

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

Université SAAD DAHLEB de BLIDA

Faculté des sciences agro-vétérinaires et biologiques

Département d'agronomie

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master académique**

Option : Nutrition et contrôle des aliments

Thème

**ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE ET NUTRITIONNELLE DU LAIT DE CHEVRE CRU A  
PARTIR DE DEUX RATIONS  
DISTRIBUEES ET IMPACT SUR LE RENDEMENT FROMAGER**

Présenté par :

Mme BEN FARES Hassina

soutenu le:18 Décembre 2013

Devant le jury :

Président : Mr RAMDANE

MCB

USBD

Examineur : Mr AMALOU

MCB

USBD

Examinatrice : Mme KOUIDRI

MCB

USBD

Promotrice : Mme IDRES A

MCB

USBD

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné le courage et la force d'accomplir ce travail, que j'ai essayé d'accomplir avec patience jusqu'au bout.

Je souhaite adresser mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé à l'élaboration de ce mémoire.

Mes remerciements vont tout d'abord à ma promotrice Mme **Idres. A**, Maitre Assistante « A », qui m'a conseillée et dirigée tout le long de mon expérimentation.

Particulièrement à Mr **Oussedik A**, qui m'a offert son aide avec tant de gentillesse.

Je remercie Mr **Boudjennah A**, Directeur Général, qui m'a permis et facilité l'accès à toutes les structures de l'ITELV.

Mes remerciements vont tout naturellement à mon beau frère le **Pr Benguerrah A** qui m'a beaucoup aidé par ses conseils et son soutien.

Un grand merci à mes nièces Camélia et Afifa et Fella pour l'aide qu'elles m'ont apporté pour l'élaboration de ce mémoire.

Un grand merci particulier à mon collègue Mr Benhassine R qui m'a aidé dans le choix du thème de mon mémoire et qui m'a facilité la tâche à chaque fois que je le sollicitais.

Je remercie tous les collègues qui m'ont aidé et conseillé notamment Mr Sebagh L

Melle Bouzerde S, Mr Attif M, Mr Ameur A Directeur de la ferme, Mr Mekideche M ouvrier trayeur.

Je remercie également les ingénieurs du laboratoire central de l'ITELV, Melle Adjabi M, Mme Messaoudi N.

Sans oublier Lila de la DAG qui m'a fourni toutes les données concernant l'ITELV.

Je n'oublie pas aussi de remercier Mr Derouiche Directeur de l'ORLAC de Birkhadem ainsi que tout le personnel du laboratoire notamment Mr Hasnaoui, Mme Abrous D, Melle Sarah, Melle Sabeha, Mr Said .

Une pensée particulière va à mes collègues de bureau Mme Dali S, Melle Meskine R Mme Bouaboud K, Mr Ider M et Mr Titah F, sans oublier Aziza et Meriem, pour leur aide, gentillesse, soutien, conseils et encouragements.

## **DEDICACES**

*Je dédie ce mémoire*

*À*

***Mon cher mari, sans lui ce travail n'aurait jamais vu le jour,  
Je le remercie pour son soutien, sa patience, son aide précieuse qui m'a été d'un  
grand secours.***

*À*

***Mes deux adorables enfants Racim et Imene que dieu me les garde,  
qui m'ont encouragé et aidé à chaque fois que j'en avais besoin.***

*À*

***Toute ma famille, particulièrement à ma chère mère qui s'est tant sacrifiée pour  
mon éducation et ma formation, mes sœurs, mes frères et mes beaux frères  
sans oublier tous mes neveux et nièces.***

***Redouane, Mounir et Djamel pour lesquels j'ai une pieuse pensée pour leur  
mémoire.***

***Une pensée particulière pour mon feu père qui m'a tout donné pour arriver à ce  
que je suis aujourd'hui.***

*À*

***Toute ma belle famille, particulièrement ma belle mère que dieu lui prête longue  
vie.***

## *Résumé*

Notre travail consiste à comparer deux rations alimentaires données à deux lots de chèvres en stabulation.

Un lot de sept (7) chèvres ont reçu une ration standard (RS) constituée de foin et de concentré et le deuxième lot constitué de sept (7) chèvres aussi ont pris une ration constituée de foin, de concentré et de vert hydroponique(RH).

Une étude physico-chimique a été faite sur l'aliment, le lait et le fromage et une étude nutritionnelle a été réalisée sur le lait et le fromage pour connaître l'impact de la ration sur la qualité du lait et du fromage.

Nous avons essayé de démontrer que le lait issu de la ration hydroponique est de meilleure qualité nutritionnelle avec une matière protéique plus importante que le lait issu de la ration standard. Nous avons obtenu ainsi un rendement fromager plus important.

Le vert produit en hydroponie peut être la solution idéale pour les éleveurs en hors sol durant toute l'année.

Mots clés : physico-chimique, nutritionnelle, hydroponie, concentré.

# Abstract

Our work is to compare two food rations in two batches of goat barn.

A lot of seven (7) goats had a standard diet (RS) consisting of hay and concentrate and the second batch consists of seven (7) goats also took a ration consisting of hay, concentrate and green hydroponics (RH).

A physicochemical study was done on the food, milk and cheese and nutritional study was carried out on milk and cheese, to know the impact of diet on the quality of milk and cheese.

We tried to demonstrate that the milk from hydroponic ration of better nutritional quality with a protein content greater we managed a higher cheese yield.

Green product hydroponics can be an ideal solution for farmers in above ground throughout the year.

Keywords: physicochemical, nutritional, hydroponics, concentrated.

## المخلص

تجربتنا تعتمد على مقارنة بين حصتين غذائيتين أعطيت لمجموعتين من الماعز. المجموعة الأولى فيها سبع ماعز أخذوا حصة عادية متكونة من تبن و مواد مركزة و المجموعة الثانية أعطي لها حصة متكونة من العلف المجفف ، مواد مركزة و زراعة مائية.

أجريت دراسة فيزيوكمياوية و مكر وبيولوجي على الحصتين الغذائييتين (المقدمة سالفا إلى الماعز) الحليب و الجبن. حاولنا أن نثبت أن الحليب الناتج من الحصة الثانية ذو جودة غذائية أفضل ، و تحتوي على كمية أكبر من المواد البروتينية بالنسبة إلى الحصة الأولى. وهكذا تحصلنا على مردودتي أكثر في إنتاج الجبن. نستطيع القول أن الزراعة المائية هي الحل الأرجح للفلاحين الغير مالكين للأرض.

الكلمات الرئيسية: فيزيوكمياوية ،مراقبة مكروبيولوجية ،زراعة مائية،مركز.

## Liste des abréviations

**AA** : acide aminé  
**AOC** : appellation d'origine contrôlée  
**AW** : activité de l'eau  
**C°** : degré Celsius  
**CI** : capacité d'ingestion  
**CMP** : caseino macro peptide  
**COLAITAL** : complexe laitier d'Alger  
**D°** : degré Dornic  
**DLC** : date limite de consommation  
**DLUO** : date limite d'utilisation optimum  
**ES** : extrait sec  
**EXP** : expérimentation  
**G/S** : matière grasse sur sec  
**HACCP**: hazard analysis critical control point  
**ITELV**: institut technique des élevages  
**Kcal** : kilo calorie  
**L/j** : litre par jour  
**MAT** : matière azotée totale  
**MG** : matière grasse  
**MS/kg pv** : matière sèche par kilogramme de poids vif  
**NPP** : nombre le plus probable  
**PCA** : Plat-Count-Agar  
**PDI** : protéines digestibles dans l'intestin  
**Qté** : quantité  
**RH** : ration avec hydroponie  
**RS**: ration standard  
**ROTHER S/C** : milieu de culture  
**Rr** : rendement réel  
**SFB S/C** : milieu de culture  
**T°** : température  
**TB** : taux butyrique  
**TP** : taux protéique  
**TSE** : triptone sel eau  
**UFL** : unité fourragère laitière  
**VBL** : bouillon lactosé au vert brillant  
**VF** : viande foie  
**VLB17** : Nom de référence de concentré pour vaches laitières contenant : Maïs, orge, son, soja, calcium, phosphate, sel, oligo-éléments, vitamines (A, E, D3) avec 17% de taux protéique  
**VRBL** : milieu lactosé bilié au cristal violet et au rouge neutre

## Liste des figures, graphes

<b>N° de la figure</b>	<b>Titre des figures</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 1</b>	Cheptel national et localisation dans les différentes wilayas du pays	<b>16</b>
<b>Figure 2</b>	Histogramme de la répartition du cheptel de chèvres dans les principales wilayas	<b>16</b>
<b>Figure 3</b>	Structure du lactose	<b>24</b>
<b>Figure 4</b>	Diagramme de fabrication du fromage	<b>27</b>
<b>Figure 5</b>	Aménagement des boxes pour les deux lots de chèvres	<b>41</b>
<b>Figure 6</b>	Distribution du foin d'avoine dans les mangeoires	<b>41</b>
<b>Figure 7</b>	Choix des animaux	<b>42</b>
<b>Figure 8</b>	Pesée des animaux	<b>42</b>
<b>Figure 9</b>	Module hydroponique	<b>44</b>
<b>Figure 10</b>	Nettoyage du module	<b>44</b>
<b>Figure 11 et 12</b>	Mise en place des grains d'orge dans les plateaux de germination	<b>45</b>
<b>Figure 13</b>	Récolte du vert hydroponique au bout de 8 jours	<b>46</b>
<b>Figure 14</b>	Hachage du vert hydroponique	<b>46</b>
<b>Figure 15</b>	Vert haché en petits morceaux	<b>46</b>
<b>Figure 16</b>	Distribution de la ration	<b>46</b>

### Suite de la liste des figures

<b>N° de la figure</b>	<b>Titre des figures</b>	<b>Page</b>
<b>Graphe1</b>	Variation de la productivité laitière durant la période expérimentale	<b>75</b>
<b>Graphe2</b>	Comparaison entre MG,ESD et EST : Ration hydroponique	<b>78</b>
<b>Graphe3</b>	Comparaison entre MG,ESD et EST : Ration standard	<b>79</b>
<b>Figure 17</b>	Résultats des germes totaux	<b>86</b>
<b>Figure 18</b>	Résultats de l'analyse des clostridiuMS SR	<b>86</b>
<b>Figure 19</b>	Fabrication de fromage de chèvre	<b>88</b>
<b>Figure 20</b>	Prélèvement par sonde	<b>88</b>
<b>Figure 21</b>	Prélèvement de fromage pour analyses microbiologiques	<b>88</b>
<b>Figure 22</b>	Résultats d'analyse des coliformes fécaux	<b>90</b>
<b>Graphe4</b>	Histogramme de comparaison sensorielle entre les deux fromages (Aspect, Elasticité, Couleur, Salinité)	<b>93</b>
<b>Graphe5</b>	Histogramme de comparaison sensorielle entre les deux fromages (Acidité, Amertume, Sucré, Douceur, Glissant, Rêche, Odeur)	<b>94</b>

## Liste des tableaux

<b>N° du tableau</b>	<b>Titre du tableau</b>	<b>page</b>
<b>Tableau 1</b>	Composition comparée des laits de vache et de chèvre	<b>22</b>
<b>Tableau 2</b>	Critères microbiologiques du lait cru	<b>26</b>
<b>Tableau 3</b>	Agents microbiens utiles à la fabrication fromagère	<b>26</b>
<b>Tableau 4</b>	Influence de l'activité de l'eau sur la croissance des micros organismes	<b>32</b>
<b>Tableau 5</b>	Données sanitaires concernant le fromage frais	<b>35</b>
<b>Tableau 6</b>	Elaboration de deux rations pour les deux lots de chèvres	<b>43</b>
<b>Tableau 7</b>	Résultats des analyses physico chimiques du concentré VLB 17	<b>68</b>
<b>Tableau 8</b>	Résultats des analyses physico chimiques du foin d'avoine	<b>69</b>
<b>Tableau 9</b>	Résultats des analyses physico chimiques du vert hydroponique à partir des grains d'orge	<b>70</b>
<b>Tableau 10</b>	Poids des chèvres début d'expérimentation	<b>71</b>
<b>Tableau 11</b>	Evolution des poids des chèvres début et fin d'expérimentation pour le lot « RH »	<b>72</b>
<b>Tableau 12</b>	Evolution des poids des chèvres début et fin d'expérimentation pour le lot « RS »	<b>73</b>
<b>Tableau 13</b>	Les traites hebdomadaires du lot « RS	<b>74</b>
<b>Tableau 14</b>	Les traites hebdomadaires du lot « RH »	<b>75</b>
<b>Tableau 15</b>	Résultats des moyennes du lait collecté durant l'expérimentation	<b>76</b>
<b>Tableau 16</b>	Résultats des analyses physico chimiques du lait issu de la ration « RH »	<b>77</b>
<b>Tableau 17</b>	Résultats des analyses physico chimiques du lait issu de la ration « RS »	<b>78</b>
<b>Tableau 18</b>	Résultats des analyses microbiologiques du lait de chèvre	<b>83</b>
<b>Tableau 19</b>	Résultats des analyses de la matière grasse du lait de chèvre	<b>87</b>
<b>Tableau 20</b>	Résultats des analyses microbiologiques des fromages	<b>89</b>
<b>Tableau 21</b>	Rendement fromager	<b>91</b>

## TABLE DES MATIERES

Chapitre I. L'élevage des caprins	
I.1 Répartition des caprins à travers l'Algérie.....	15
I.2. L'alimentation des caprins .....	17
I.2.1 Les besoins de la chèvre laitière .....	17
I.2.2 Les aliments destinés aux chèvres laitières.....	18
I.2.3 Les besoins en eau .....	19
I.3 L'hydroponie.....	19
I.3.1 Définition de l'hydroponie .....	19
II.1 Définition du lait de chèvre .....	21
II.2 Composition chimique, comparaison avec le lait de vache et rôle de chaque constituant dans la confection de fromage : .....	21
Chapitre III. La fabrication du fromage.....	27
III.1 Les techniques de fabrication .....	27
III.2 Hygiène de la production .....	33
III.2.1 Qualification sanitaire des cheptels.....	33
III.2.2 Hygiène de la production du lait.....	33
III.2.3 Hygiène de la production du fromage .....	34
III.2.4 Les accidents de fabrication .....	35
III.3 Fromage à base de lait de chèvre .....	38
III.3.1 Dénomination d'origine « Fromage de chèvre » .....	38
III.3.2 Classification des fromages de chèvre .....	38
IV.3 Matériels et conditions d'études .....	42
IV.3.1 Les sujets d'étude .....	42
IV.3.2 Le module hydroponique de la ferme expérimentale de Baba Ali.....	44
IV.4 les méthodes d'analyses .....	46
IV.4.1 Méthodes d'analyses physico chimiques.....	46
IV.4.2 Méthodes d'analyses microbiologiques du lait.....	58
IV.4.4 Méthodes d'analyses du fromage de chèvre .....	67
V. 1 Analyses physico chimiques de l'aliment.....	68
V.2 Analyses physico chimiques et microbiologiques du lait.....	77
V.2.1 Analyses physico chimiques .....	77
V. 3 Analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles du fromage frais.....	87

V.3.1 Analyses physico chimiques .....	87
V.3.2 Analyses microbiologiques.....	88
V.3.3 Le rendement fromager .....	91
V.3.4 Les analyses sensorielles.....	92
Conclusion générale et perspectives.....	96
Références bibliographiques	

## Introduction générale

Les caprins présentent une capacité d'adaptation remarquable. On les trouve soit en système intensif hautement productif à caractère laitier ou en système extensif basé sur l'exploitation des parcours.

En Algérie, la production de lait de chèvre a longtemps été marginalisée ou peu développée (production familiale dans les régions montagneuses de Kabylie). Le lait est consommé à l'état cru ou fermenté notamment par les nomades qui tirent profit de l'élevage caprin et qui avaient également remarqué que leurs enfants se développaient mieux en se nourrissant de lait de chèvre cru dont le goût est nettement meilleur que celui des brebis. On a su par la suite que ce lait nourrissant et au bon goût ne renfermait jamais de bacille de KOCH.

La transformation du lait de chèvre en fromage est plus appréciée que la consommation du lait à l'état cru. En effet, le fromage de chèvre est plus digeste et apprécié du point de vue organoleptique que nutritionnel.

Plusieurs micro-organismes (bactéries levures et moisissures) sont présents naturellement dans le lait de chèvre formant ainsi un écosystème microbien complexe.

Ainsi, la production de fromage de chèvre a beaucoup évolué. Toutes les étapes de fabrication doivent être contrôlées afin d'avoir un produit de qualité nutritionnelle. (Fabrication artisanale du fromage de chèvre. ITELV Baba Ali,2002)

Notre travail est basé sur une nouvelle expérience qui consiste à distribuer deux rations d'aliment : **ration standard** (RS) : foin et concentré et **ration avec vert hydroponique** (RH) : foin, concentré et vert) à deux lots de chèvres.

Notre problématique est formulée comme suit :

Le vert hydroponique est un fourrage produit artificiellement pour remplacer le fourrage produit naturellement, quand l'éleveur est en hors sol ou quand il est hors saison de production fourragère. (voir détail page 44)

***Quel serait l'impact sur le rendement fromager à partir de deux rations distribuées à deux lots de chèvres ?***

De cette problématique émane des questions secondaires :

- 1- La production de lait : le vert hydroponique peut-il augmenter la production laitière ?
- 2- Comportement de l'animal vis-à-vis de cet aliment :
  - Y'a-t-il un attrait ou au contraire un refus ?
  - Quelle est la quantité que l'animal peut ingérer ?
  - Quelle est la quantité refusée par l'animal ?

Dans notre mémoire nous allons étudier, en premier lieu, la composition de l'aliment distribué, le lait et le fromage de chèvre (étude physico-chimique et nutritionnelle) et en second lieu, nous allons aborder le calcul du rendement fromager et les analyses sensorielles du fromage. Enfin pour conclure, démontrer la contribution de la ration sur la qualité et la quantité du lait et du fromage du point de vue physico-chimique et nutritionnel.

## Chapitre I. L'élevage des caprins

Les races qui se développèrent en Afrique du nord et dans les pays arabes du Golf persique furent avant tout de très bonnes laitières et fournissaient la viande aux nomades. Les tribus des contrées arides, comprenant de nombreux individus, possédaient de véritables troupeaux. Ce cheptel constituait pour eux une véritable richesse. Cet élevage s'est développé de nos jours du fait que les caprins résistent mieux dans ces régions à de fortes chaleurs et au maigre pâturage. Les européens possédant de véritables herbages se sont désintéressés de cet élevage au profit de celui des ovins. (Guide pratique de l'élevage : Fabrication artisanale de fromage de chèvre, 2002)

### I.1 Répartition des caprins à travers l'Algérie

L'effectif caprin est évalué à 4,6 millions de têtes, constitué de populations locales, rustiques, adaptées aux conditions du milieu (Ministère de l'agriculture et du développement rural, statistiques 2012). Cet élevage est basé sur l'exploitation des ressources naturelles (parcours, maquis, forêts). C'est un élevage de type familial dont la production en viande et en lait permet une autoconsommation.

L'élevage caprin se fait principalement dans trois grandes régions :

- La zone montagneuse qui regroupe l'Ouarsenis, la Kabylie les Aurès,
- La Steppe et les Hautes Plaines situées entre le Tell et l'Atlas Saharien,
- La zone désertique concernant le Sahara et les Oasis.

Quatre grandes races dominant. Il s'agit de la Mekatia, l'Arabia, la M'zab et la Kabyle.

Nous avons indiqué sur la carte d'ALGERIE les wilayas qui ont un cheptel important en caprins, elles sont localisées dans le sud du pays, sauf pour Tizi Ouzou qui est située au centre. Toutefois, son cheptel n'est pas très important mais la fabrication fromagère y est importante.



