7 |
| 6 | 6.9 | 4.15 | 6.07 | 4.0 | 10.20 | 11.24 | 13.87 | 14.43 | 15.57 | 15.93 | 18.47 | 20.45 | | | | | |
| 7 | 7.41 | 9.15 | 11.19 | 12.24 | 14.28 | 16.33 | 18.36 | 20.40 | 21.45 | 23.49 | 25.43 | | | | | | |
| 8 | 8.13 | 10.18 | 12.22 | 13.27 | 15.32 | 17.37 | 19.42 | 21.47 | 23.52 | 25.57 | 27.62 | | | | | | |
| 9 | 10.14 | 12.20 | 14.25 | 15.31 | 17.36 | 19.42 | 21.47 | 23.52 | 25.57 | 27.62 | 29.67 | | | | | | |
| 10 | 11.18 | 14.22 | 16.26 | 17.32 | 19.37 | 21.43 | 23.48 | 25.54 | 27.59 | 29.64 | 31.69 | | | | | | |
| 11 | 12.18 | 16.24 | 18.31 | 19.37 | 21.43 | 23.48 | 25.54 | 27.59 | 29.64 | 31.69 | 33.74 | | | | | | |
| 12 | 14.19 | 18.26 | 20.34 | 21.41 | 23.48 | 25.54 | 27.60 | 29.67 | 31.74 | 33.81 | 35.88 | | | | | | |
| 13 | 15.21 | 19.29 | 21.36 | 22.43 | 24.50 | 26.57 | 28.64 | 30.71 | 32.78 | 34.85 | 36.92 | | | | | | |
| 14 | 17.22 | 21.31 | 23.39 | 24.47 | 26.56 | 28.64 | 30.72 | 32.79 | 34.86 | 36.93 | 39.00 | | | | | | |
| 15 | 18.24 | 23.33 | 25.42 | 26.51 | 28.60 | 30.69 | 32.78 | 34.86 | 36.94 | 39.02 | 41.10 | | | | | | |
| 16 | 19.26 | 25.35 | 27.45 | 28.54 | 30.63 | 32.73 | 34.82 | 36.89 | 38.96 | 41.03 | 43.10 | | | | | | |
| 17 | 21.27 | 27.37 | 29.47 | 30.57 | 32.67 | 34.77 | 36.82 | 38.87 | 40.97 | 43.07 | 45.10 | | | | | | |
| 18 | 22.29 | 28.40 | 30.50 | 31.61 | 34.71 | 36.81 | 38.82 | 40.83 | 42.92 | 44.93 | 46.94 | | | | | | |

Les résultats des analyses statistiques des paramètres sensoriels pour les fromages à base d'LEB et de présure.

Table de Kramer

| Nombre de dégustateurs | Nombre de fromages dégustés | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | 4-3 | 4-11 | 5-13 | 6-15 | 6-16 | 7-20 | 8-23 | 8-23 | 9-27 | 10-29 | |
| 5 | | 3-11 | 6-14 | 7-17 | 8-20 | 8-23 | 10-26 | 11-29 | 13-31 | 14-34 | 15-37 | |
| 6 | 6-9 | 7-15 | 8-17 | 10-20 | 11-24 | 13-27 | 14-31 | 15-31 | 17-33 | 18-37 | 18-41 | 20-45 |
| 7 | 7-11 | 9-15 | 11-19 | 12-24 | 14-28 | 16-31 | 18-36 | 20-40 | 21-45 | 23-49 | 25-53 | 26-61 |
| 8 | 8-13 | 10-18 | 12-22 | 13-27 | 15-32 | 17-32 | 19-37 | 21-41 | 24-46 | 26-51 | 28-56 | 30-61 |
| 9 | 10-14 | 12-20 | 13-25 | 15-31 | 17-36 | 19-41 | 21-47 | 23-52 | 26-57 | 28-62 | 30-67 | 32-73 |
| 10 | 11-16 | 14-22 | 15-28 | 17-34 | 19-43 | 21-48 | 23-54 | 25-59 | 28-64 | 30-69 | 32-74 | 34-80 |
| 11 | 12-18 | 16-24 | 17-31 | 19-37 | 21-44 | 23-50 | 25-56 | 27-61 | 30-66 | 32-71 | 34-76 | 36-81 |
| 12 | 14-19 | 18-26 | 19-34 | 21-41 | 23-48 | 25-55 | 27-60 | 29-65 | 32-70 | 34-75 | 36-80 | 38-85 |
| 13 | 15-21 | 19-29 | 20-36 | 22-43 | 24-50 | 26-56 | 28-61 | 30-66 | 32-71 | 34-76 | 36-81 | 38-86 |
| 14 | 17-22 | 21-31 | 22-39 | 24-47 | 26-54 | 28-60 | 30-65 | 32-70 | 34-75 | 36-80 | 38-85 | 40-90 |
| 15 | 18-24 | 23-33 | 24-41 | 26-51 | 28-56 | 30-61 | 32-66 | 34-71 | 36-76 | 38-81 | 40-85 | 42-90 |
| 16 | 19-26 | 25-35 | 26-43 | 28-54 | 30-59 | 32-64 | 34-69 | 36-74 | 38-79 | 40-84 | 42-89 | 44-94 |
| 17 | 21-27 | 27-37 | 28-45 | 30-57 | 32-62 | 34-67 | 36-72 | 38-77 | 40-82 | 42-87 | 44-92 | 46-97 |
| 18 | 22-29 | 28-40 | 29-47 | 31-60 | 33-65 | 35-70 | 37-75 | 39-80 | 41-85 | 43-90 | 45- | |

Annexe 7



Annexe 8 - Photos fromage

Influence de quelques paramètres de production sur la qualité du lait de chèvre. Aptitude à la coagulation



Déroulement de l'opération d'égouttage et de mise en forme



Aspect intérieur et extérieur de quelques échantillons du fromage fabriqué à base de présure et d'EEB

Opération de dégustation