Figure.1 Cheptel national et localisation dans les différentes wilayas du pays

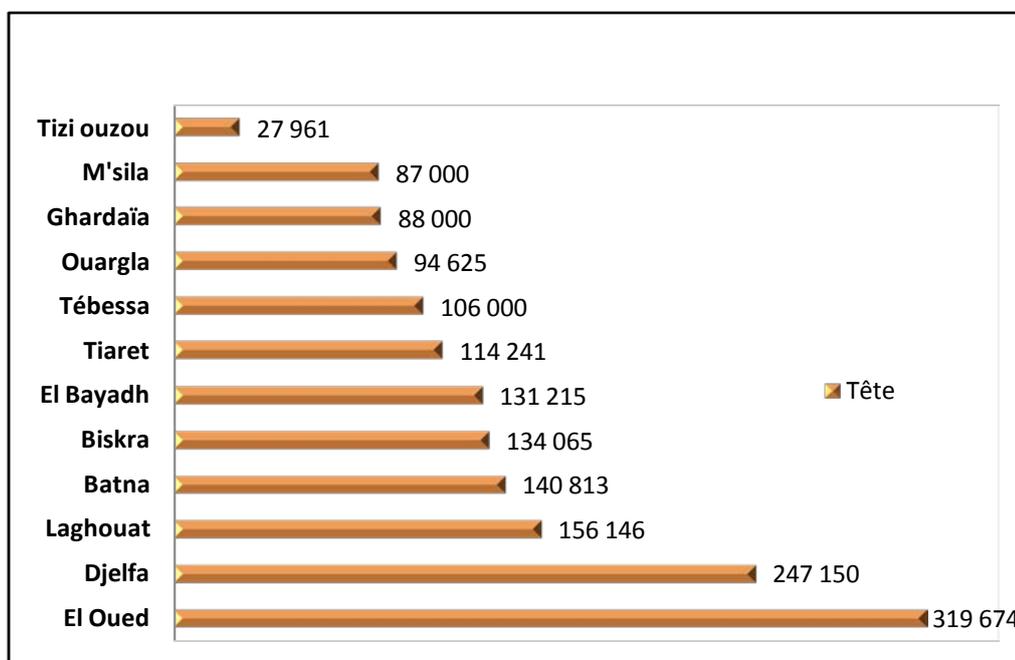


Figure 2 : Histogramme de la répartition du cheptel de chèvres dans les principales wilayas.

L'élevage caprin, compte tenu de son ancienneté et de son adaptation, semble être une activité économique bien appropriée par sa rentabilité pour fournir les moyens de subsistance aux populations rurales de nos régions. Le lait particulièrement et sa transformation en fromage peut être un facteur d'emploi agricole bien rémunéré s'il est appliqué avec soin et méthode. (Guide pratique de l'ITELV 2002 : Fabrication artisanale du fromage de chèvre)

### **I.2.L'alimentation des caprins**

Comme pour tous les ruminants, l'alimentation des chèvres laitières consiste à fournir des éléments nutritionnels pour couvrir leurs besoins essentiels et optimiser leurs performances zootechniques. Il s'agit donc de fournir de l'énergie, de l'azote des fibres, de l'eau, des sels minéraux, des oligoéléments et des vitamines pour satisfaire les différentes fonctions biologiques qui contribuent à la production, l'entretien, la constitution des stocks d'énergie corporelle, la croissance du ou des fœtus et enfin la production laitière.(Morand et Sauvart 1988 ; Jarrige, 1988).

#### **I.2.1 Les besoins de la chèvre laitière**

Les besoins énergétiques d'une chèvre laitière de 60 kg sont estimés à 0,79 UFL pour l'entretien et varient de 0,10 UFL pour une différence entre animaux de 10 kg de poids vif. Les apports recommandés pour la production d'1kg de lait à 3,5% de taux butyreux(TB) sont de l'ordre de 0,385 UFL et les besoins énergétiques pour le 4<sup>ème</sup> et le 5<sup>ème</sup> mois de gestation sont respectivement de 0,90 UFL et 1,01 UFL. Selon Vermorel et Wolter (1988) pour les chèvres laitières la valeur d'un UFL est équivalente à 1700 kcal d'énergie nette pour la lactation.

Les apports azotés, recommandés pour une chèvre de 60 kg à l'entretien sont de l'ordre de 50g (protéines digestibles dans l'intestin) PDI/j. Au 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> mois de gestation, ces apports sont équivalents respectivement à 79g PDI et 107g PDI. Pour produire 1kg du lait à 3,5% de TB il faut 45g de PDI(UFA., 2013).

Les apports en sels minéraux, majeurs (Ca, P, Na, Mg, S, Cl, K ...) et oligo-éléments (Fe, F, Zn, Cu, Mn, I, Co, Se) sont indispensables, leurs carences provoquent des troubles digestifs (Gueguen et al 1988).

En termes d'apports quotidiens, les apports de calcium et de phosphore pour une chèvre de 60 kg avec une production de lait 4l/jour sont respectivement 21,3g et 8.71g par jour (Meschy, 2002)

En moyenne, la consommation de matière sèche de la chèvre laitière se situe entre 40g et 180g de matière sèche par kilogramme de poids vif par jour (ms/kg pv/jour) (Sauvant et *al.*,1991). La consommation quotidienne varie selon le stade physiologique où la capacité d'ingestion (CI) diminue de l'ordre de 9,5g de ms/kg pv. Pour une chèvre au quatrième mois de gestation la CI est maximale au pic de lactation (Jarrige et *al.*, 1988)

### **I.2.2 Les aliments destinés aux chèvres laitières**

Un apport d'aliment grossier riche en cellulose, fibreux est nécessaire pour assurer un bon fonctionnement du rumen et répondre au minimum aux besoins d'entretien d'une chèvre laitière.

Ces aliments sont présentés par les fourrages verts (Maïs, Sorgho, Protéagineux et Crucifères, Tournesol) et les fourrages secs (Fourrages déshydratés, Foins et Pailles).

Les ensilages assurent à la ration hivernale et même estivale une base de fourrage solide, (Corcy, 1991).Un ensilage de maïs, par sa valeur énergétique élevée, permet à l'animal de bien extérioriser ses performances, à condition d'être correctement complétementé (Demarquilly et Andrieu, 1988).

Les racines et tubercules sont aussi des aliments succulents, riches en eau et en parois, ils sont très digestibles (>85%) et riches en énergie. En revanche, ils sont pauvres en azote (Demarquilly et Andrieu;1988).

Les sous-produits, comme par exemple les feuilles et collets de betteraves, les résidus des industries agro-alimentaires de transformation, peuvent être distribués aux animaux mais avec des quantités tolérées et une bonne utilisation des rations (Bouton et *al.* ,2005).

Les aliments concentrés, aliments non fibreux, sont très énergétiques, comme les céréales et les oléagineuses (>1 UFL par kg). Certains aliments concentrés possèdent en outre une valeur azotée importante, comme les protéagineux et les tourteaux. Leur utilisation en complément du fourrage de base permet donc d'équilibrer la ration, (Gericke., 1930 ; Sauvart et *al.* ,1988 ; Corcy, 1991).

### **I.2.3 Les besoins en eau**

Généralement négligée, l'eau est le constituant le plus important de l'organisme, elle a un rôle de régulateur de température du corps par le transport et l'élimination de la chaleur et représente 90% de la composition du lait. Dans notre expérimentation, elle est donnée à volonté et changée tous les jours.

## **I. 3 L'hydroponie**

### **I.3.1 Définition de l'hydroponie**

L'hydroponie ou culture hydroponique (ou agriculture hors-sol), est la culture de plantes réalisée sur un substrat neutre et inerte. Ce substrat est régulièrement irrigué d'un courant de solution qui apporte des sels minéraux et des nutriments essentiels à la plante.

### **I.3.2 Première apparition de culture hors-sol**

Bien qu'il ne s'agisse pas réellement d'hydroponie, l'idée de culture hors-sol naturelle apparaît avec les jardins suspendus de Babylone. Les peuples vivant au bord des lacs de hautes montagnes du Pérou comme le Titicaca, cultivaient leurs potagers à la surface de l'eau. Les Aztèques quant à eux s'établirent dans les marécages proches de la future ville de Mexico et conçurent des sortes de radeaux faits de joncs et de roseaux recouverts d'une couche de limon sur lesquelles les agriculteurs jardinaient, et qu'il est toujours possible de voir de nos jours. Les racines des plantes plongeaient dans l'eau des lacs : sans le savoir, ils étaient les précurseurs d'une espèce d'aquaculture primitive. Les Chinois emploient encore des techniques millénaires de culture sur gravier.

La culture hors-sol que l'on connaît de nos jours est née au XIXe siècle en Allemagne. Elle fut découverte dans le cadre de recherches réalisées afin de

découvrir de quoi se nourrissaient les plantes. Ce n'est qu'en 1930 que (Gericke ., 1930,Gross et *al.*,1988) produisirent le premier système hydroponique commercial aux États-Unis. Pendant la Seconde Guerre mondiale, des Américains cultivèrent des légumes hydroponiques dans les îles volcaniques du Pacifique pour assurer l'apport en vitamine nécessaire à la bonne santé de leurs troupes qui y étaient en garnison. Depuis, des essais ont prouvé la viabilité de la technique, ainsi que son potentiel économique et environnemental.

Les cultures hors-sol se sont développées rapidement au détriment de l'environnement car les rendements obtenus étaient supérieurs aux rendements des cultures normales et les coûts et la peine au travail s'en voyaient fortement diminué.

## Chapitre II. Le lait de chèvre

### II.1 Définition du lait de chèvre

« 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. »

Le lait est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles après la naissance du jeune. Il s'agit d'un fluide aqueux opaque, blanc, légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre selon la teneur en B carotène, de sa matière grasse, d'une saveur douceâtre et d'un pH (6,6 à 6,8) légèrement acide, proche de la neutralité (Alais, 1984) .

Cette définition a caractère général est applicable au lait de vache, de chèvre, de brebis, et bien qu'ancienne, reste valable d'autres définitions règlementaires et scientifique ont été proposées, mais étant donné l'évolution des technologies et l'acquisition des connaissances, une définition satisfaisante du lait est toujours sujette à discussion.

### II.2 Composition chimique, comparaison avec le lait de vache et rôle de chaque constituant dans la confection de fromage :

Le lait d'une manière générale se divise en trois phases :

1. une phase aqueuse contenant le lactose, les composants minéraux solubles, les protéines sériques, l'azote non protéique et la fraction soluble de la caséine ;
2. une phase micellaire ou colloïdale contenant la plus grande part de la caséine (protéine coagulable) et la fraction insoluble des composants minéraux ;
- 3 la troisième phase comprend des éléments en suspension tels que les globules gras, les leucocytes et les cellules microbiennes. (Zeller, 2005)

On peut ajouter à cela les vitamines (A, B, C, D, E, K) et les enzymes (la lactoperoxydase, la phosphatase, les protéases, les lysozymes, la lactase).

Le lait de chèvre est particulièrement pauvre en vitamine A, ce qui lui donne une coloration plus blanche que le lait de vache. Par ailleurs, l'eau représente 90% du lait mais il existe quelques variations quant à la teneur en matière sèche : le lait de chèvre en contient environ 136 grammes par kilogramme (g/kg) de lait alors que celui de la vache n'en contient que 125 g/kg (Brugère, 2003).

Tableau1: Composition comparée des laits de vache et de chèvre. (Brugère, 2003)

<b>Composants chimiques</b>	<b>Lait de vache (g/l)</b>	<b>Lait de chèvre (g/l)</b>
<b>Eau</b>	900	900
<b>Matière protéique</b>	32	30,8
<b>Matière grasse</b>	40,4	34,4
<b>Lactose</b>	48	48
<b>Calcium</b>	1,25	1,25
<b>Phosphore</b>	0,95	0,95

- **les matières protéiques :**

Le lait de chèvre contient en moyenne 30,8g /kg de protéines totales alors que le lait de vache en contient 32g/kg (Institut de l'élevage, 2003). Ce paramètre est appelé taux protéique ou TP. Sa mesure s'effectue sur du lait individuel ou de mélange par les laboratoires d'analyses laitières .Il est intéressant de le quantifier car il est le reflet de la concentration en caséine qui intervient dans la coagulation du lait.

En effet, la caséine forme de petits congglomérats avec le calcium et le phosphore, appelés micelles, qui vont ensuite se lier les uns aux autres et ainsi former le caillé du lait lors de la fabrication du fromage. On comprend aisément que le but est d'obtenir un TP maximum, pour obtenir un rendement fromager maximum.(Roudj, et al.,2005)

Le lait de chèvre de consommation existe mais les quantités produites sont minimales. 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,2000).Mais toute la caséine ne forme pas de micelles, une partie est éliminée dans la phase aqueuse du lait.

Contrairement au lait de vache, le seul débouché du lait de chèvre est le fromage. Donc le rendement fromager, doit être maximum pour que l'atelier fromage soit le plus rentable possible. (Remeuf, 2001, Imran et *al.* 2008)

### **La matière grasse :**

Le paramètre mesuré est nommé taux butyreux ou TB. La mesure du taux butyreux est généralement couplée à celle du TP dans les laboratoires d'analyses laitières. Le lait de vache a une concentration de 40,4 g/kg en moyenne de matière grasse (MG), le lait de chèvre est plus pauvre avec 34,4 g/kg. (Voir tableau 1) (Institut de l'élevage, 2003).

Le but n'est pas d'obtenir le plus de matière grasse possible comme pour les protéines. Certes, une trop faible quantité peut rendre le fromage non conforme aux normes. En effet, il est requis pour certains fromages un taux minimum de matière grasse sur extrait sec (G/S), qui est fixé pour la plupart des fromages à 45%. Car une trop grande quantité de matière grasse dans le lait peut limiter l'égouttage qui va diminuer la qualité du fromage.

Il faut surveiller le rapport TP/TB pour avoir une idée de la quantité relative de MG dans le lait. Ce paramètre nous informe sur l'équilibre du lait en matières grasses et protéiques afin qu'il n'y ait ni trop ni trop peu d'un de ces constituants.

- **Le lactose :**

C'est un sucre spécifique au lait, il est synthétisé dans la mamelle. On le trouve en quantités équivalentes dans les laits de vache et de chèvre soit environ 48g/l de lait (Morrissey., 1995).

Son principal rôle est de servir de substrat aux bactéries lactiques dans la fabrication des fromages utilisant un caillage lactique. Ces bactéries possèdent en enzyme, la  $\beta$ -galactosidase, capable de cliver la molécule de lactose en deux donnant une molécule de glucose et une de galactose (*figure 6*). Ces deux nouveaux sucres vont ensuite être utilisés par ces mêmes bactéries pour former de l'acide lactique dont la conséquence est d'entraîner une diminution de pH du lait.

L'acidité ainsi obtenue est responsable de la déminéralisation des micelles et va former le caillé. La quantité d'acide lactique produite dépend d'une part du type de bactérie utilisé et d'autre part de la quantité de lactose disponible.

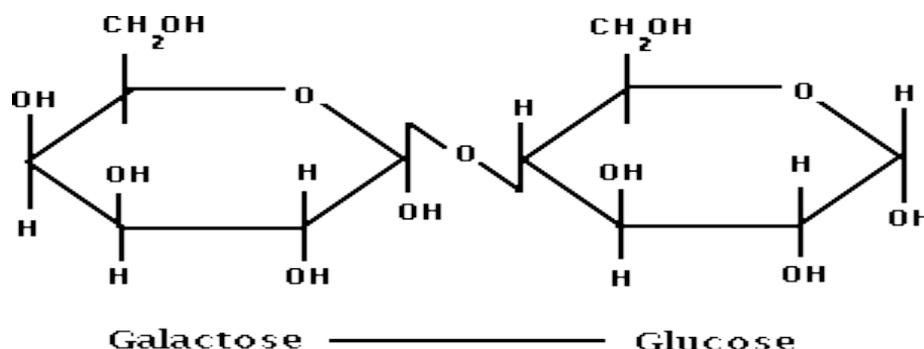


Figure 3 : Structure du lactose (St Gelais, 2000)

- **Les matières minérales :**

On retrouve dans le lait de nombreux minéraux comme le sodium, le potassium, le magnésium et le calcium. Ce premier groupe constitue les ions chargés positivement cations. On trouve aussi les chlorures, des sulfates et des phosphates, ce sont des ions négatifs ou anions. Le phosphore(P), sous forme de phosphates et le calcium (Ca) influencent directement la fabrication du fromage.

En effet, ils sont présents dans le lait sous deux formes principales : libre, dans la phase aqueuse, et liée aux caséines dans la phase micellaire. Il existe un état d'équilibre entre ces deux formes qui peut être modifié par des changements physico-chimiques du milieu (variations de température du lait, de son pH ou encore ajout de Ca et /ou de P). Leurs concentrations dans le lait de chèvre et dans celui de vache sont à peu près équivalentes : 1,25g/l pour le Ca et 0,95 g/l pour le P (Brule, 1987)

- **Les vitamines, les minéraux et oligo-éléments :**

**Les vitamines** : le lait de chèvre apporte des quantités intéressantes de vitamines du groupe B: B<sub>1</sub> (système nerveux, musculaire.....) B<sub>2</sub> (renouvellement et entretien des tissus ....) B<sub>5</sub> (peau, ongles, cheveux....), B<sub>6</sub>(formation des globules rouges....)et B<sub>3</sub>(croissance, peau,...)

De la vitamine A (vision, protection de la peau et muqueuses, croissance, résistance aux infections). Il apporte également lorsqu'il est entier de la vitamine D (métabolisme du Ca et du P, propriétés antirachitiques chez l'enfant...) et un peu de vitamine K (coagulation du sang...). A la traite le lait de chèvre contient peu de vitamines B<sub>9</sub> (formation de globules rouges, cellules nerveuses...) mais les laits de consommation sont généralement enrichis. (Jaubert, 1997)

**Les minéraux** : tous les minéraux indispensables (Ca, P, Mg, Na, K,.....) sont présents dans le lait de chèvre. Les teneurs varient légèrement en fonction du stade de lactation, des races, de la saison, l'alimentation.

L'intérêt du lait de chèvre réside essentiellement en sa richesse en Ca (1000 à 1200 mg/l) particulièrement bien absorbé (du fait notamment de la présence dans le lait de protéines, de peptides de lactose...) et en phosphore (os, mise en réserve de l'énergie).

**Les oligo-éléments** : le lait de chèvre contient de nombreux oligo-éléments indispensables à l'organisme (fer, cuivre, manganèse, sélénium, molybdène, chrome, fluor...) à l'état de traces. Le zinc y paraît en revanche en quantité importante (2 à 5 mg /l) tout comme l'iode (teneurs variables selon les régions et les saisons).

- **Les microorganismes du lait :**

Le lait contient trois catégories de micro-organismes (Richard, 1987)

Les bactéries : certaines sont utiles et même nécessaires à la fabrication du fromage (bactéries lactiques). D'autres sont nuisibles voire dangereuses ;

- Les moisissures, qui affectionnent les milieux acides. Elles sont utiles à l'affinage du fromage ;
- Les levures, qui transforment les sucres en alcool.

### D'où proviennent ces contaminants ?

Une chèvre saine n'excrète pas de germes pathogènes dans son lait, donc si celui-ci en contient c'est qu'ils proviennent du milieu extérieur, en remontant le canal du trayon (Drogoul, 1988 ; Corcy et Germain, 1991). C'est pourquoi une des pratiques lors de la traite consiste à éliminer les premiers jets avant de commencer la récolte.

L'augmentation des surfaces de matériel (machine à traire), l'état du matériel, l'humidité et le nettoyage défectueux sont des facteurs favorisant la contamination en germes nuisibles. Ces germes trouvent dans le lait un milieu favorable à leur développement avec la présence d'eau, d'azote, de carbone et de sels minéraux. Ce développement est aussi favorisé par le caractère acide du lait.

Pour avoir un lait indemne de toute contamination microbienne il devrait répondre à des critères microbiologiques très stricts, le ministère du commerce à établi des normes pour les laits crus qu'on retrouve dans le tableau suivant. (AFNOR 1993)

Tableau2:critères microbiologiques du lait cru (JOA n°35)

Lait cru	n	c	m
<b>Germes aérobies à 30°C</b>	1	—	10 <sup>5</sup>
<b>Coliformes fécaux</b>	1	—	10 <sup>3</sup>
<b>Streptocoques fécaux</b>	1	—	abs/0,1 ml
<b>Staphylocoques auréus</b>	1	—	Absence
<b>Clostridium SR à 46°C</b>	1	—	50
<b>Antibiotiques</b>	1	—	Absence

Pour fabriquer du fromage un certain nombre de bactéries sont nécessaires. Un tableau regroupant ces bactéries a été réalisé par Corcy en 1991.

Tableau 3: Agents microbiens utiles à la fabrication fromagère d'après (Corcy, 1991)

Bactéries	Levures	Moisissures
Streptococcus thermophilus ferment du yaourt(T° 45°C)	Candida : Affinage des fromages	Penicillium album : Blanc bleuté
Streptococcus lactis crémoris ; Ferments lactiques(T°20°C)	Candida utilis et torulopsis : Facteur d'affinage	Penicillium glaucumou roqueforti : Bleu, vert
Streptococcus diacetylactis Ferments lactiques aromatiques		Penicillium candidum ou caseicolum : Blanc
Leuconostoc : Facteur favorisant la production d'aromes et de gaz		Geotrichum lactis : Blanc, jaune
Lactobacillus bulgaricus : Ferments de yaourt(T°45°C)		
Lactobacillus helveticus : Affinage des fromages		
Lactobacillus helveticus : affinage desfromages		

## Chapitre III. La fabrication du fromage

Les grecs nommaient « FORMOS » le panier d'osier dans lequel ils transportaient les fromages.

Les romains en tirèrent le mot « FORMA » puis la locution latine « FORMA AGERE » qui veut dire «gâteau de lait caillé» qui au fil des siècles est devenue par contraction orale « fromage » en vieux français puis fromage que nous connaissons de nos jours.

L'appellation « fromage » est réservé au produit fermenté ou non obtenu par la coagulation du lait, de la crème, du lait écrémé, ou de leur mélange, suivi d'égouttage et contenant au minimum 23g de matière sèche pour 100g de « fromage ».

### III.1 Les techniques de fabrication (Larcher, 2012)

Nous citons en exemple un diagramme de fabrication de fromage classique et basique, le fromage frais.

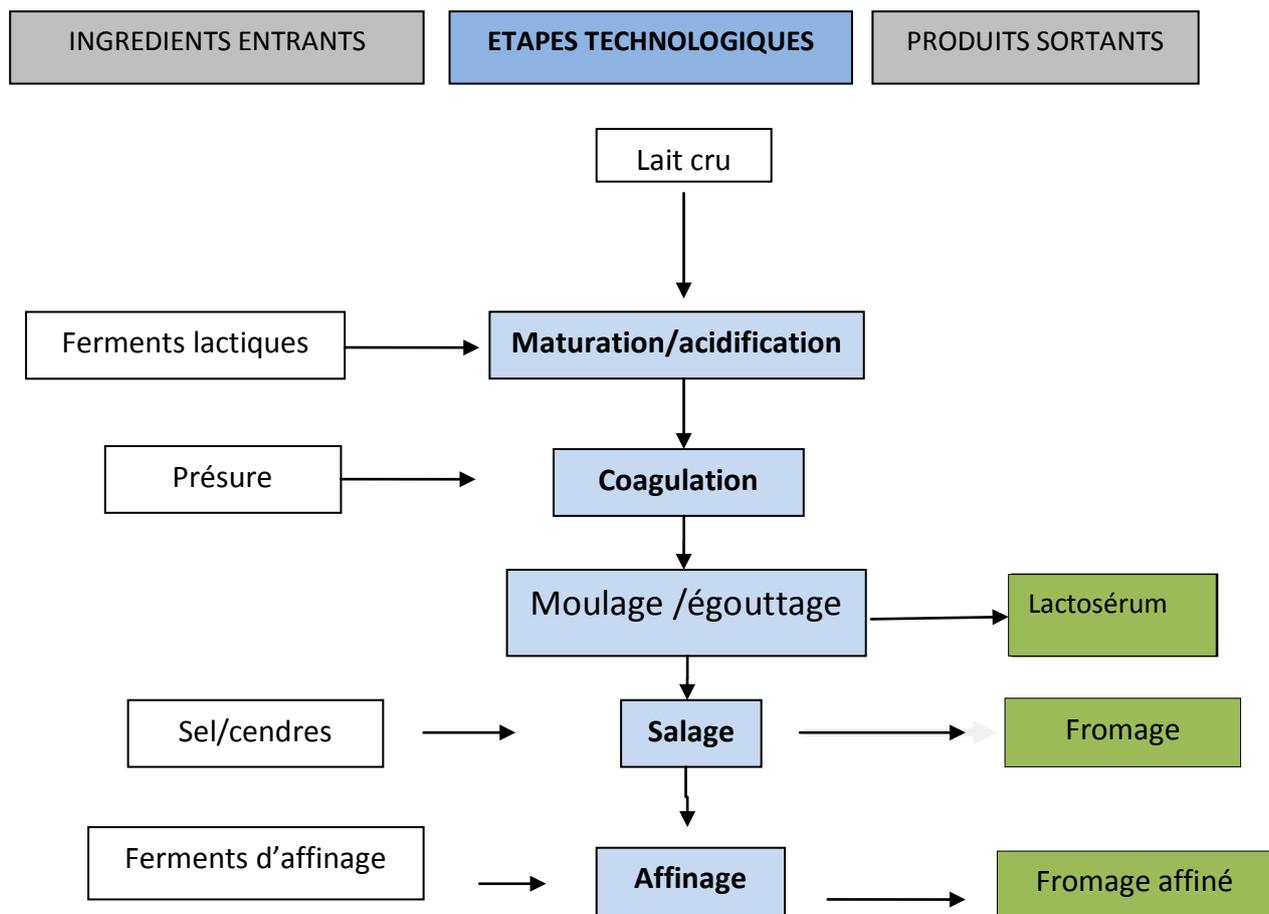


Figure 4 : diagramme de fabrication du fromage

- **La maturation du lait**

Avant de procéder à la maturation du lait on commence par une première étape appelée la pré maturation qui a pour rôle de :

- Restaurer les équilibres chimiques et physiques donnant ainsi un meilleur potentiel de coagulation au lait.
- Permettre le développement d'une flore dominante de bactéries lactiques, empêchant ainsi la croissance des flores indésirables (d'altération et pathogène) par la production d'acide lactique.
- Permettre la régulation du pH adapté pour chaque technologie de fabrication.
- Favoriser la croissance en grand nombre des bactéries lactiques, capables de produire des facteurs de croissance comme les acides aminés, les peptides, les vitamines, eux-mêmes utilisés par d'autres bactéries lactiques et d'affinage.
- Améliorer la texture et la fermeté du caillé.
- Restaurer partiellement la capacité du lait à coaguler.

Il existe deux types de maturation :

- a. Maturation froide ou longue : Effectuée à basse température (entre 10 et 12°C) pendant 12 à 20 heures, avec éventuellement une inoculation en ferments lactiques mésophiles (0,5 à 1%) .
- b. Maturation chaude ou courte : Effectuée à des températures comprises entre 20 et 35°C pendant plusieurs minutes (pâtes molles) ou plusieurs heures (lactiques). Cette maturation est effectuée juste avant l'emprésurage (pour obtenir le bon pH emprésurage), avec des ferments mésophiles ou thermophiles suivant la technologie.

- **La coagulation**

- a. La coagulation par voie lactique : L'acidification

- Chute de la valeur du pH.
- Augmentation de la teneur en calcium soluble (le calcium se détache des micelles pour aller dans la phase aqueuse : sérum)

- Chute du potentiel électrique des micelles : les parties négativement chargées du CMP (caséino -macro-peptide) sont neutralisées par l'apport d'ions H<sup>+</sup>.

Ces modifications provoquées par l'acide ont beaucoup de conséquences sur la structure de la micelle de caséine. Du fait de la solubilisation du calcium intra micellaire, les liens entre submicelles se désagrègent conduisant à une désorganisation de la structure.

Cette propriété explique la légère synérèse en surface du yaourt.

#### b. La coagulation par voie enzymatique : Emprésurage

La stabilité des micelles dans le lait est liée aux caséino – macro – peptides(CMP).Ce CMP qui est également très soluble car il est hydrophile.

La coagulation de type enzymatique se fait en deux phases :

- Phase primaire appelée phase enzymatique.
- Phase secondaire appelée phase minérale.

Phase enzymatique : L'enzyme de coagulation (chymosine contenue dans la présure) sépare la caséine K et le CMP, en coupant le lien entre les acides aminés 105 et 106. Le CMP qui est très soluble se retrouve dans la phase aqueuse (sérum), emmenant avec lui les ions négatifs et une partie de l'eau liée aux protéines.

La para-caséine K reste liée aux autres protéines de la micelle.

-Phase minérale : Dans cette étape l'enzyme contenue dans la présure cesse son action car tous les liens 105-106 AA ont été coupés.

Du fait du départ du CMP dans le sérum, la para caséine est hydrolysée à 85/90%. Nous supposons que c'est le phosphate de calcium (CaPO<sub>2</sub>) qui est responsable de ces liens.

La chymosine est suffisamment forte pour couper les liens 105-106 AA mais pas assez pour couper la chaîne d'acides aminés à d'autres endroits.

- **Egouttage du lactosérum**

Phénomène suivant la coagulation, c'est une étape fondamentale dans la fabrication de fromage. En effet, le gel obtenu après coagulation possède exactement les mêmes caractéristiques (composition, volume, extrait sec) que le lait. Pour faire du fromage nous devons donc retirer une partie du lactosérum contenu dans les poches intermicellaires afin de standardiser la composition du caillé. Un égouttage suffisant est nécessaire pour atteindre les réglementations légales (quantité minimum de matière grasse, d'extrait sec) et aussi pour atteindre les objectifs technologiques suivant le type de fromage désiré.

Ainsi le rôle premier de l'égouttage est de régler la composition du caillé dans le but de lui donner une composition optimale pour le processus d'affinage.

L'égouttage pour chaque type de fromage n'est pas influencé par les mêmes paramètres :

Pour les caillés présure :

- Actions mécaniques (tranchage, brassage)
- Actions biologiques (type de fermentation)
- Traitements thermiques (cuisson du caillé, cycle de chauffage)

a. Phénomène d'égouttage :

L'égouttage est le résultat de la contraction naturelle du caillé. Dans le cas du caillé présure, les liaisons fortes (phosphate de Ca, disulfure et hydrogène) participent activement par un phénomène de polymérisation (création d'une chaîne protéique) qui conduit à la contraction du caillé. Dans le cas des caillés lactiques, les liens faibles qui ont été créés ne permettent pas la contraction naturelle du caillé, l'égouttage est « passif » et se résume à un écoulement simple et limité, qui peut cependant être accru si la température augmente.

Ce phénomène d'égouttage est influencé par de nombreux facteurs :

- Sels minéraux (calcium et phosphore qui forment les liaisons)
- pH (avec un optimum à 5,8/6)

- Taux protéique (si trop élevé, égouttage lent car réseau très dense)
- Taux de matière grasse (les globules gras ralentissent l'égouttage)
- Température
- **Le salage du fromage :**
  - a. Intérêt du salage

L'objectif de cette étape est d'incorporer une quantité déterminée de chlorure de sodium (NaCl = sel de cuisine) dans le fromage frais juste après l'égouttage et juste avant l'affinage. Même si des études restent à faire concernant le rôle exact du sel dans le fromage, c'est une étape très importante en fabrication fromagère qui va influencer le temps d'affinage et la durée de vie du fromage : date limite de consommation (DLC), date limite d'utilisation optimum (DLUO).

La quantité de sel dans le produit fini peut se mesurer selon deux méthodes :

- Quantité de sel (grammes) pour 100 grammes de fromage.
- Taux de sel sur le taux d'humidité du fromage

La deuxième méthode est la plus utilisée car elle donne une relation entre le sel et l'activité de l'eau ce qui aidera à déterminer le temps d'affinage et la durée de vie.

Exemples de taux de sel dans les fromages :

-Emmental : 0,5 à 0,8%

-Fromages frais lactiques : 0,5 à 1%

-Camembert : 1,5 à 2%

-Fromages persillés : 2,5 à 4%

- b. Sélection des agents d'affinage

Saler les fromages permet de diminuer l'*a<sub>w</sub>* (l'eau disponible pour le développement des bactéries) à la surface des fromages. Plus un fromage est salé plus l'*a<sub>w</sub>* sera faible, le sel est donc un facteur déterminant dans la sélection des ferments d'affinage.

Le pouvoir sélectif du sel peut être utilisé soit pour favoriser l'implantation d'un ferment spécifique (exemple de salage à 24 heures après l'égouttage dans les caillés lactiques des chèvres pour favoriser l'implantation du *Géotrichum Candidum*), soit pour en sélectionner un afin de lutter contre l'implantation de contaminants (exemple d'augmentation du taux de salage pour favoriser la pousse du *Penicillium Camembertii* au détriment du *Mucor*).

**Tableau 4 : Influence de l'activité de l'eau sur la croissance des micro-organismes**

Micro-organismes	Taux de sel (%) et correspondance aw				
	0%/0,992	5% / 0,975	10 %/ 0,947	15%/ 0,916	20 %/ 0,880
<b>Moisissures</b>					
<b>G.Candidum</b>	100	46,8	0	0	0
<b>Mucor Mucedo</b>	100	47,4	11,6	0	0
<b>P.Camembertii</b>	100	80,9	36,4	4,1	1,1
<b>Levures</b>					
<b>Rhodotorula</b>	100	69,5	21,8	1	0
<b>Débaryomycés</b>	100	49,7	30,2	10,5	8,2
<b>Microcoques</b>					
<b>M.Saprophyticus</b>	100	96,3	57,2	19,1	0
<b>Brévibactérium</b>					
<b>B.Linens</b>	100	44,1	29,9	13,9	4,1
<b>Coliformes</b>	100	23,4	0	0	0

- **Affinage du fromage :**

Une fois le caillé salé, il est placé dans une pièce dont la température, l'humidité et la composition de l'air sont régulés. Cette ambiance particulière est déterminée en fonction du type de fromage recherché. Durant ce temps d'affinage, des micro-organismes spécifiquement sélectionnés vont se développer tout en créant des arômes et en modifiant la texture du fromage.

Ces phénomènes se font grâce aux activités enzymatiques, notamment la protéolyse (dégradation des protéines) et la lipolyse (dégradation des lipides).

Le temps d'affinage dépend du taux d'arômes recherché mais également de la législation pour les appellations d'origine contrôlée (AOC) la loi définit une durée minimum d'affinage).

### III. 2 Hygiène de la production

#### III.2.1 Qualification sanitaire des cheptels (Anonyme B, 1998).

Le lait utilisé pour la fabrication de fromage doit obligatoirement provenir de cheptels respectant des conditions précises de santé, concernant certaines maladies graves susceptibles d'être transmises à l'homme (les zoonoses) par le lait ou les produits laitiers. La qualification sanitaire est ainsi obligatoire pour fabriquer et vendre des fromages. Elle est délivrée par les services vétérinaires à la suite de contrôles effectués dans le cadre de la prophylaxie collective.

En ce qui concerne les cheptels de chèvres laitières, ils doivent être qualifiés pour la brucellose due à l'espèce *Brucella melitensis*. Pour cela, l'éleveur doit répondre à plusieurs conditions dont la première est l'identification de ses animaux. Travail réalisé actuellement au niveau de la ferme expérimentale de Baba Ali (ITELV)

Cette identification comporte : l'apposition d'un repère agréé par l'éleveur à l'oreille gauche de l'animal (boucle).

Si le repère est temporaire, l'identification définitive doit avoir lieu avant que l'animal n'atteigne l'âge de 12 mois ; l'inscription de l'animal sur un carnet de naissance ou la gestion de lots mensuels de naissances dans le registre des ovins et des caprins fourni par L'ITELV.

De plus, chaque éleveur est tenu de maintenir cette identification en permanence, et donc de poser un nouveau repère à la suite d'une perte.

Ceci fait, le cheptel obtient la qualification indemne de brucellose si : aucun symptôme de brucellose n'a été constaté dans ce cheptel depuis 12 mois au moins.

#### III.2.2 Hygiène de la production du lait

Le lait est une substance fragile et périssable. Une mauvaise hygiène de traite, de stockage peuvent entraîner une contamination par des germes indésirables voire dangereux pour la santé humaine. C'est pourquoi des contrôles réguliers doivent être pratiqués.

Des seuils limite de teneur en germes totaux, en cellules somatiques, révèlent la possibilité d'infections de la mamelle et en *Staphylococcus aureus* (Tosi, 2000 ; Van Outrive, 2004).

L'hygiène du lait ne se résume pas à en contrôler la contamination. Un certain nombre d'actions sont mises en place dans un cadre d'assurance qualité pour limiter ces contaminations. Afin de satisfaire à la qualité du produit et donc aux exigences du consommateur, il existe des guides de bonnes pratiques fromagères et une méthode reconnue d'identification et de contrôle des risques liés à une telle production. Cette méthode est le HACCP, pour « Hazard Analysis Critical Control Point », qui peut se traduire par « Analyse des Dangers pour le Contrôle et la Maîtrise des Risques » (Lagrange, 1995).

Elle permet : L'identification des « dangers » associés à tous les stades de la production (un « danger » est un événement qui entraîne la dégradation de la qualité du produit final)

La définition des moyens nécessaires pour maîtriser ces dangers ; l'assurance que ces moyens sont mis en œuvre de façon effective et efficace. La mise en place de cette méthode dans la fabrication du fromage consiste entre autres à systématiser les opérations d'hygiène relatives à la traite, à la collecte et au stockage du lait ;

Un nettoyage poussé et régulier du matériel de traite (machine à traire, seaux) et de stockage (tanks) ; hygiène de la mamelle (nettoyage des trayons avant chaque traite) contrôle du bon déroulement de la traite et des conditions de stockage. (température du tank).

### III.2.3 Hygiène de la production du fromage

Le fromage possède ses propres seuils réglementaires, (voir tableau 5). Les normes concernent les germes suivants: *Listeria*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Escherichia* et les coliformes totaux (Tosi, 2000 ; VanOustrive, 2004).

Comme pour le lait, la fabrication du fromage suit des plans HACCP afin d'en garantir la qualité.

Tableau 5: Données sanitaires concernant le fromage frais (Selon le journal officiel Algérien n° 35 du 27 mai 1998)

Micro organisme	n	c	m
Coliformes	5	2	10
Coliformes fécaux	5	2	1
Staphylococcus aureus	5	2	10
Salmonella	5	0	absence
Listeria monocytogene	5	0	absence

*n* : nombre d'unités d'échantillonnage dont se compose l'échantillon ;

*m* : valeur seuil du nombre de bactéries ; le résultat est considéré comme étant satisfaisant si toutes les unités d'échantillonnage ont un nombre inférieur ou égal à *m* ;

*c* : nombre d'unités d'échantillonnage dont le nombre peut se situer entre *m* et *M*, l'échantillon étant considéré comme acceptable si les autres unités d'échantillonnage ont un nombre de bactéries inférieur ou égal à *m*.

### III.2.4 Les accidents de fabrication

#### a- Les accidents de caillage

- **Caillé « mou » ou de type « flan »**

La présence d'antibiotiques entraîne la destruction ou l'inhibition de la croissance des ferments lactiques d'où une acidité du sérum très faible (15°D) (Corcy, 1991]

- Remède : Eliminer le lait des chèvres en traitement.

#### La température insuffisante dans la salle de caillage

- Remède : Augmenter la température par un chauffage avec thermostat (hiver : 21-22°C ; été : 19-20°C).

### Un manque d'acidité, s'il n'est pas dû à la présence d'antibiotiques

Soit il est faible, de l'ordre de 40-45°D 24 heures après l'emprésurage au lieu de 55-65°D.

- Remède : D'abord remonter légèrement la température d'emprésurage (hiver : 24-25°C ; été : 21°C) et augmenter la quantité de ferments de 0,5% si c'est insuffisant.

Soit il est important, de l'ordre de 25-35°D.

- Remède : Changer de souche de sérum ou utiliser des ferments lactiques du commerce à forte dose, 1,5 à 2% dans le lait.

### Un manque de calcium

Causé par un refroidissement à 4°C de plus de 24 heures.

Remède : Ajouter 0,5 à 1g de chlorure de calcium par litre de lait avant l'emprésurage.

- **Caillé feuilleté** : Ses causes sont mécaniques, dues aux déplacements, aux vibrations etc.... ou à un moulage à la louche trop lent entre deux louches pour un même moule.
  - **Caillé à « cœur dur »** : Il est dû à un manque d'agitation après l'ajout de la présure. Il existe différentes causes qui sont soit un excès d'acidité, parfois de présure, soit de température d'emprésurage (trop proche de la lampe dans l'armoire à cailler par exemple), ou encore de ferments.
    - Remède : Diminuer ces paramètres en restant dans ceux d'une fabrication normale.
  - **Caillé « gonflé »** : Cela arrive en raison d'un développement intense de microorganismes de type coliformes ou de certaines levures.
    - Remède : Il faut nettoyer tout le matériel et le désinfecter par de l'eau chlorée, ensemencher avec une nouvelle souche de ferments et refroidir systématiquement le lait pour un emprésurage entre 19 et 21°C.

### **b- Les accidents de pâte**

**Pâte sèche, plâtreuse ou très granuleuse** : ce phénomène est dû à un excès d'acidification du caillé, suite à un égouttage a été trop poussé.

- Remède : limiter l'acidification pour rétablir un bon égouttage.

**Pâte en « couches »** : un déséquilibre des ferments lactiques entraîne une baisse d'acidification à l'égouttage et la production de gaz entre les couches.

- Remède : renouveler les ferments et maintenir une température correcte à l'égouttage.

**Pâte « coulante »** : un manque d'acidification et une prolifération anormale de germes protéolytiques causent ce problème en dégradant les caséines.

- Remède : améliorer l'acidification et donc l'égouttage.

**Pâte « gonflée »** : ce sont les mêmes raisons que pour le gonflage du caillé avec en plus une possibilité de réchauffement de la pièce d'égouttage.

- Remède : idem caillé « gonflé » et prévoir le refroidissement de la pièce d'égouttage.

#### c- Les accidents de surface

**Taches noires ou brunes** : inhérentes au contact des fromages avec du fer rouillé ou non étamé.

**Taches violettes** : dues à *Penicillium funiculosum* (Moreau, 1983)

- Remède : nettoyer et désinfecter le matériel ainsi que favoriser l'apparition des moisissures utiles.

**Oïdium ou « peau de crapaud »** : dû cette fois au développement trop important de *Geotricum candidum* ou oïdium (Desfleurs *et al.*, 1985).

- Remède : saler convenablement, contrôler la température et nettoyer le matériel et la table d'égouttage. Enfin éviter d'entreposer des bidons de sérum dans la fromagerie.

**Le « Poil de chat » ou Mucor** : dû au développement d'une moisissure à mycélium gris-noir, favorisé par l'humidité et le froid (14-16°C)(Devoyod, 1988).

- Remède : il faut accentuer l'égouttage et le séchage. Une désinfection du matériel et des locaux s'impose.

Enfin, il faut ensemer le fromage démoulé avec le *Penicillium Candidum* ou *Geotricum Lactis* ou des levains de surface à pousse rapide.

Donc, le lait peut contenir un nombre assez important de microorganismes. Un certain nombre d'entre eux sont nécessaires à la fabrication du fromage, mais d'autres peuvent être dangereux pour la santé des consommateurs.

C'est pourquoi il existe une réglementation qui définit les teneurs maximales en germes.

### III. 3 Fromage à base de lait de chèvre

Le lait de chèvre a longtemps été substitué au lait maternel, en effet quand les mamans ne pouvaient donner le sein ou n'avaient pas assez de lait, on a vu surtout chez les nomades que leurs enfants étaient nourris au lait de chèvre. Ils acceptaient facilement ce lait et ne présentaient aucun trouble fonctionnel.

7000 ans avant JC les premiers fromages firent leur apparition, quand l'homme commença à se sédentariser. On peut dire que c'est le fromage le plus vieux du monde, il serait l'ancêtre de tous les fromages qui existent.

Au cours des différentes civilisations qui passèrent la chèvre a pu s'adapter aux différents paysages arides du bassin méditerranéen. Au moyen âge le fromage de chèvre servait de monnaie d'échange, et nourrissait les gens du voyage.

En 1857, la découverte de la pasteurisation a permis à l'homme d'avancer dans la technologie fromagère. (Histoire du fromage de chèvre : Eurial International.com)

#### III.3.1 Dénomination d'origine « Fromage de chèvre »

Les appellations « fromage de chèvre » sont réservées aux fromages de forme et de poids variables, fabriqués avec du lait de chèvre. Ces fromages contiennent un minimum de 45 grammes de matière grasse pour 100 grammes de matière sèche.

Quant à l'appellation « fromage mi-chèvre » elle est réservée au fromage préparé avec un mélange de lait de chèvre et de vache, contenant un minimum de 50% de matière grasse.

#### III.3.2 Classification des fromages de chèvre

Il existe plusieurs façons de classer les fromages de chèvre par catégorie. En effet tout dépend des critères de classification retenus.

On peut classer les variétés de fromage selon (Cassinello, et Pereira, 2001)

- Le type de fabrication industriel ou fermier
- Le type de coagulation
- La technique de fabrication
- Le mode d'affinage
- La forme
- La consistance des fromages (mous ou durs)
- La composition des laits de mélange (vache-chèvre/chèvre-brebis)
- L'aspect extérieur, la couleur, les moisissures
- L'origine géographique.

## Chapitre IV. Matériel et méthodes

### IV.1 Exposé de l'étude

L'étude que nous envisageons est une étude prospective qui s'étale sur 6 semaines et qui pour but de démontrer l'impact de l'apport alimentaire sur le cheptel caprin et son incidence sur la qualité de la production laitière et le rendement fromager.

L'étude est comparative entre deux lots composés de sept chèvres laitières chacun. Nous avons essayé de choisir les meilleures laitières, le critère de la race n'a pas été pris en considération.

Par contre nous avons établi notre choix sur la modification de la ration (un lot dont l'alimentation est standard pour le deuxième lot nous avons introduit le vert produit en hydroponie).

Les sujets ont été pesés, leur état corporel a été mentionné, une période d'adaptation de trois semaines a été arrêtée pour l'introduction progressive du vert hydroponique dans l'alimentation.

Pour plus de commodité nous avons choisi de désigner les chèvres par la lettre C.

Le lot « RH » comprend les chèvres de C1 à C7.

Le lot « RS » comprend les chèvres de C8 à C14.

### IV.2 Lieu de l'étude : Ferme expérimentale de Baba Ali

**L'ITELV** : institut technique des élevages est situé à Baba Ali, il s'étale sur une surface de 450 hectares, une partie est consacrée aux cultures fourragères pour assurer l'alimentation des animaux (Maïs, avoine, sorgho, vesce avoine, orge ....)

Pour entamer notre étude la chèvrerie a été préparée, partagée en deux boxes chaulés, des mangeoires ont été installés, les chèvres ont été pesées et examinées par le vétérinaire de la ferme pour attester de leur état sanitaire et enfin un zootechnicien a noté leur état corporel.



Figure 5: Aménagement des boxes pour les deux lots de chèvres



Figure 6: Distribution du foin d'avoine dans les mangeoires

### IV.3 Matériels et conditions d'études

#### IV.3.1 Les sujets d'étude

14 chèvres ont été sélectionnées réparties en 2 lots deux lots "RH" et "RS « dont les races sont hétérogènes (Saanen, Arabia et Croisée) l'âge des sujets n'a pas pu être déterminé, arrivant des autres stations elles ne possèdent pas de fiche signalétique et nous ne pouvons pas affirmer leurs âges exacts.



Figure7:Le choix des animaux



Figure 8: Pesée des animaux

**a. Les conditions**

Deux boxes ont été préparés pour accueillir les deux lots de chèvre, une désinfection et un chaulage ont été effectués avant de faire entrer les sujets.

Un ouvrier spécialisé a été affecté à la chèvrerie pour s'occuper des deux lots de chèvres. Toutes les chèvres ont été pesées avant de commencer notre étude. La traite se fait manuellement par le même ouvrier tous les dimanches à 10 heures du matin.

La collecte du lait se fait dans des récipients aseptisés, la quantité récoltée de chaque chèvre est lue dans un seau mesureur.

**b. L'alimentation**

Le premier groupe a reçu une ration standard c'est-à-dire foin d'avoine et concentré VLB 17(distribution matin et après midi)

Le deuxième a reçu en plus du foin et du concentré VLB 17 du vert hydroponique. (Distribution matin et après midi)

Le foin d'avoine est produit sur les terres de l'ITELV, le concentré est acheté de l'ONAB (Office national de l'aliment de bétail) et le vert est produit par le module hydroponique ou un prototype a été installé pour les besoins en vert du bétail.

**Tableau 6 Elaboration de deux rations pour les deux lots de chèvres**

<b>Date</b>	<b>Lot « RS »</b>	<b>Lot « RH »</b>
<b>1<sup>ère</sup> semaine</b>	14 kg de foin, 7 kg de concentré	7 kg de foin, 3,5kg de concentré, 5,6kg de vert
<b>2<sup>ème</sup> semaine</b>	Idem	7kg de foin, 3,5 kg de concentré, 7 kg de vert
<b>3<sup>ème</sup> semaine</b>	Idem	7 kg de foin, 5,6 kg de concentré 14 kg de vert
<b>4<sup>ème</sup> semaine</b>	Idem	7 kg de foin, 7 kg de concentré 21 kg de vert
<b>5<sup>ème</sup> semaine</b>	Idem	7 kg de foin, 7 kg de concentré, 21 kg de vert
<b>6<sup>ème</sup> semaine</b>	Idem	7 kg de foin, 7 kg de concentré, 21 kg de vert

### IV.3.2 Le module hydroponique de la ferme expérimentale de Baba Ali

Ce module est prévu pour trouver une solution fourragère pour les agriculteurs en hors sol. Il a été spécifiquement développé pour faire pousser des graines de légumineuses pour un apport en vert nutritif au bétail.



Figure 9: Module hydroponique



Figure 10: Nettoyage du module

#### Dimensions :

- Longueur : 5,30 m
- Largeur : 2,30 m
- Hauteur : 2,25 m

#### Capacité de production

Ce module est un prototype qui produit jusqu'à 250 kg par jour. D'autres modules peuvent produire jusqu'à une tonne de vert par jour.

Le mode de culture : Une culture basée essentiellement sur l'eau qui se fait par aspersion d'eau pendant 30 secondes toutes les 2 heures.

L'ensemencement : Nous ensemencions 36 plateaux par jour pendant les sept jours de la semaine. Le procédé consiste à tremper jusqu'à 50 kg de grains d'orge 24 h à l'avance.

Le lendemain, les bacs sont remplis à raison de 1,5 kg d'orge puis les grains sont très bien tassés à l'aide d'une palette tout en respectant les pores d'évacuation de part et d'autre du bac.

L'eau va s'infiltrer par les trous d'évacuation, on place les 36 bacs du 1<sup>er</sup> jour d'ensemencement dans le module à une température de 18 °C et une hygrométrie de 80%.



**Figures 11 et 12 : Mise en place des grains d'orge dans les plateaux de germination**

24 h après, la germination est entamée et on récolte des plants de 15 à 20 cm de hauteur au bout du 8<sup>ème</sup> jour et ainsi de suite.

Tous les jours nous avons une récolte de fourrage sur l'ensemble des 36 bacs.

La pesée de ce fourrage juste après récolte est de 6 kg par bac.

Après égouttage c'est-à-dire 24 h après le poids est réduit de 1 kg est passe à 5 kg par bac.

Le poids d'une récolte totale d'une journée est de :

$$5 \times 36 = 180 \text{ kg de fourrage en vert.}$$

Au bout d'une semaine de récolte le poids total est de :

$$180 \times 7 = 1260 \text{ kg / semaine}$$

Le poids du vert dépend de la qualité des grains d'orge, si la qualité est très bonne la récolte journalière peut augmenter jusqu'à 250 kg.

Pour le lot «H » le concentré et le vert sont distribués en deux fois (matin et soir).

La quantité de vert a été augmentée progressivement. Nous avons commencé par donner 800g / chèvre la première semaine pour arriver les deux dernières semaines à 3kg par chèvre en moyenne.

Par contre les quantités de foin n'ont pas changé et l'introduction du concentré s'est faite graduellement jusqu'à atteindre la même quantité pour les deux lots. La différence entre les deux rations c'est l'introduction du vert.



**Figure13: Récolte du vert hydroponique au bout de 8 jours**



**Figure 14: Hachage du vert hydroponique**



**Figure15: Vert haché en petits morceaux**



**Figure 16: Distribution de la ration**

### **IV. 4 les méthodes d'analyses**

Nous avons opté pour deux méthodes d'analyses : physico-chimiques et microbiologiques

#### **IV.4.1 Méthodes d'analyses physico chimiques**

Ces méthodes sont réalisées au laboratoire central de l'ITELV.

**a. de l'aliment**

- Matière sèche
- Matière minérale
- Protéine brute (matière azotée totale : MAT)
- Cellulose brute
- Calcium
- Phosphore

✓ **Détermination de la teneur en matière sèche**

La teneur en matière sèche des aliments est déterminée par le poids de ces aliments après dessiccation dans une étuve à circulation d'air.

Dans une capsule en porcelaine séchée et tarée au préalable introduire 2 à 5 g de l'échantillon à analyser. Porter la capsule dans une étuve à air, réglée à 105°C ± 2°C, laisser durant 24 heures, refroidir au dessiccateur, peser. Remettre 1heure à l'étuve et procéder à une nouvelle pesée. Continuer l'opération jusqu'à poids constant.

La teneur en matière sèche est donnée par la relation :

$$MS\% = \frac{Y}{PE. 100}$$

PE : prise d'essai (g)

Y : poids de l'échantillon après dessiccation(g)

✓ **Détermination de la teneur en matière minérale**

La teneur en matière minérale d'une substance alimentaire est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique après incinération.

- Mode opératoire

Peser le produit le mettre au four à « moufle » et attendre que la température monte jusqu'à 550°C et compter 4h de temps dans le four à moufle. Récupérer les cendres du four et laisser refroidir dans un dessiccateur et procéder à la pesée.

La teneur de la matière minérale est calculée selon la formule qui suit :

$$\text{MM}\% = \frac{Y - T}{X} \cdot 100$$

Y : poids de (l'échantillon + Tare) après incinération(g)

X : prise d'essai (g)

T : poids du creuset vide (g)

On récupère les cendres de la matière minérale dans des béchers de 250 ml aux quels on rajoute 40ml d'HCL dont la densité est de :  $d=1,14$ , on ajuste avec de l'eau distillée à 100ml, on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique et on recouvre avec des verres de montre.

On les transfère sur la plaque chauffante jusqu'à ébullition modérée et compter 30mn.

On les laisse refroidir complètement puis on les transvase dans des fioles de 250ml, en les filtrant d'abord sur du papier filtre.

On obtient alors un minéralisât qu'on ajuste au trait de jauge de 250ml.

A partir de ce soluté on réalise le dosage du phosphore et du calcium.

✓ **Détermination de la teneur en protéines brutes (MAT)**

L'azote total est dosé par la méthode de KJELDHAL ; on minéralise le produit par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur : l'azote (N) organique est transformé en azote ammoniac par la soude et on le dose après avoir ajouté de l'acide borique (indicateur coloré).

- Mode opératoire :

**a. Minéralisation:**

Opérer sur une prise d'essai de 0,5 à 2g de substance, introduire dans un matras de 250 ml, ajouter environ 2 g de catalyseur d'acide sulfurique pur ( $d=1,84$ ).

Porter le matras sur le support d'attaque et poursuivre le chauffage jusqu'à décoloration du liquide en obtenant une coloration verte stable.

Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu, avec précaution 200 ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau. Laisser refroidir complètement.

**Distillation :**

Transvaser 10 à 50 ml du contenu de matras dans l'appareil distillatoire. Rincer la burette graduée, dans un bécher destiné à recueillir le distillatoire introduire 20 ml de l'indicateur composé de :

Pour un litre de solution :

- 20 g d'acide borique
- 200 ml d'éthanol absolu
- 10ml d'indicateur (rouge de méthyle et vert de bromocrésol)

Verser lentement dans le ballon de l'appareil distillatoire 50 ml de soude ( $d=1,33$ ), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de 100ml au moins. Titrer en retour par de l'acide sulfurique N/20 ou N/50 jusqu'à l'obtention de la couleur initiale de l'indicateur coloré.

X : descente de burette (ml)

Y : poids de l'échantillon de départ

A : volume de la prise d'essai

$\alpha : 10^{-6}$

$N(g) = \frac{X.280. \alpha. 100}{Y. 250/A}$
--

Le calcul de la matière azotée se fait selon la formule suivante ;

Teneur en MAT=  $N(g) \times 6,25/MS$

✓ **Détermination de la teneur en cellulose brute :**

La teneur en cellulose brute est déterminée par une méthode conventionnelle :

La méthode de Weende, les matières cellulosiques constituent le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide, l'autre en milieu alcalin. A la suite de ce traitement subsistent : une grande partie de la cellulose vraie, une partie de la lignine, des résidus d'hémicellulose ainsi qu'une petite quantité de matières minérales insolubles.

- Mode opératoire

Peser 1g de l'échantillon, l'introduire dans un ballon de 500ml, muni d'un réfrigérant, rodé sur le goulot. Ajouter 100ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12,5g d'acide sulfurique pour 1000ml de solution. Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30 mn exactement.

Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse, séparer ce ballon du réfrigérant, transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon.

Centrifuger jusqu'à clarification totale du liquide, séparer le surnageant et laver le résidu à l'eau bouillante dans le ballon et dans le tube, en centrifugeant à chaque fois jusqu'à ce que les eaux de lavage ne soient plus acides.

Introduire le résidu dans le même ballon, en le détachant du tube à centrifuger avec 100ml de solution bouillante contenant 12,5g de soude pour 1000ml. Faire bouillir durant 30mn exactement comme dans la première partie de l'opération.

Ensuite filtrer sur un creuset préalablement pesé, le résidu, passer à l'étuve le creuset à T° réglée à 105°C jusqu'à un poids constant.

Effectuer les pesées après refroidissement au dessiccateur puis incinérer dans le four à moufle à 400°C durant 5 h, refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques, le calcul se fait par la formule suivante.

$$\text{Teneur en CB\%} = \frac{A-B}{C} \times 100$$

A : poids du creuset+ résidu après dessiccation (g)

B : poids du creuset + résidu après incinération (g)

C : poids de l'échantillon de départ (g)

✓ **Détermination de la teneur en calcium :**

La présente norme Algérienne spécifie une méthode de détermination de la teneur en calcium par titrimétrie, dans les aliments des animaux.

La méthode est applicable à tous les aliments des animaux ayant une teneur en calcium supérieure à 1g /kg.

Principe :

Incinération d'une prise d'essai, traitement des cendres à l'acide chlorhydrique et précipitation du calcium sous forme d'oxalate de calcium. Dissolution du précipité dans l'acide sulfurique et titrage de l'acide oxalique formé à l'aide d'une solution titrée et permanganate de potassium.

- Mode opératoire :

Peser, à 1mg près, environ 5g de l'échantillon pour essai dans la capsule à incinérer. Mettre la capsule dans le four à moufle réglé à 550°C jusqu'à destruction complète de la matière organique. Transférer les cendres dans un bécher de 250 ml, ajouter 40ml d'acide chlorhydrique 60ml d'eau distillée et quelques gouttes d'acide nitrique. Porter à ébullition et l'y maintenir pendant 30mn.

Refroidir et transvaser la solution dans la fiole jaugée à 250 ml. Rincer, compléter au trait repère avec de l'eau distillée mélanger et filtrer pour obtenir la solution d'essai.

Prélever à l'aide d'une pipette, une partie aliquote contenant 10 à 40 mg de calcium et la verser dans un bécher de 250ml ajouter 1ml de la solution d'acide citrique et 5ml de la solution de chlorure d'ammonium.

Diluer à environ 100ml avec de l'eau distillée ; porter à ébullition, ajouter 10 gouttes de la solution de vert de bromocrésol et 30ml de la solution d'oxalate d'ammonium chaude. Si un précipité apparaît le dissoudre par addition de quelques gouttes d'acide chlorhydrique.

Neutraliser très lentement avec l'ammoniaque en agitant constamment, jusqu'à l'obtention d'un pH de 4,4 à 4,6 (jusqu'au virage de l'indicateur coloré). Mettre le bécher dans le bain d'eau bouillante et l'y maintenir pendant 30mn afin de laisser se déposer le précipité formé. Retirer le bécher du bain d'eau, laisser reposer pendant 1h et filtrer dans le creuset.

Laver le bécher et le creuset à l'eau jusqu'à élimination complète de l'excès d'oxalate d'ammonium.

Mettre le creuset dans un bécher de 250ml ou une fiole à large ouverture. Ajouter 80ml d'acide sulfurique et chauffer à 70-80°C pour dissoudre le précipité.

Titre la solution chaude avec la solution titrée de permanganate de potassium jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante pendant 1mn.

Expression des résultats :

$$\text{Ca \%} = \frac{20,04 \times V \times C}{m} \times \frac{250}{V'}$$

V : volume en ml de la solution titrée de permanganate de potassium

c : concentration exacte en moles/l de la solution titrée de permanganate de potassium

m : masse de la prise d'essai

V' : volume en ml de la partie aliquote

Deux répétitions sont nécessaires pour la même analyse.

✓ **Détermination de la teneur en phosphore total :**

C'est une méthode spectro-photométrique de détermination de la teneur en phosphore total dans les aliments des animaux. Particulièrement indiquée pour l'analyse des produits pauvres en phosphore.

- Mode opératoire :

Utiliser une fiole de 100ml, on prend 20ml du minéralisât avec une pipette à deux traits, on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

On prend des tubes à essai à fermeture, on prend 10ml de chaque fiole qu'on transvase dans chaque tube à essai et on rajoute un tube à blanc (eau distillée).

Dans chaque tube on rajoute 10ml de nitrovanado molybdique cela donne une couleur jaune paille très claire.

On laisse reposer 10mn et on place le soluté dans les cuves à spectrophotomètre.

Le spectrophotomètre doit être allumé une demi-heure avant de faire la lecture.

Programmer le spectrophotomètre pour une lecture à 430nm.

On met le spectrophotomètre à zéro avec le tube à blanc puis on procède à la lecture de la densité optique des échantillons au fur et à mesure.

La teneur en phosphore est calculée selon la formule suivante :

$$P\% = \frac{[ ] \times 125}{PEX1000}$$

[ ] : Concentration

PE : Prise d'essai

#### **Du lait :**

Ces méthodes sont celles du laboratoire de physico-chimie de COLAITAL Birkhadem. (voir détail des méthodes en annexe)

- Acidité
- PH
- Densité / température
- Matière grasse
- Extrait sec total

✓ **Détermination de l'acidité**

**Principe :** Le lait présente une acidité qui peut être titrée par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénophtaléine servant d'indicateur coloré.

**Matériel :**

- Acidimètre Dornic
- Pipette de 10 ml
- Becher de 150 ml
- Solution de soude NAOH N/9
- Indicateur phénophtaléine (solution alcoolisé à 1%)

**Méthodologie :**

- Introduire 10 ml de *lait dans* un bécher
- Ajouter quelques gouttes de phénophtaléine
- Titrer à l'aide de NAOH N/9 jusqu'à coloration rose pale
- Lire directement le résultat sur l'acidimètre, ce résultat est exprimé en degrés Dornic

✓ **Détermination du PH**

**Principe :**

Décrit la mesure électro métrique du pH (Acidité ionique). Il s'agit de la mesure directe du pH à l'aide d'un pH mètre.

**Matériels :**

- PH mètre avec électrode en verre
- Bécher de 150 ml
- Pipette de 50 ml

**Méthodologie :**

- Dans un bécher mettre 50 ml de lait
- Effectuer la mesure électro métrique en agitant bien le contenu
- Lire directement la valeur du PH

✓ **Détermination de la densité /température :**

**Principe :**

C'est le rapport entre la masse d'un volume de lait et celle d'un même volume d'eau elle est définie comme étant la masse volumique du lait, est exprimée en kg/ m<sup>3</sup>.Pratiquement on détermine la densité du lait à l'aide d'un thermo lacto densimètre.

**Matériels :**

- Thermo lactodensimètre
- Eprouvette à bec de 250 ml

**Méthodologie :**

- Remplir l'éprouvette de lait de manière à ce que le lait déborde légèrement pour entraîner les traces de mousse qui pourrait gêner la lecture.
- Plonger alors le thermo lactodensimètre et laisser stabiliser.
- Prendre la température du lait dans l'éprouvette et noter la densité lue.
- On corrige la densité par rapport à la température à savoir :

Si : T° lue < 20° D= D lue – 0,2 (20- T° lue

Si : T° lue >20° D= D lue +0,2 (T° lue -20)

0,2 est le coefficient de correction.

✓ **Détermination de la matière grasse**

**Principe :**

Il s'agit de la séparation de la matière grasse du lait par centrifugation dans un butyromètre, après dissolution de protéines par l'acide sulfurique, la séparation et la matière grasse est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'Alcool ISO amylique. Le butyromètre est gradué de façon à permettre une lecture directe de la teneur en matière grasse.

**Matériel :**

- Butyromètre de lait GERBER
- Pipette de 11ml jaugée
- Alcool Iso-amylique avec son doseur de 1 ml
- Bouchons pour butyromètre+ poussoir
- Acide sulfurique de 1,825 de densité avec son doseur de 10 ml
- Centrifugeuse GERBER avec bain marie

**Méthodologie :**

- Introduire 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre
- Ajouter 11 ml de lait
- Rajouter encore 1 ml d'alcool iso- amylique
- Boucher le butyromètre grâce à un poussoir
- Transvaser délicatement le butyromètre et placer dans la centrifugeuse pendant 05 mn
- Lire directement sur le butyromètre les graduations contenant la matière grasse visiblement séparés
- Le résultat est exprimé en g/l

✓ **Détermination de l'extrait sec total du lait :**

**Principe :**

L'extrait sec est la masse restante après dessiccation complète basée sur l'évaporation de l'eau d'un certain volume donné de lait.

**Matériel :**

- Capsules en verre
- Papier buvard
- Pipette graduée de 10 ml
- Balance analytique de précision
- Micro-onde

**Méthodologie :**

- Poser du papier buvard dans une capsule bien séchée et la peser
- Ajouter 10 ml de lait
- Mettre la capsule dans le micro-onde réglé à 300°C pendant 20 à 25 mn
- Peser à nouveau la capsule à sa sortie du micro-onde
- Calculer le résultat d'extrait sec selon la formule suivante :

$$\left\{ \frac{M_0 \times M_1}{E} \right\} \times 1000$$

$M_0$  : poids de la capsule vide

$M_1$  : poids de la capsule après dessiccation

E : prise de l'échantillon

Le résultat est exprimé en g/l.

Concernant le fromage seul le taux de matière grasse a été fait à l'aide d'un butyromètre spécial fromage.

#### **Du fromage :**

##### ✓ Détermination de la matière grasse du fromage :

#### **Principe :**

Dissolution des protéines du fromage et notamment la caséine par l'acide sulfurique, séparation de la matière grasse par centrifugation dans un butyromètre VAN GULIK, cette séparation est favorisée par l'addition de l'alcool ISO amylique.

#### **Matériels :**

- Butyromètre de VAN GULIK avec godet et bouchon.
- Solution Acide sulfurique de densité 1,525 avec doseur de 10 ml.
- Solution Alcool iso amylique avec doseur de 1ml.
- Centrifugeuse GERBER
- Balance Analytique.
- Bain marie à 60°C.

#### **Méthodologie :**

- Tarer le godet et peser 3g de fromage.
- Ajuster étroitement le godet du butyromètre et introduire l'acide sulfurique par le haut en faisant couler le long de la paroi du butyromètre jusqu'à ce que le godet soit entièrement recouvert.
- Placer le butyromètre dans un bain marie agiter de temps en temps.
- Lorsque le fromage est entièrement dissout on ajoute l'alcool iso amylique et on complète par l'acide sulfurique jusqu'à la colonne graduée du butyromètre.
- Centrifuger pendant 05 mn et lire directement sur la colonne graduée la couche grasse bien claire.
- Le résultat est exprimé en g/l ou en pourcentage.

#### IV.4.2 Méthodes d'analyses microbiologiques du lait

✓ **Dénombrement des germes totaux :**

**Milieux de culture utilisé :** PCA (Plat - Count- Agar )

**Dénombrement :**

- A partir des dilutions décimales allant de  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$  voire 1, porter aseptiquement 1 ml de lait dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage.
- Verser ensuite avec environ 20ml de gélose fondue puis refroidie à 45°C.
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme de huit « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.
- Laisser solidifier sur paillasse.

**Incubation :**

Les boîtes de pétri incubées couvercle en bas à 30°C pendant 72 heures avec :

- première lecture à 24 heures
- deuxième lecture à 48 heures et
- troisième lecture à 72 heures.

**Lecture :**

Les colonies des germes totaux se présentent sous forme lenticulaire en masse.

Retenir les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies dans deux dilutions successives.

• **Expression des résultats**

Le calcul du nombre N de germes totaux par ml ou g du produit analysé est obtenu par l'équation suivante :

$$N = \frac{\sum C}{1,1 \times d}$$

N : nombre de germes ;

$\sum C$  : somme des colonies dans les deux boîtes retenues ;

d : taux correspondant à la première dilution.

✓ **Recherche et dénombrement des coliformes** :

**Milieux de culture utilisés** : Gélose au désoxycholate à 1‰ ou gélose VRBL (cristal violet, rouge neutre, bile, lactose ou bouillon VBL (vert brillant lactose)).

**Dénombrement** :

Les coliformes sont dénombrés soit :

- **en milieu solide** par la technique en boîtes sur gélose au désoxycholate à 1‰ (méthode choisie) ou sur gélose VRBL.
- **en milieu liquide** par la technique du NPP (nombre le plus probable) à l'aide du bouillon VBL réparti à raison de 10 ml par tube muni au préalable d'une cloche de Durham.

Au sein du laboratoire de COLAITAL le dénombrement se fait en milieu solide.

A partir des dilutions décimales  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$  voire 1, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée en indiquant la dilution, la date, l'analyse à faire.

Cette opération doit être effectuée en double pour chaque dilution :

- La première série de boîtes sera incubée à 37°C et sera réservée à la recherche des coliformes totaux.
- La deuxième série de boîte sera incubée à 44°C et sera réservée à la recherche des coliformes fécaux.

Verser ensuite 15 ml de gélose fondue puis refroidie à 45°C. Aussitôt après, faire ensuite des mouvements circulaires de va et vient en forme de huit « 8 » pour bien mélanger la gélose à l'inoculum. Laisser solidifier les boîtes de pétri sur la paillasse.

**Incubation** :

Les boîtes seront donc incubées couvercle en bas pendant 24 à 48 heures à :

- 37°C pour la première série (recherche des coliformes totaux).
- 44°C pour la deuxième série (recherche des coliformes fécaux).

**Lecture :**

Les coliformes (totaux et fécaux) apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge foncé fluorescentes et de 0,5 mm de diamètre. Le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.

Compter les colonies dans chacune des boites contenant entre 15 et 150 colonies. On peut également compter toutes les colonies de deux dilutions successives présentant entre 15 et 150 colonies par boite et appliquer la formule suivante.

$$N = \frac{\sum C}{1,1 \times d}$$

N : nombre de germes ;

$\sum C$  : somme des colonies dans les deux boites retenues ;

d : taux correspondant à la première dilution.

✓ **Recherche de staphylococcus aureus**

Milieux de culture utilisés : Bouillon Giolliti Cantoni et gélose Chapman

**Recherche :**

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.

**Ensemencement :**

A partir des dilutions décimales retenues, porter aseptiquement 1 ml par dilution dans un tube à vis stérile. Ajouter par la suite environ 15 ml 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 :**

Seront considérés comme positifs, les tubes ayant virés au noir.

Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de staphylocoques aureus, ces tubes feront l'objet d'un isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, coulée en boîtes de pétri et bien séchés.

Les boîtes de Chapman ainsi ensemencées 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 dans 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 à 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 correspondant à l'inverse de la dilution. Dans ce cas il y a 10 S. aureus par ml ou gramme de produit analysé.

Compter les colonies dans chacune des boîtes contenant entre 15 et 150 colonies. On peut également compter toutes les colonies de deux dilutions successives présentant entre 15 et 150 colonies par boîte et appliquer la formule suivante.

$$N = \frac{\sum C}{1,1 \times d}$$

N : nombre de germes ;

$\sum C$  : somme des colonies dans les deux boîtes retenues ;

d : taux correspondant à la première dilution.

✓ **Recherche et dénombrement des streptocoques :**

Milieux de culture utilisés : Bouillon Rothe et Bouillon Eva Litsky

**Dénombrement :**

La recherche des streptocoques fécaux se fait en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP).

Cette technique fait appel à deux tests consécutivement à savoir :

- Le test de présomption : qui se fait sur milieu Rothe S/C
- Le test de confirmation : qui se fait sur milieu Eva Litsky

**Test de présomption :**

Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif de Rothe S/C à raison de trois tubes par dilution.

A partir des dilutions décimales  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$  voire 1, porter aseptiquement 1 ml dans chacun des trois tubes correspondant à une dilution donnée. Bien mélanger l'inoculum dans le milieu.

**Incubation :**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

**Lecture :**

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant un trouble microbien.

Aucun dénombrement ne se fait à ce stade, les tubes positifs feront l'objet d'un repiquage.

**Test de confirmation :**

Chaque tube de Rothe positif fera l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé sur un tube contenant le milieu Eva Litsky.

Bien mélanger l'inoculum dans le milieu.

**Incubation :**

L'incubation se fera à 37°C pendant 24 heures.

**Lecture :**

Sont considérés comme positifs les tubes d'Eva présentant à la fois :

- un trouble microbien et
- une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube.

Le nombre de streptocoques fécaux est exprimé par le NPP (nombre le plus probable) selon la table de Mac Grady.

✓ **Recherche et dénombrement de spores de Clostridium :**

Milieux de cultures utilisés :

Gélose viande foie (VF)

**Recherche :**

Préparation du milieu :

Au moment de l'emploi faire fondre un flacon contenant 225 ml de gélose Viande Foie, le refroidir ensuite à 45°C, puis ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium. Mélanger soigneusement et aseptiquement.

Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 47°C jusqu'au moment de l'utilisation et ne doit pas se conserver plus de 24 heures.

**Ensemencement :**

Les tubes contenant les dilutions  $10^{-2}$ ,  $10^{-1}$  voire 1 seront soumis :

- D'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes,
- Puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.

A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans un tube à vis stérile, puis ajouter environ 15 ml de gélose VF prête à l'emploi, dans chaque tube. Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 mn.

**Incubation :**

Ces tubes seront ainsi incubés à 46°C pendant 16, 24 ou au plus tard 48 heures.

**Lecture :**

La première lecture doit se faire impérativement à 16 heures, car,

D'une part les colonies de clostridium sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voir impossible et l'analyse est à refaire.

D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm.

Dans le cas d'absence de colonies caractéristiques réincuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures voire 48 heures. Le nombre de colonies trouvées doit être multiplié par l'inverse de la dilution.

Compter les colonies dans chacune des boites contenant entre 15 et 150 colonies. On peut également compter toutes les colonies de deux dilutions successives présentant entre 15 et 150 colonies par boite et appliquer la formule suivante.

$$N = \frac{\sum C}{1,1 \times d}$$

N : nombre de germes ;

$\sum C$  : somme des colonies dans les deux boites retenues ;

d : taux correspondant à la première dilution.

#### IV.4.3 Méthodes d'analyses microbiologiques du fromage

Nous réalisons exactement les mêmes analyses que pour le lait mais en ajoutant deux analyses importantes pour le fromage.

✓ **Recherche et dénombrement des Salmonelles** :

Milieux de culture utilisés :

Bouillon TSE (triptone-sel-eau), bouillon au sélénite-cystine (SFB) + additif (Sélénite acide de sodium), Hecktoen + additif.

#### **Recherche :**

La recherche des salmonelles nécessite une prise d'essai à part.

Jour 1 : Pré- enrichissement,

Prélever 25 grammes ou 25 ml de produit à analyser dans un flacon contenant 225 ml de TSE. Incuber à 37°C pendant 12 heures.

Jour 2 : enrichissement,

L'enrichissement doit s'effectuer sur un milieu sélectif: SFB(S/C) réparti à raison de 100 ml par flacon auquel on ajoute 2 ml d'additif (sélénite acide de sodium).

Prendre 10 ml à partir du milieu de pré-enrichissement et les mettre dans le flacon de SFB puis incuber à 37°C pendant 24 heures.

Jour 3 : Isolement,

Le flacon de selenite positif (rose) fera l'objet d'un isolement en strie sur milieu gélosé Hektoen préalablement coulé en boîte de pétri à raison de 15 à 18 ml et séché en les plaçant retournées couvercle en bas (bord de la boîte sur le bord du couvercle) dans une étuve de séchage réglée entre 45 et 55°C.

**Incubation :**

Incubé à 37°C pendant 24 heures.

**Lecture :**

Les colonies de Salmonelles se présentent le plus souvent gris bleu à centre noir.

NB : Le milieu gélosé Hektoen est un milieu de base auquel il faudra ajouter une ampoule d'additif Hektoen plus 4 gouttes de soude 1 fois normale.

Au moment de l'emploi faire fondre un flacon contenant 225 ml de gélose Sabouraud.

Répartir le milieu en boîte de pétri à raison de 15 ml à 18 ml par boîte de pétri. Laisser solidifier les boîtes sur paillasse, puis les sécher en les plaçant retournées couvercles en bas dans une étuve de séchage réglée entre 45 et 55°C.

Compter les colonies dans chacune des boîtes contenant entre 15 et 150 colonies. On peut également compter toutes les colonies de deux dilutions successives présentant entre 15 et 150 colonies par boîte et appliquer la formule suivante.

$$N = \frac{\sum C}{1,1 \times d}$$

N : nombre de germes ;

$\sum C$  : somme des colonies dans les deux boîtes retenues ;

d : taux correspondant à la première dilution.

✓ **Recherche et dénombrement des levures et moisissures** :

Milieux de culture utilisés : Gélose Sabouraud

**Dénombrement :**

A partir des dilutions décimales allant de  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$  voire 1, porter aseptiquement 1 ml du produit dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage.

Verser ensuite environ 20 ml de gélose fondue puis refroidie à 45°C.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme de huit « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Laisser solidifier sur paillasse puis incubé.

**Incubation :**

Les boîtes de pétri sont incubées à 20- 25°C pendant 3 à 5 jours avec le couvercle vers le haut.

**Lecture :**

Après incubation, on effectue le comptage des levures à part et des moisissures d'autre part. Multiplier ensuite le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.

Compter les colonies dans chacune des boîtes contenant entre 15 et 150 colonies. On peut également compter toutes les colonies de deux dilutions successives présentant entre 15 et 150 colonies par boîte et appliquer la formule suivante.

$$N = \frac{\sum C}{1,1 \times d}$$

N : nombre de germes ;

$\sum C$  : somme des colonies dans les deux boîtes retenues ;

d : taux correspondant à la première dilution.

#### IV.4.4 Méthodes d'analyses du fromage de chèvre

✓ **Rendement fromager :**

C'est un paramètre important pour un fromager, il ne peut effectivement produire du fromage sans calculer la quantité journalière produite. Il doit faire son calcul et comparer aux rendements fromagers calculés sur une quantité de cent litres de lait.

Les rendements calculés par les maîtres fromagers varient entre 18 et 20 kg pour 100 l de lait de chèvre transformé.

✓ **Analyses sensorielles :**

Déguster un fromage - Comment ?

**Les odeurs** sont des molécules extrêmement volatiles perceptibles par le nez (le bulbe olfactif),

**Les arômes** sont des molécules volatiles perceptibles par la voie rétronasale (le bulbe olfactif),

**Les saveurs** sont perçues par les bourgeons du goût répartis sur la langue : sucré, acide, salé, amer.

Les autres sensations en bouche (**sensations trigéminales**), sont perçues par les muqueuses de la bouche et la gorge : piquant, métallique, brûlant, astringence, rafraîchissant.

**La texture** est évaluée par les dents, les muscles des mâchoires, les gencives, la langue, le palais, les doigts.

**La salive** participe à l'évaluation sensorielle pour former le bol alimentaire, par son rôle de lubrifiant et son pH proche de 7, donc neutre.

## Chapitre V. Résultats et discussions

### V. 1 Analyses physico chimiques de l'aliment

Des prélèvements de l'aliment donné aux chèvres ont été pratiqués et ils ont été analysés au niveau du laboratoire central de l'ITELV à Baba Ali. Les résultats d'analyse du concentré VLB 17 sont regroupés dans le tableau ci après :

Tableau 7 : Résultats des analyses physico chimiques du concentré VLB 17

<b>VLB 17</b>	<b>Résultat %</b>	<b>Normes Algériennes</b>	<b>Normes de La méthode</b>
<b>Matière sèche</b>	83	80 -85	<b>NA 1291-1994</b>
<b>Matières minérales</b>	05,51	08	<b>NA 650-1994</b>
<b>Protéines brutes</b>	14,44	17	<b>NA 652-1992</b>
<b>Cellulose brute</b>	07,06	08	<b>NA 6138-1991</b>
<b>Calcium</b>	00,48	0 ,9	<b>NA 653-1992</b>
<b>Phosphore</b>	00,30	0,7	<b>NA 657-1992</b>

D'après les résultats du tableau 7 les protéines qui devraient à 17%(d'où le nom de ce concentré) sont proches de 15 % et la cellulose brute élément essentiel dans l'alimentation des animaux n'est qu'à 7,06% alors que la norme recommande 8%. Nous pouvons dire que même la matière minérale, le calcium, le phosphore sont en dessous des normes d'un bon concentré. On peut dire que nous sommes en présence d'un complément alimentaire moyennement bon.

Les mêmes analyses physico chimiques ont été faites pour le foin d'avoine, les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

**Tableau 8 : Résultats des analyses physico chimiques du foin d'avoine**

<b>Foin d'avoine</b>	<b>Résultat %</b>	<b>Normes Algériennes</b>	<b>Normes de La méthode</b>
<b>Matière sèche</b>	85,41	80 -85	<b>NA 1291-1994</b>
<b>Matières minérales</b>	08,21	9,2	<b>NA 650-1994</b>
<b>Protéines brutes</b>	7,3	6	<b>NA 652-1992</b>
<b>Cellulose brute</b>	30,26	31,9	<b>NA 6138-1991</b>
<b>Calcium</b>	00,22	3-4	<b>NA 653-1992</b>
<b>Phosphore</b>	Traces	2-3	<b>NA 657-1992</b>

Le foin d'avoine produit cette année au niveau de la ferme expérimentale de Baba Ali est particulièrement bon, sa matière sèche est aux normes et sa matière minérale est relativement proche de la norme.

Quand aux protéines brutes elles sont légèrement supérieures à la norme par contre la cellulose brute atteint la norme, ce foin est donc riche en cellulose brute qui joue un grand rôle dans la digestion de l'animal.

Et enfin les mêmes analyses physico-chimiques ont été faites sur le vert produit par hydroponie, les résultats sont cités dans le tableau suivant. Les résultats sont comparés aux normes du vert produit en terre naturellement.

**Tableau 9 : Résultats des analyses physico chimiques du vert hydroponique à partir des grains d'orge**

<b>Vert hydroponique</b>	<b>Résultat %</b>	<b>Normes Algériennes</b>	<b>Normes de La méthode</b>
<b>Matière sèche</b>	14,10	15,44	<b>NA 1291-1994</b>
<b>Matières minérales</b>	12,10	14,30	<b>NA 650-1994</b>
<b>Protéines brutes</b>	23,73	23,30	<b>NA 652-1992</b>
<b>Cellulose brute</b>	20 ,74	24,80	<b>NA 6138-1991</b>
<b>Calcium</b>	00,37	00,15	<b>NA 653-1992</b>
<b>Phosphore</b>	00,21	00,46	<b>NA 657-1992</b>

Les résultats obtenus se rapprochent des normes, le vert produit par hydroponie peut donc remplacer le vert produit naturellement sur sol. Cela pourrait être une solution pour les éleveurs en hors sol.

Vu que les chèvres ne sont pas vraiment de bonnes laitières nous avons choisi de faire une traite par semaine pour récolter une bonne quantité de lait.

La traite a été effectuée tous les dimanches manuellement par l'ouvrier trayeur, les trayons sont lavés à l'aide d'un désinfectant (le biocide) les premiers jets sont éliminés puis le lait est recueilli dans un seau lavé à l'eau de javel.

La quantité de lait recueillie est mesurée à l'aide d'un seau mesureur pour quantifier le lait de chaque chèvre. Une fois que la totalité du lait est recueillie nous le conservons dans un bidon fermé puis il est conservé dans un réfrigérateur à 6°C.

Une fois réfrigéré un prélèvement de lait est effectué aux fins d'analyses physico chimiques et microbiologiques. Des flacons de 200 ml propres passés à l'autoclave ont été prévus à cet effet, le remplissage des flacons a été stérilisé à la flamme.

Une fois réfrigérés nous les avons transportés vers le laboratoire de COLAITAL pour effectuer les différentes analyses physico chimiques et microbiologiques. Le reste du lait recueilli a été transformé en fromage frais. Après avoir fabriqué le fromage, il est pesé pour connaître le rendement fromager de chaque type de lait.

Deux échantillons de fromages sont pris pour faire les analyses microbiologiques et physico chimiques. Deux séances de dégustation ont été prévues à l'ITELV pour effectuer les analyses sensorielles de chaque fromage.

✓ **Evaluations des poids de chèvres**

Nous avons pesé les animaux et noté leur état corporels pour les deux lots. Le lot de chèvres « RH » désigné par C1 à C7 et le lot de chèvres « RS » désigné par C8 à C14.

**Tableau 10 : poids des chèvres début d'expérimentation**

<b>LOT RH Vert hydro +foin +concentré</b>		<b>LOT RS foin+concentré</b>	
<b>C1</b>	31, 500kg	<b>C8</b>	40 kg
<b>C2</b>	40 kg	<b>C9</b>	37kg
<b>C3</b>	32 kg	<b>C10</b>	35,200 kg
<b>C4</b>	37 kg	<b>C11</b>	44,100 kg
<b>C5</b>	40,300 kg	<b>C12</b>	37 kg
<b>C6</b>	30 kg	<b>C13</b>	46kg
<b>C7</b>	30 kg	<b>C14</b>	30 kg

La moyenne des poids corporels des chèvres du lot « RH » est de 35,6 kg avec un état corporel variant de 2,25 à 2,75.

Pour le lot « RS » la moyenne des poids est de 38,08 kg avec un état corporel de 2 à 3. Nous avons aussi noté l'évolution des poids des chèvres en fin d'expérimentation que nous avons rassemblé en un tableau. Nous pouvons comparer et déterminer si l'animal a gagné ou perdu du poids.

✓ Comparaison des poids de chèvres début et fin d'expérimentation :

**Tableau 11: Evolution des poids chèvres début et fin d'expérimentation pour le lot « RS »**

<b>Numéro des chèvres</b>	<b>Poids début expérimentation (kg)</b>	<b>Poids fin expérimentation (kg)</b>
<b>C11</b>	44,100	45
<b>C8</b>	40	41
<b>C9</b>	37	36
<b>C10</b>	35,200	36,500
<b>C13</b>	46	43
<b>C12</b>	37	32
<b>C14</b>	30	29

Durant l'expérimentation nous avons pesé les animaux au début et à la fin de l'essai. Nous avons constaté un gain de poids très faible pour 3 chèvres seulement les 4 autres ont enregistré une perte conséquente allant de 1 à 5 kg.

Au début de la lactation, les besoins en nutriments et en minéraux augmentent considérablement et bien plus rapidement que l'ingestion alimentaire.

La chèvre n'est donc pas à même de couvrir ses besoins nutritionnels à partir de sa ration de base et de son aliment composé, pour produire autant de lait. Elle doit mobiliser ses réserves corporelles. Ce processus se traduit par une perte de pds qui peut aller jusqu'à 8kg pendant les deux premiers mois de lactation (Lefrileux et al, 2009)

Pour éviter une baisse de poids durant cette phase, il importe de donner que du fourrage de base d'une qualité optimale et des rations d'aliment composé calculée en fonction du potentiel de production.

Une augmentation progressive de doses d'aliments complémentaires permet d'éviter les troubles digestifs.

Le même travail est fait pour le lot « RH », on compare les poids des chèvres du même lot début et fin de l'expérimentation.

**Tableau 12 : Evolution des poids des chèvres début et fin d'expérimentation pour le lot « RH »**

<b>Numéro. des chèvres</b>	<b>Poids début expérimentation. (kg)</b>	<b>Poids fin expérimentation (kg)</b>
<b>C3</b>	32	33,500
<b>C2</b>	48,400	51,500
<b>C5</b>	40,300	41
<b>C1</b>	31,500	32
<b>C6</b>	30	31
<b>C4</b>	37	41
<b>C7</b>	30	33

La moyenne des poids corporels à la fin de l'essai est de 37,57 kg nous enregistrons un gain moyen de 1,97 kg pour tout le lot. Leurs états corporels varient de 3,5 à 4.

Nous pouvons dire que ces chèvres sont plus robustes, elles ont une robe plus brillante, la totalité du vert produit par hydroponie a été ingéré par l'animal sans refus au contraire nous avons du augmenter la quantité en vert graduellement, mais nous n'avons pas observé de refus dans les mangeoires. Nous pouvons dire que l'apport progressif et complémentaire du vert produit par hydroponie a aidé les chèvres à augmenter leurs poids et leur poil est devenu plus brillant. L'augmentation progressive a permis d'éviter les troubles digestifs car nous n'avons observé aucun problème lié à cela. Le vert produit par hydroponie a comblé les pertes en réserves corporelles des chèvres, par conséquent elles ont pris du poids tout en améliorant la production laitière.

✓ Evaluation des Quantités de lait en fonction de l'aliment donné :

La traite faite chaque dimanche durant toute l'expérimentation, les quantités récoltées par chaque chèvre ont été notées dans les tableaux ci après.

• Quantités de lait récolté pour le lot de chèvre « RS »

Tableau 13 : les traites hebdomadaires du lot « RS »

Numéro des chèvres	1 <sup>ère</sup> semaine (l)	2 <sup>ème</sup> Semaine (l)	3 <sup>ème</sup> semaine (l)	4 <sup>ème</sup> semaine (l)	5 <sup>ème</sup> semaine (l)	6 <sup>ème</sup> semaine (l)
C11	2,2	2	2	1,5	2,5	2,5
C8	1,3	1	1,3	1	1,1	1,2
C9	1,3	1	0,8	1	1,1	1,2
C10	0,5	0,3	0,7	0,5	0,9	0,9
C13	mammite	1,8	1,2	1	1,5	1,5
C12	0,7	0,2	0,5	0,5	0,9	1
C14	0,8	0,5	0,7	1	1	1
<b>Total des traites</b>	6,8	6,8	7,2	6	9	9,3

Concernant les quantités de lait récoltées, on a constaté une stagnation dans la quantité récoltée à la première traite, la même chose pour la deuxième traite bien que la chèvre malade (mammite) était déjà guérie et son lait a été récolté.

A la 3<sup>ème</sup> traite une légère augmentation puis une baisse à nouveau à la 4<sup>ème</sup> traite, puis enfin une augmentation de 3l jusqu'à 3,3l c'est-à-dire 9,3l à la dernière traite. On peut dire qu'il y a fluctuation dans les quantités de lait, la courbe de production n'est pas nettement progressive et ce jusqu'à la 4<sup>ème</sup> traite.

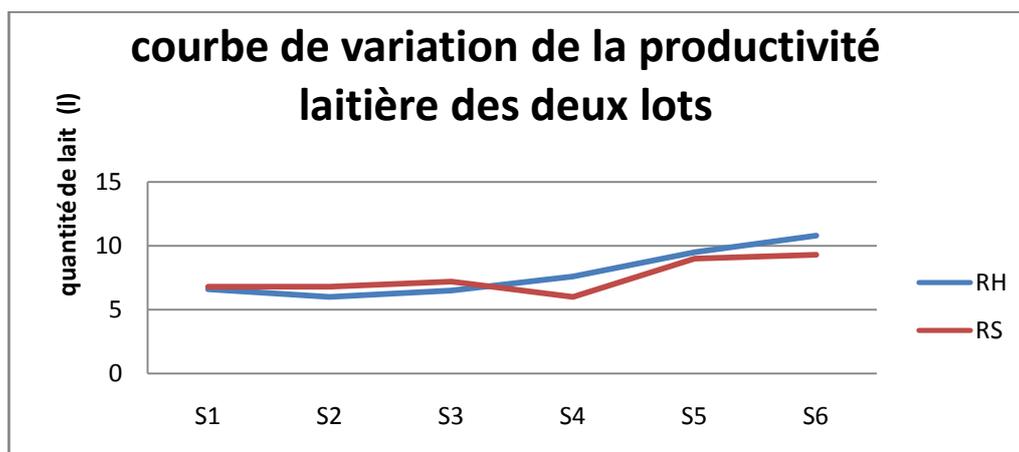
- Quantités de lait récolté pour le lot de chèvre « RH » :

Tableau 14 : les traites hebdomadaires du lot «RH »

Numéro des chèvres	1 <sup>ère</sup> Semaine (l)	2 <sup>ème</sup> semaine (l)	3 <sup>ème</sup> Semaine (l)	4 <sup>ème</sup> semaine (l)	5 <sup>ème</sup> semaine (l)	6 <sup>ème</sup> semaine (l)
C3	1,5	0,6	0,8	0,7	1	2,1
C2	1,6	1,5	1,5	1,3	1,5	1,5
C5	1,4	1,5	1,6	2	2,3	2,5
C1	0,5	0,3	1	1	1,2	1,2
C6	mammite	0,5	0,3	0,8	1	1
C4	0,6	0,7	0,7	0,8	1	1
C7	1	0,9	0,6	1	1,5	1,5
<b>Total des traites</b>	<b>6,6</b>	<b>6</b>	<b>6,5</b>	<b>7,6</b>	<b>9,5</b>	<b>10,8</b>

- ✓ Concernant la production laitière :

Elle a démarré à 6,6 l pour stagner jusqu'à la 3<sup>ème</sup> traite, puis nous avons enregistré une progression durant les trois dernières traites pour enregistrer un pic de 10,8 l.



Graph 1 : variation de la productivité laitière durant la période expérimentale

**ANALYSE STATISTIQUE :**

Nous avons réalisé une analyse statistique avec l'outil stat view en utilisant le test student. Nous avons d'abord calculé la moyenne des traites pour chaque lot.

**Tableau 15 : Résultats des moyennes du lait collecté durant toute l'expérimentation**

<b>Lot « RS » : témoin</b>	<b>Lot « RH » : expérimental</b>
C11 : <b>2,1</b>	C3 : <b>1,04</b>
C08 : <b>1,12</b>	C5 : <b>1,46</b>
C09 : <b>1,02</b>	C1 : <b>1,98</b>
C10 : <b>0,66</b>	C6 : <b>0,94</b>
C13 : <b>1,4</b>	C4 : <b>0,72</b>
C12 : <b>0,62</b>	C7 : <b>0,84</b>
C14 : <b>0,84</b>	C2 : <b>1,1</b>

**Interprétation :**

La plus value bilatérale P est égale à 0,8602.

Si P est supérieur à 0,05 la différence n'est pas significative

La moyenne du lot « T » étant de 1,109

La moyenne du lot « E » étant de 1,154

$P > 0,05$  la différence n'est pas significative, 0,05 étant la limite.

Pour que P soit significatif il faut que :  $P < 0,05$

Pour que P soit hautement significatif :  $P < 0,01$

Pour que P soit très hautement significatif :  $P < 0,001$

Selon l'analyse statistique il n'y a pas de différence significative entre les traites des deux lots de chèvres.

## V.2 Analyses physico chimiques et microbiologiques du lait

### V.2.1 Analyses physico chimiques

Nous avons réalisé les analyses classiques recommandées par la législation Algérienne au sein du laboratoire de COLAITAL Birkhadem Alger.

Cinq analyses ont été faites notamment le taux de matière grasse, l'acidité, la densité, l'extrait sec dégraissé, et le pH. Les trois dernières analyses ont été réalisées au laboratoire de l'ITELV à l'aide d'un appareil automatique appelé : LACTO STAR

Des analyses physico chimiques classiques ont été faites pour l'ensemble de la collecte de lait le lendemain de la traite après avoir conservé le lait à 4°C.

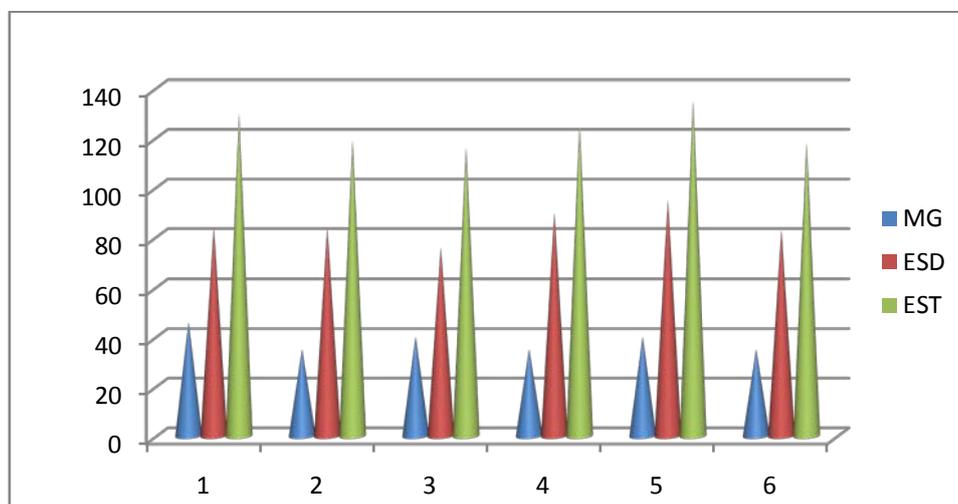
Nous avons regroupé la moyenne de trois répétitions d'analyses dans les tableaux suivants, tableau 15 pour le lot « RH » et le tableau 16 pour le lot « RS »

**Tableau 16 : Analyses physico chimiques du lait de chèvre issu de la ration hydroponique « RH »**

<b>Analyses effectuées</b>	<b>1<sup>ère</sup> sem</b>	<b>2<sup>ème</sup> sem</b>	<b>3<sup>ème</sup> sem</b>	<b>4<sup>ème</sup> Sem</b>	<b>5<sup>ème</sup> Sem</b>	<b>6<sup>ème</sup> Sem</b>
<b>Acidité</b>	17°D	16°D	16°D	16°D	16°D	16°D
<b>Densité</b>	1,029	1,030	1,028	1,028	1,029	1,031
<b>Matière grasse(G/S)</b>	40 g /l	39 g/l	35g /l	37g/l	37 g/l	36 g/l
<b>Extrait sec dégraissé</b>	81 g/l	75 g/l	72g/l	86 g/l	92 g/l	86g /l
<b>Extrait sec total</b>	121 g/l	114g/l	107g/l	129g/l	129g/l	122g/l
<b>PH</b>	6,65	6,65	6,6	6,56	6,57	6,56
<b>Protéines</b>	3,62%	3 ,59%	3,66%	3,65%	3,54%	3,55%
<b>Lactose</b>	5,26%	5,21%	5,32%	5,30%	5,16%	5,16%
<b>Matière minérale</b>	0,84%	0,83%	0,85%	0,88%	0,90%	0,88%

**sem : semaine**

Selon le graphe 2 nous remarquons que l'évolution des cônes est proportionnelle, plus la matière grasse est importante plus l'extrait sec dégraissé et total sont élevés.



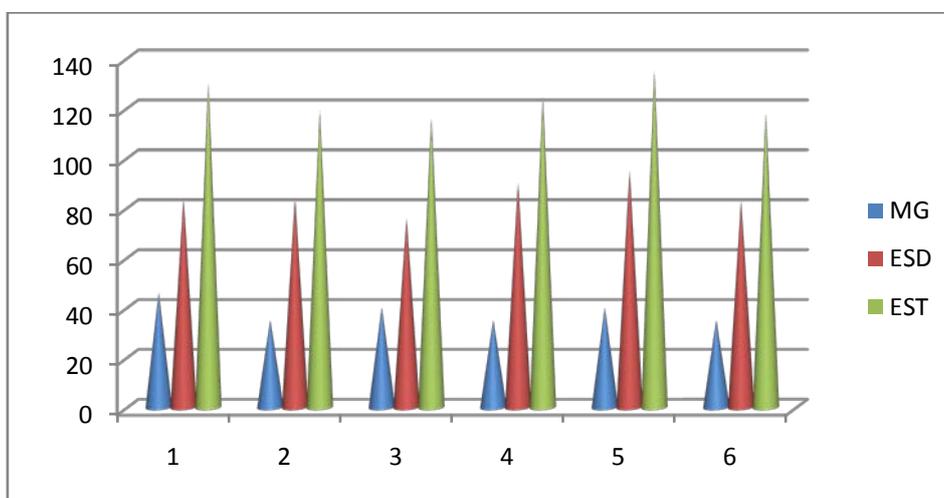
Graph 2 : Comparaison entre MG, ESD et EST : Ration hydroponique

Tableau 17: Analyses physico chimiques du lait de chèvre issu de la ration standard « RS »

Analyses effectuées	1 <sup>ere</sup> sem	2 <sup>eme</sup> sem	3 <sup>eme</sup> sem	4 <sup>eme</sup> sem	5 <sup>eme</sup> sem	6 <sup>eme</sup> sem
Acidité	15°D	15°D	15°D	14°D	15°D	15°D
Densité	1,030	1,030	1,030	1,028	1,029	1,029
Matière grasse(G/S)	46 g /l	35 g/l	40g/l	35g/l	40 g/l	35 g/l
Extrait sec dégraissé	84 g/l	84 g/l	76g/l	90 g/l	95 g/l	83 g/l
Extrait sec total	130g/l	119g/l	116g/l	125g/l	125g/l	118g/l
PH	6,65	6 ,65	6,7	6 ,3	6,59	6,51
Protéines	3,62%	3 ,59%	3,66%	3,65%	3,54%	3,55%
Lactose	5,26%	5,30%	5,22%	5,29%	5,17%	5,40%
Matière minérale	0,71%	0,69%	0,74%	0,84%	0,90%	0,91%

sem : semaine

La même remarque peut être faite pour le deuxième lot de chèvres qui ont pris la ration standard.



Graph 3 : Comparaison entre MG, ESD et EST : Ration standard

- **Acidité titrable**

C'est un paramètre important qui nous renseigne sur l'acidité du lait

Pour le lot de chèvres ayant ingéré la ration avec le vert hydroponique ; L'acidité titrable est comprise entre 16 et 17°D, ces valeurs élevées sont en accord avec celles relevées par (Bennacir, thèse 3<sup>ème</sup> cycle IAV, 1980) la moyenne reste entre l'intervalle 15 à 17°D d'un lait frais.

Pour le deuxième lot ayant pris la ration standard, l'acidité titrable est comprise entre 14 et 15°D.

On remarque que pour RH l'acidité est plus importante que pour RS, l'acidité de RH se rapproche beaucoup plus de celle du lait de vache qui est aux environs de 15 à 16°D.

Cela révèle un bon état sanitaire de ces chèvres de référence du fait que les laiteries donnent la limite d'acceptation des laits à 18°D.

L'augmentation de l'acidité est un indicateur de la qualité de conservation du lait (Cassinello et Pereira, 2001) et ne peut résulter que d'un développement conséquent

de la flore lactique, influencée par le jeu combiné de l'augmentation de la température ainsi que de la durée de conservation du lait.

La valeur de 17°D relevée par les auteurs (Cassinello et Pereira, 2001, Mahmut et al, 2004 et Agnihotri et Rajkumar , 2007) peut être tenue pour acidité caractéristique du lait de chèvre.

- **Le PH (potentiel hydrogène)**

RH : pH compris entre 6,56 et 6,65

RS : pH compris entre 6,30 et 6,70

Le pH du lait de chèvre est compris entre 6,45 et 6,90 selon (Remeuf et al., 1989). Le lait de vache a un pH de 6,6 selon (Remeuf et al., 1989, Le Jaouen et al., 1990). Néanmoins le lait de chèvre en raison d'un polymorphisme génétique important de ses protéines, il se démarque par une variabilité du pH selon le type génétique en question (Moualek, 2009). Un lait qui a un pH supérieur à 6,85 est un lait pathologique (lait de mammite) ou contaminé par des psychrotrophes par exemple *Pseudomonas*. (Larcher, 2012)

- **Le lactose**

Le lait étant un produit sucré naturellement, le lactose est un élément important à mesurer.

Nous pouvons dire que le lait est riche en lactose vu les taux qui ont une moyenne de 52g/l pour la RH et 52,85 g/l pour la RS.

La norme pour le lait de chèvre étant de 47 à 48 g/l nous concluons que ce lait est relativement riche en lactose. Ces résultats sont relativement importants par rapport à d'autres travaux par exemple (Curtis, 1983) qui avance 42 g/l, (Decandia et al., 2007) rapporte une valeur de 43,5g/l de même que (Lefrileux et al., 2009) à 43,3g/l.

Néanmoins, à comparer nos résultats à ceux d'autres travaux, ceux-ci sont relativement proches de ceux de (Cassinello et Pereira 2001) qui rapportent une teneur plus importante à raison de 48,6 g/l.

Le lactose, principal sucre présent dans le lait, substrat de fermentation lactique pour les bactéries lactiques, est dans l'intervalle normal pour un lait cru soit 40- 50 g/l.

- **Teneur en protéines totales**

Paramètre important pour du lait, la fabrication fromagère passe par une étape importante qui est la coagulation, les protéines jouent un rôle important dans ce processus.

RS= 35,4 g/l à 36,5 g/l

RH=35,5 g/l à 37,2 g/l

Nous observons une forte concentration en protéines alors que le lait de vache contient environ 32 g/l (Institut de l'élevage 2003)

Seulement d'autres auteurs ont obtenu des moyennes telles que 34,1g/l (Sawaya et al., 1984) 34,2g/l (Diaz-Carillo et al.,1993) 37g/l (Berger et al., 2004) et 38,4 g/l (Zahraddeen et al.,2007).

Nous pouvons dire que les teneurs en protéines sont bonnes pour obtenir un bon caillé. Nous avons constaté lors de la fabrication du fromage que la coagulation a été relativement rapide ce qui nous a facilité la fabrication du fromage de chèvre frais.

- **La densité**

RH: elle fluctue entre 1,028 et 1,031 et la moyenne est de 1,029.

RS : elle fluctue entre 1,028 et 1,030 et la moyenne est de 1,029.

Les deux laits ont une moyenne de 1,029

- **La matière grasse(G/S)**

RS elle oscille entre 35 et 46 g/l avec une moyenne de 38,5g/l

RH elle oscille entre 35 et 40g/l avec une moyenne de 37,3g/l

Nous remarquons que la matière grasse de la RS est un peu plus élevée que celle de RH il y a une différence de 1,2 g/l. Nous pouvons dire que la différence n'est pas significative cela permet de donner au fromage son goût très prononcé et qui est propre à la chèvre. (Le Jaouen, 1986)

- **Extrait sec dégraissé**

RH : des valeurs allant de 72 g/l à 92g/l avec une moyenne de 82g/l.

RS : des valeurs allant de 76 g/l à 95 g/l avec une moyenne de 85,33 g/l.

Des valeurs nettement inférieures à celles du lait de vache. Le mode de conduite des deux lots (stabulation), l'alimentation sont les principaux facteurs de variation de la production et de la composition du lait (Kouniba et al., 2007). Par contre une valeur minimale de 86g/l a été enregistrée par (Pierre et al., 1998).

- **Extrait sec total**

EST= ESD + MG

D'après le Tableau de Composition du lait de chèvre (en g/l){[www.terredeschèvres.fr](http://www.terredeschèvres.fr)} la composition du lait de chèvre en extrait sec total est comprise entre 116-134 g/l.

Les valeurs obtenues au cours de cet essai sont :

Pour la ration standard les valeurs sont comprises entre 116 et 130 g/l avec une moyenne de 122,16 g/l.

Pour la ration hydroponique les valeurs sont comprises entre 107 et 129 g/l avec une moyenne de 120,33 g/l.

Nous retrouvons au travers de la littérature des valeurs plus importantes et qui correspondent à nos valeurs et qui sont de 100 à 116 g/l rapportées par Raynal-Ljutovac et al., (2008) Zahraddeen et al.,(2007) et Pierre et al., (1998) alors que Cassinello et Pereira (2001) ont enregistré une valeur de 156,5 g/l

- **Matière minérale**

RH= 8,3 g/l et 9g/l la moyenne étant de 8,63 g/l

RS= 6,9 g/l et 9,1 g/l la moyenne étant de 7,98g/l

La norme pour le lait de chèvre étant de 7 à 8g/l nous pouvons dire que ce lait est dans les normes. Quoi que les chèvres qui ont reçu la ration avec herbe hydroponique, leur lait est plus riche en matière minérale.

**V.2.2 Analyses microbiologiques du lait**

Nous avons choisi de faire les analyses microbiologiques classiques au laboratoire de COLAITAL Birkhadem.

Pour l'analyse du lait nous avons fait la recherche de coliformes fécaux, germes totaux, les streptocoques, staphylocoques, et les clostridium sulfite réducteurs (SR). Nous avons regroupé les résultats dans le tableau suivant.

**Tableau 18 : Résultats des analyses microbiologiques du lait de chèvre**

<b>Date</b>	<b>Microorganismes</b>	<b>Ration hydroponique</b>	<b>Ration standard</b>
<b>1<sup>ère</sup> sem</b>	Coliformes fécaux Germes totaux Staphylocoques Clostridium SR Streptocoques	absence absence absence absence absence	9,9 10 <sup>3</sup> absence absence absence absence
<b>2<sup>ème</sup> sem</b>	Coliformes fécaux Germes totaux Staphylocoques Clostridium SR Streptocoques	absence absence absence absence absence	absence absence absence absence absence
<b>3<sup>ème</sup> sem</b>	Coliformes fécaux germes totaux Staphylocoques Clostridium SR Streptocoques	absence absence absence absence absence	absence absence absence absence absence
<b>4<sup>ème</sup> sem</b>	Coliformes fécaux Germes totaux Staphylocoques Clostridium SR Streptocoques	absence 1,6 10 <sup>3</sup> absence absence absence	absence 1,4 10 <sup>2</sup> absence absence absence
<b>5<sup>ème</sup> sem</b>	Coliformes fécaux Germes totaux Staphylocoques Clostridium SR Streptocoques	absence 2,7 10 <sup>4</sup> absence absence absence	absence 5,8 10 <sup>4</sup> absence absence absence
<b>6<sup>ème</sup> sem</b>	Coliformes fécaux Germes totaux Staphylocoques Clostridium SR Streptocoques	1,3 10 <sup>3</sup> 6 10 <sup>4</sup> absence 10 30	2 10 <sup>2</sup> 2,5 10 <sup>5</sup> absence 150 absence

Durant les trois premières traites le lait était indemne de toute contamination ; sauf pour le lait de la ration standard qui a présenté une contamination aux coliformes fécaux.

Selon le journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire n° 35 du 27 mai 1998 : M est le seuil au dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante. M représentant le seuil d'acceptabilité avec  $M = 30$  m pour un dénombrement effectué en milieu liquide.

Nous pouvons dire que le produit est acceptable et que nous pouvons fabriquer du fromage avec du lait cru sans pasteuriser le lait en respectant le procès de fabrication.

A partir de la 4ème traite, le lait est contaminé par des germes totaux pour les deux laits.

Pour les germes totaux m doit être égal à  $10^5$ , dans les deux laits les contaminations sont bien au dessous du seuil de qualité satisfaisante, nous pouvons dire que notre lait de chèvre est de qualité satisfaisante.

Pour les autres micros organismes, il y a absence jusqu'à la quatrième traite. Le lait est resté propre et stable, pourtant la traite a été réalisée manuellement, nous avons essayé de respecter les conditions d'hygiène pour le bon déroulement du travail.

Le lait était ensuite rapidement réfrigéré à  $6^{\circ}\text{C}$ , par contre à la 5ème traite le lait présente des germes totaux entre  $2,7 \cdot 10^4$  et  $5,8 \cdot 10^4$  pour les deux laits c'est-à-dire en dessous du seuil de tolérance qui est de  $m = 10^5$  nous pouvons dire que la qualité du lait est maintenue et le lait est toujours propre à la consommation ou fabrication de fromage même s'il n'est pas pasteurisé.

A la 6ème traite, pour les coliformes fécaux la qualité du lait est satisfaisante et pour les germes totaux la qualité est acceptable.

Concernant les clostridiums nous avons compté 10 colonies dans le lait issu de la ration hydroponique alors que le seuil est de 50.

Dans le lait issu de la ration standard (RS) nous avons compté 150 c'est-à-dire 3 fois la norme tolérée donc le lait de la RS est chargé.

Les streptocoques ont été localisés dans la RH au nombre de 30 alors que la tolérance est de zéro c'est-à-dire absence totale dans 0,1 ml.

Dans l'ensemble on peut dire que le lait de chèvre est de bonne qualité bactériologique sauf pour les dernières traites mais on peut y remédier en pasteurisant le lait à 72°C pendant 15 secondes.

La recherche des micros organismes indicateurs de contaminations fécales permet de juger l'état hygiénique d'un produit même à des niveaux faibles, ils témoigneraient de conditions hygiéniques dégradées lors de la traite manuelle ou au cours du transport.(Badis et *al.*, 2005)

Les teneurs en coliformes fécaux et germes totaux sont inférieurs aux normes en vigueur. Les laits présentent une charge microbienne globale variable et normale, alors que la technique de traite est traditionnelle.

Le taux de streptocoques est en rapport avec l'état de santé des chèvres, l'état de la chèvrerie, les conditions hygiéniques de la traite, de l'ouvrier trayeur et d'éventuelles contaminations au cours des manipulations. (Etude physico-chimique et microbiologique des laits crus, Labioui et *al.*, 2009 )

Les laits crus de chèvre testés présentent une qualité microbiologique relativement bonne et acceptable du point de vue hygiénique.

La présence de Clostridium et streptocoques indique que le lait a été contaminé après la traite et cela peut être corrigé par une simple pasteurisation.

Un lait est considéré comme peu contaminé s'il renferme quelques centaines à quelques milliers de germes par millilitre, un lait fortement pollué peut contenir plusieurs centaines de milliers à plusieurs millions par ml. Dans cette microflore contaminante, les bactéries sont dominantes et conditionnent le plus directement la qualité hygiénique ainsi que l'aptitude à la conservation et à la transformation de la matière première. (Tormo, 2010)

Le lait et la plupart des produits laitiers sont donc des milieux très favorables à leur prolifération rapide. Le développement bactérien s'accompagne de transformations variées du substrat dépendant en particulier de l'activité métabolique propre à la flore dominante.

Une température optimale de croissance existe pour chaque type de micro-organisme, pour les germes psychrotrophes, elle se situe entre 0 et 15°C, pour les mésophiles, elle est de 15 à 35°C, pour les thermophiles de 35 à 45°C.

La flore contaminant le lait possède en général un caractère mésophile dominant ; le refroidissement permet de ralentir la prolifération et les transformations subséquentes du substrat, mais non de les arrêter totalement.

A l'inverse une élévation de la température au-delà de l'optimum de croissance se traduit par une destruction progressive et sélective des germes en fonction de leur thermosensibilité.

La plupart sont détruits par une thermisation inférieure à 65°C et une pasteurisation inférieure à 100°C de 15 à 60 secondes, mais certaines formes sporulées nécessitent une stérilisation de 115°C pendant 10 à 20 minutes.(Bouton et *al.* ,2007)

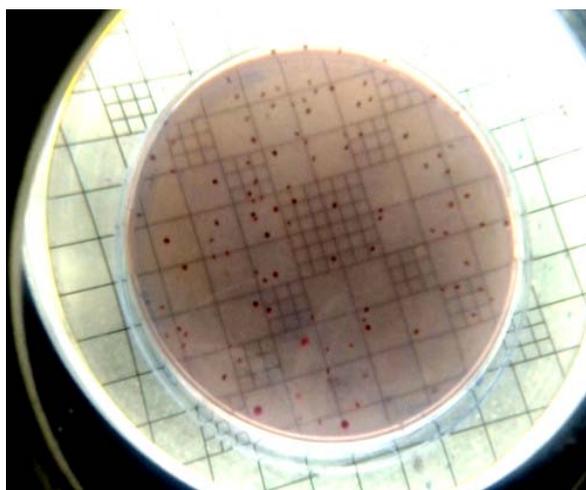


Figure17 : Résultat des germes totaux



Figure18 :Résultats de l'analyse des clostridiiums  
SR

### V.2. 3 Analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles du fromage frais

Le fromage a été fabriqué à la fromagerie de l'ITELV.

Nous avons choisi de fabriquer un fromage simple à base de présure industrielle et de ferments industriels. C'est un fromage frais à base de lait cru réalisé de manière artisanale car les quantités de lait ne sont pas très importantes pour utiliser le pasteurisateur de la fromagerie. Le lait des 4 dernières traites a été utilisé pour connaître l'impact de l'alimentation sur le rendement fromager.

Le lait est chauffé à 35°C puis on lui rajoute les ferments (10 à 20 ml) et la présure ayant une force de 1/10000 à raison de 20 à 30ml. Après coagulation le caillé finement tranché est réduit en petits grumeaux pour évacuer le plus possible de lactosérum et mis dans des moules.

Les moules à fromage sont choisis de même dimension pour avoir des fromages plus ou moins de même taille et même poids. Ils sont remplis à ras bord. Après égouttage total on pèse le fromage pour calculer le rendement fromager.

Une fois le fromage prêt on l'emballage dans du papier sulfurisé prévu à cet effet, mis dans une glacière et acheminé vers le laboratoire de contrôle de qualité pour subir les différentes analyses physico chimiques et microbiologiques.

#### V.3.1 Analyses physico chimiques

- **Matière grasse du fromage de chèvre frais :**

Pour le fromage nous avons choisi d'analyser seulement la matière grasse qui est très importante dans le fromage.

Tableau 19 : Résultat de la matière grasse du fromage

Date	Ration hydroponique (g/l)	Ration standard (g/l)
07/07/2013	28	26
14/07/2013	38	34
21/07/2013	38	33
28/07/2013	38	35

La première fabrication de fromage nous a révélé un fromage maigre dont la matière grasse(G/S) ne dépasse pas les 28% pour les chèvres qui ont pris du vert hydroponique dans leur ration alimentaire.

Nous avons constaté également une augmentation de la matière grasse jusqu'à 38% par contre celles qui ont eu une ration standard sans le vert la matière grasse était de 34% en moyenne. On peut dire alors que le vert joue un grand rôle important dans les constituants du lait. Mais il reste relativement maigre par rapport au fromage fabriqué au lait de vache qui peut aller jusqu'à 45 % de matière grasse et plus.



Figure 19 : Fabrication de fromage de chèvre frais

### V.3.2 Analyses microbiologiques



Figure 20: Prélèvement du fromage par sonde



Figure 21: Prélèvement de fromage pour analyses

Les mêmes analyses effectuées sur le lait ont été pratiquées sur le fromage et on a rajouté le contrôle des levures, des moisissures et des salmonelles.

Les résultats sont réunis dans le tableau suivant.

Tableau 20 : résultats des analyses microbiologiques des fromages

Date	Micro organismes	Ration hydroponique	Ration standard
07/07/2013	Coliformes Coliformes fécaux Staphylocoques Germe totaux Clostridium SR Levures moisissures salmonelles	10 <sup>3</sup> 1,4 10 <sup>2</sup> absence absence absence absence absence absence	absence absence absence absence absence absence absence absence
14/07/2013	Coliformes Coliformes fécaux Staphylocoques Germe totaux Clostridium SR Levures moisissures salmonelles	1 10 <sup>2</sup> 1,2 10 <sup>2</sup> absence non den absence absence absence absence	absence absence absence non den. absence absence absence absence
22/07/2013	Coliformes Coliformes fécaux Staphylocoques Germe totaux Clostridium SR Levures moisissures salmonelles	non den 1,3 10 <sup>2</sup> absence 5 10 <sup>3</sup> absence absence absence absence	non den. non den. absence 10 <sup>2</sup> absence absence absence absence
28/07/2013	Coliformes Coliformes fécaux Staphylocoques Germe totaux Clostridium SR Levures moisissures salmonelles	217 10 <sup>3</sup> 25 10 <sup>3</sup> absence 155 10 <sup>5</sup> 230 absence absence absence	31 10 <sup>3</sup> 1 10 <sup>3</sup> absence 163 10 <sup>5</sup> 140 absence absence absence

La première fabrication de fromage est indemne de contaminations ou alors elles ne sont pas significatives car elles sont au dessous du seuil de tolérance pour les deux laits.

A partir de la deuxième fabrication, nous avons constaté que les germes totaux sont indénombrables plusieurs hypothèses peuvent être émises, la contamination s'est faite soit à la chèvrerie au cours de la traite ou après la traite (Transvasement du seau mesureur vers le seau de conservation du lait).

Soit à la fromagerie, le matériel de fabrication peut être à l'origine de contaminations, il doit être parfaitement propre et indemne de toute contamination susceptible d'être transmise au fromage.



**Figure 22:Résultat d'analyse des coliformes fécaux**

A la troisième fabrication de fromage on constate un nombre important de coliformes indénombrables. Les coliformes fécaux sont aussi importants que les germes totaux par contre nous enregistrons une absence totale de clostridium SR, levures et moisissures et salmonelles. Nous pouvons dire que si le lait était pasteurisé, sa qualité bactériologique aurait été meilleure. Par mesure de sécurité ce fromage ne peut être consommé, les micro organismes présents confirment donc un défaut d'hygiène.

### V.3.3 Le rendement fromager

Nous avons pesé tous les fromages et noté leur poids total dans le tableau suivant.

Tableau 21 : rendement fromager

<b>Date de fabrication</b>	<b>Fromage de la ration standard « RS » kg</b>	<b>Fromage de la ration hydroponique «RH » Kg</b>
<b>07/07</b>	1,268	1,072
<b>14/07</b>	1,076	1,146
<b>21/07</b>	0,978	1,427
<b>28/07</b>	1,012	1,635
<b>Total (kg)</b>	4,334	5,280

On constate que le poids des fromages fabriqués avec du lait issu de la ration hydroponique est plus élevé que celui de la ration standard.

Les quantités produites sont de 4,334 kg pour la ration standard et 5,280 kg pour la ration hydroponique nous pouvons dire vu que la quantité de lait a augmenté pour le lot qui a consommé le vert hydroponique, par conséquent le rendement fromager suit automatiquement. Entre les deux lots nous observons une différence de presque un kilogramme.

Formule pour calculer le rendement fromager :

Le rendement réel (Rr) fromager = poids du fromage obtenu/volume du lait x100 = kg/100l.

### **Pour la ration standard « RS »**

$$Rr = 4,334 / 31,5 = 0,13 \times 100 = 13\text{kg}/100\text{l}$$

### **Pour la ration hydroponique « RH »**

$$Rr = 5,280/344 = 0,15 \times 100 = 15\text{kg}/100\text{l}$$

L'ordre de moyenne pour un rendement fromager est de 22 à 23 kg pour 100l de lait pour le fromage de vache, concernant le fromage de chèvre le rendement est moindre il varie entre 18 et 20 kg pour 100l de lait. Nos résultats sont plus faibles mais toutefois le rendement fromager issu du lait provenant des chèvres qui ont reçu la ration hydroponique est plus élevé.

Nous avons noté un écart de deux kilogrammes entre les deux rendements fromagers et sur des quantités laitières plus importantes cela pourrait s'améliorer jusqu'à obtenir un rendement plus important. Ceci est un essai, seulement un fromager doit absolument améliorer son rendement fromager et éviter les pertes pour être rentable sinon la production fromagère sera produite à perte.

### **V.3.4 Les analyses sensorielles**

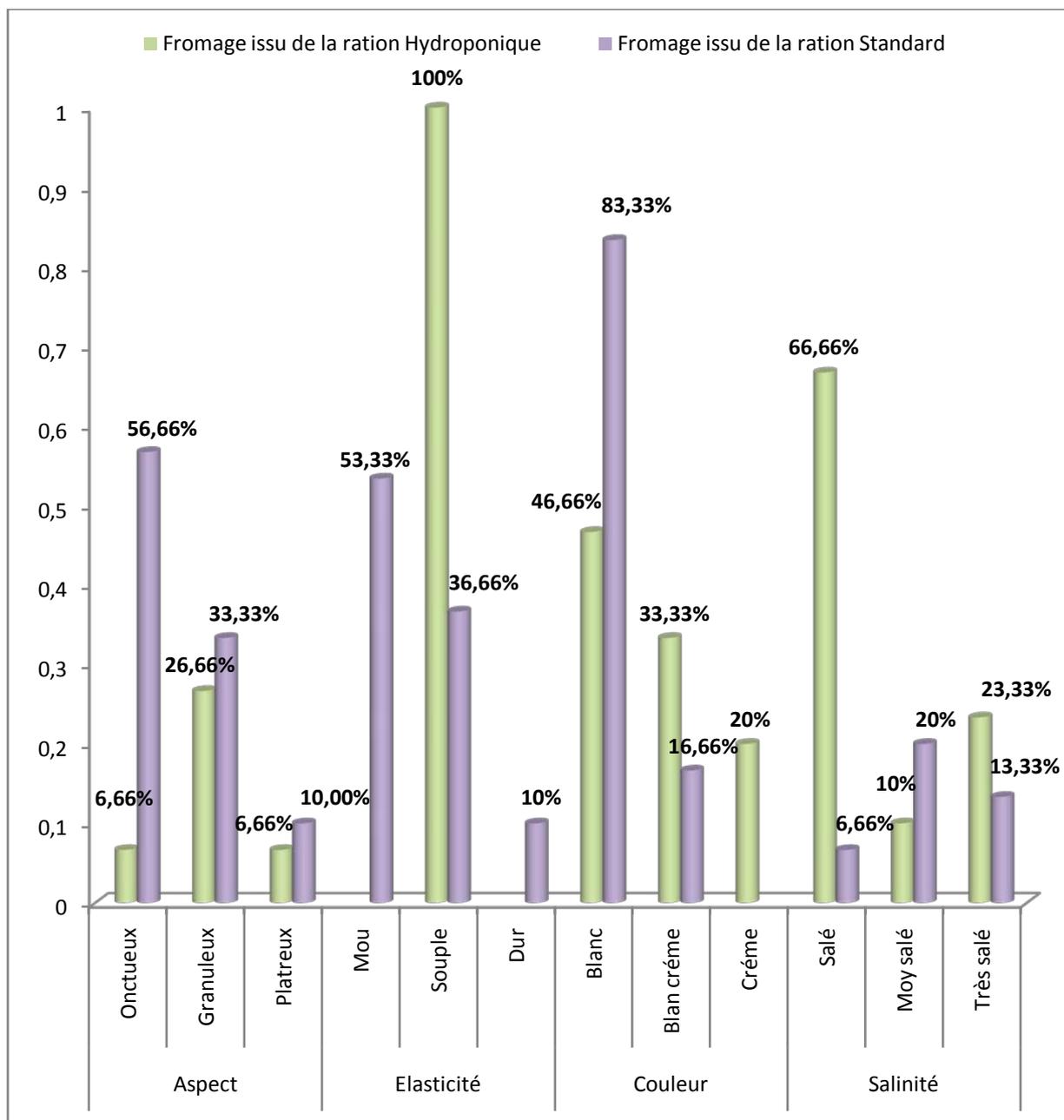
Une fiche de dégustation a été établie en prenant en considération la description de la pâte, du goût, de la sensation en bouche et de l'odeur avec des observations générales de chacun.

Ces fiches ont été distribuées aux collègues de l'ITELV qui m'ont donné leur avis concernant les deux fromages de chèvre frais.

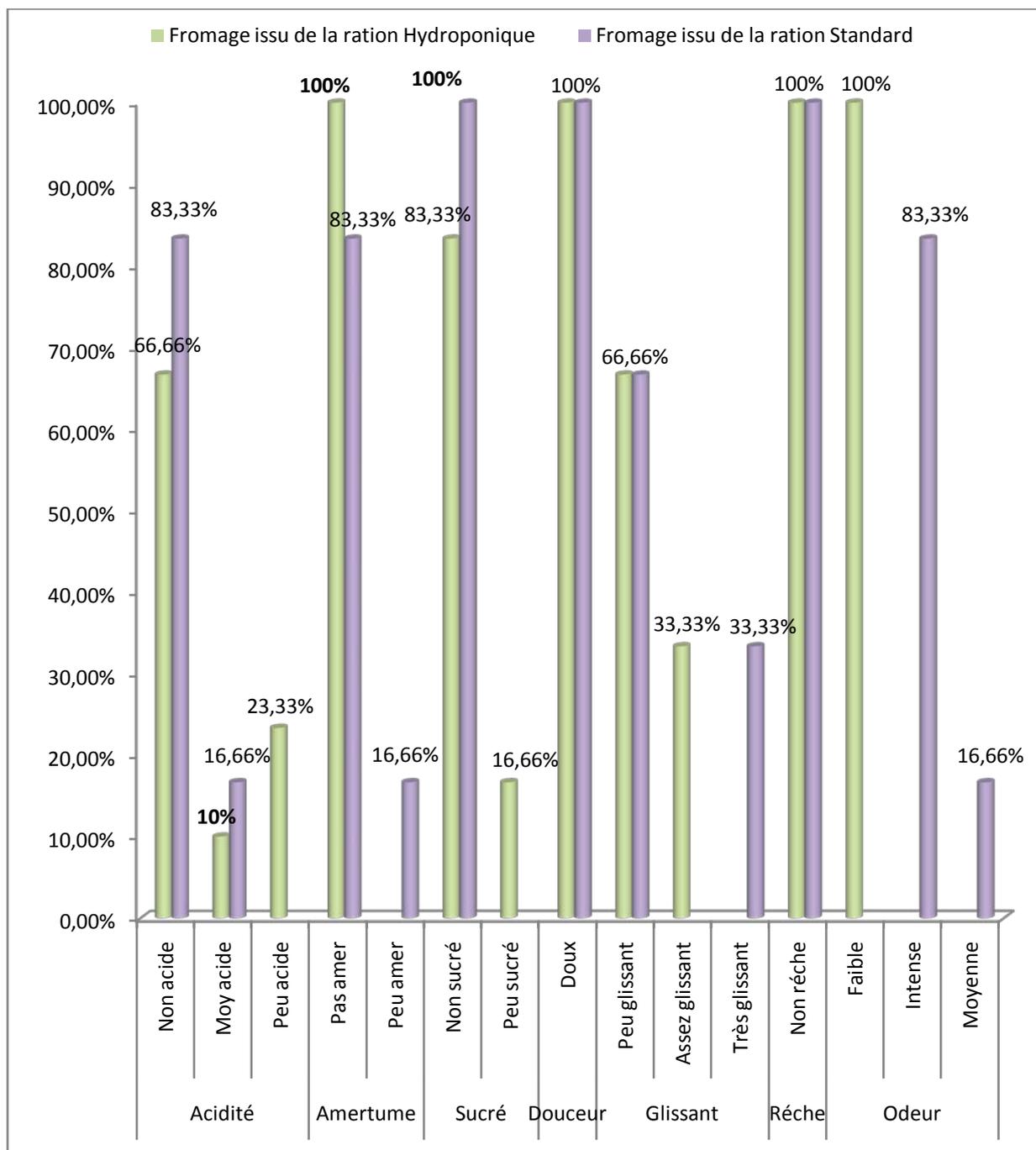
Une correspondance de l'échelle de dégustation a été établie et tous les aspects ont été notés de 0 à 4. (Voir annexe)

En comparant les deux fromages :

Nous avons sollicité 30 personnes parmi les collègues travaillant à l'ITELV pour déguster les deux fromages fabriqués à la fromagerie de l'institut. Les fromages ont été présentés anonymement, prédécoupés en petites parts et les fiches de dégustation ont été dûment remplies par les dégustateurs.



Graph 4 : Histogramme de comparaison sensorielle entre les deux fromages (Aspect, Elasticité, Couleur, Salinité)



Graph 5 : Histogramme de comparaison sensorielle entre les deux fromages (Acidité, Amertume, Sucré, Douceur, Glissant, Rêche, Odeur)

Pour bien représenter ces résultats nous les avons convertis en pourcentages et présentés sous forme d'histogrammes pour comparer les deux fromages frais.

Le fromage issu du lait de la ration avec vert hydroponique « RH » est plus onctueux, plus granuleux, moins plâtreux, son aspect est donc meilleur, il est plus souple, sa couleur tend du blanc vers le blanc crème. La salaison ayant été faite à la main, ils sont tous les deux salés.

L'acidité n'a pas été détectée pour les deux fromages. Concernant l'amertume, le fromage issu de la ration hydroponique n'est pas du tout amer par contre le deuxième fromage est peu amer.

Son gout sucré est à peine perceptible mais sa douceur est unanime, ils sont peu à assez glissant au toucher et pas du tout rêches.

Concernant l'odeur le fromage « RH » n'a pas du tout d'odeur par contre l'odeur du chèvre est perceptible et intense pour le fromage « RS »

Nous pouvons dire alors que le vert contribue de manière significative à l'obtention d'un fromage de chèvre qui a du caractère.

Le vert tient une place importante dans l'élaboration d'une ration alimentaire, vu son impact direct sur la production et la qualité du lait impliquant ainsi un fromage de meilleure qualité organoleptique.

On constate que le fromage issu du lait collecté des chèvres ayant pris la ration « RH », est meilleur car il est plus souple, plus onctueux, sa couleur tend vers le blanc crème, sa salinité est moyenne, il n'est pas amer, non acide à moyennement acide, moyennement salé, non sucré, par contre il est doux assez glissant, pas rêche du tout et son odeur est faible.

Par contre l'odeur du fromage issu de la « RS » est caractéristique du chèvre, elle est assez forte et même intense. A comparer avec un fromage fait avec du lait de vache, on peut dire qu'il est plus blanc car le lait de chèvre est dépourvu de caroténoïdes qui donnent l'aspect crémeux au fromage.

## Conclusion générale et perspectives

A travers cet essai, nous avons essayé de démontrer que l'alimentation a un impact important sur la production laitière et par conséquent sur le rendement fromager.

Nous avons travaillé certes avec très peu d'effectifs, des lots hétérogènes, et des chèvres qui ne sont pas de très bonnes productrices laitières, nous ne connaissions pas les âges des chèvres ni leurs stades de lactation. Mais cela ne nous a pas empêché de démontrer qu'avec une bonne ration alimentaire, un suivi régulier, des conditions hygiéniques acceptables, nous avons pu obtenir un bon lait sain du point de vue bactériologique, une bonne production, ce qui nous a donné un bon rendement fromager.

L'alimentation de la chèvre vise à obtenir une production optimale de lait. Il faut donc adapter l'alimentation à son cycle de production. (Gestation, lactation, qui se termine par le tarissement). (Kesin et *al.*, 2004 et Agnihotri et Rajkumar 2007)

De cette façon, on comble adéquatement ses besoins nutritionnels et on évite l'épuisement de ses réserves corporelles en début de lactation.

Nous pouvons dire que le vert hydroponique a aidé à améliorer la production laitière, cela pourrait être une solution pour les éleveurs en hors sol, surtout ceux qui sont situés dans le sud du pays où le vert est très rare.

La contamination du lait et du fromage peut être l'œuvre de germes dangereux pour la santé du consommateur.

Ainsi *staphylococcus Aureus* peut produire des entérotoxines dont l'ingestion provoque des vomissements, souvent accompagnés de diarrhées, *Salmonella* peut provoquer les mêmes symptômes, caractéristiques d'une toxoinfection alimentaire, ainsi qu'*Escherichia Coli*, *Listéria Monocytogenes* peut provoquer la listériose qui atteint préférentiellement la femme enceinte (avortement) (Sawaya et *al.* , 1984b)

Outre ces quatre bactéries pathogènes classiquement recherchées en contrôle qualité, le lait est susceptible de contenir d'autres micro-organismes potentiellement pathogènes par rapport au *Campylobacter Jejuni*, *Yersinia Enterocolitica*, *Bacillus Cereus* ou *Aspergillus* (production de mycotoxines).

La raison la plus fréquente de la contamination par le lait est l'utilisation du lait cru (Barrett, 1986 ., Harris et *al.*, 1987 ; Gross et *al.*, 1988). Il faut noter que ce risque est de plus en plus pris en compte par les éleveurs et les transformateurs et qu'il est

possible techniquement de le réduire, en fait, il est concevable que l'effet bénéfique du lait de chèvre sur la croissance de l'enfant soit en partie lié à l'effort important pour réduire les risques de contamination. (Article : valeur nutritionnelle du lait de chèvre, Desjeux)

Des résultats plus probants peuvent éventuellement être obtenus si les conditions d'expérimentation sont réunies, un lot de chèvres plus important, des chèvres de même race avec des âges plus ou moins homogènes, au même stade de lactation, avec une ration journalière calculée selon leurs poids.

Si nous voulons utiliser du lait cru pour fabriquer du fromage frais, il faut instaurer une politique de qualité avec une vulgarisation des bonnes pratiques d'élevage et veiller à la salubrité des étables et la propreté des animaux, leur environnement immédiat et réaliser la traite proprement dans de bonnes conditions. (Serham, 2008)

Ainsi le lait de chèvre peut contribuer à l'augmentation de la production laitière, qui est un problème très important en Algérie.

Il faut donc réintroduire le lait de chèvre dans les habitudes alimentaires, encourager la production du fromage de chèvre de manière artisanale, retrouver le bon goût du djben dans la région d'Alger, kemmaria dans la région de Ghardaia , la tomme de Kabylie qui est fabriquée par les éleveurs de la région et le fromage Bouhezza du constantinois, qui a fait l'objet de sujet de thèse à l'université de Constantine.

Il serait intéressant de former les éleveurs pour une bonne conduite d'élevage caprin, encourager la production du lait pour alléger la facture d'importation laitière et favoriser la production du fromage de chèvre.

## Références bibliographiques

### **AFNOR (1993)**

Contrôle de la qualité des produits alimentaires : lait et produits laitiers :  
Analyses physico-chimiques. Paris la Défense

**AGNIHOTRI, M.K et RAJKUMAR V. (2007)** Effect of breed and stage of lactation on milk composition of western region goats of India. International journal of dairy Science, 2: 172-177.

### **ALAIS, C., (1984)**

Science du lait, principes des techniques laitières

### **Anonyme, B.,(1998)**

Guide National des bonnes pratiques en production Fromagère Fermière, 2<sup>ème</sup> édition, Document de formation pour la fédération Nationale des éleveurs de chèvres, la Fédération Nationale des producteurs de Lait et la Fédération Nationale Ovine .

### **BADIS, A., LAOUABDIA-SELLAMI, N., GUETARNI, D., KIHAL, M et OUZROUT, R., (2005)**

Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir du lait cru de chèvres de deux populations caprines locales « ARABIA et KABYLE »

### **BARRETT , N. J., (1986) ., HARRIS, N.V., KIMBALL ,T. J., BENNETT, P., JOHNSON, Y. U., WAKELY, D., NOLAN, GROSS et al,(1988).**

Cours sur le lait et les produits laitiers, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

### **BENNACIR, M., (1980)**

Contribution à l'étude de la qualité chimique et bactériologique de laits des centres de collecte du gharb. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle IAV, p 72-75.

### **Berger,T., BUTIKOFER, U., REH, C.H.et ECKHART,J.(2004)**

Lait. Manuel Suisse des denrées alimentaires, 1, 1-4.

### **BRUGERE, H., (2003)**

Cours sur le lait et les produits laitiers, école nationale vétérinaire de Toulouse 2003.

### **BRULE, G., (1987)**

les minéraux In : CEPIL Le lait matière première de l'industrie laitière .CEPIL-INRA, Paris.

**BOUTON, Y ., TESSIER,T.,GUYOT ,T. P.,BEUVIER, E., (2005)**

Relation entre les pratiques des producteurs et les niveaux de populations microbiennes des laits à Comté. 12<sup>ème</sup> Rencontres-Recherches-Ruminants.Institut de l'élevage- INRA, Paris

**BOUTON, Y., GUYOT, P., VACHEYROU, M., NORMAND, A.C., PIARROUX, R., BEUVIER, E., (2007)**

Etude des flux bactériens dans les étables de production laitière de Franche – Comté. Exemple des LHF. 15<sup>ème</sup> colloque du club des bactéries lactiques. Rennes

**CASSINELLO, J., et PEREIRA, S.,( 2001)**

La qualité du lait et du fromage dans cinq exploitations caprines de la serra do Calideirao CIHEAM, option Méditerranéennes série A, Séminaires Méditerranéens, 46-157-161.

**CORCY, J.C., (1991)**

La chèvre, Edition La Maison Rustique.

**CURTIS, W, RICHARDSON., (1983)**

Let's compare dairy goats and cows. Bulletin of OKLAHOMA State University, 424,1-4

**DECANDIA,M., CABIDDOU,A., MOLLE,G., BRANCA,A ., EPIFANI,G ., PINTUS,S ., TRAVERA,F., PIREDDA,G., PINNA,G., et ADDIS,M. (2007)**

Effect of different feeding systems on fatty acid coposition and volatile compound content in goat milk. CIHEAM, Options méditerranéennes, serie A, 74, 129-134.

**DEMARQUILLY et ANDRIEU (1988)., CORCY., J C(1991)**

Les fourrages. In : Jarrige R. Ed, Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 315-335

**DEFLEURS, M., DESMAZEAUD, M., HARDY, J., SOUVERAIN, R., (1985)**

Les auxilliaires technologiques. In Luquet F M, Laits et produits laitiersVol 2. Lavoisier TEC& DOC, Paris.

**DESJEUX, J. F., (1993)**

valeur nutritionnelle du lait de chèvre.

**DEVOYOD, J.J., POUILLAIN, F., (1988)**

Le Lait vol 68 issue 3, p 249-279

**DIAZ.CARILLO, E., MUNOZ-SERRANO, A., A-MORAGAA, S., MANRIQUE, J M., (1993)**

Near Infrared Calibration for goats milk components: protein total, casein  $\alpha$  S and k caseines fat and lactose. Journal of near infrared spectroscopy 1-141-146

**DIAZ, J., CASTRO., (2007)**

Département de physiologie de l'université de grenade : démonstration du bénéfice du lait de chèvre sur la santé humaine par rapport au lait de vache.

**DROGOUL, C., (1998) CORCY, J.C., (1991) GERMAIN, H**

Santé animale ovin, bovin, caprin, 1<sup>ère</sup> édition .Edition Educagri, 43-53

**EURIAL INTERNATIONAL.COM**

Histoire du fromage de chèvre.www

**GERIKE., (1930) GROSS, E.M., WEIZMAN, Z., PICARD ,E., MATES, A.,**

**SHEIMAN, R., PLATZNER, N., WOLF, A., (1988)**

Milk-borne gastroenteritic due to staphylococcus aureus, enterotoxin B from a goat with mastifis.

**GUEGEN, 1997.**

Composition minérale moyenne du lait de chèvre. In Meschy, F., 2000. Alimentation de la chèvre. Quoi de neuf ? Chèvre, 238, 33

**GUIDE PRATIQUE DE L'ELEVAGE (ITELV)**

Fabrication artisanale du fromage de chèvre

**HARRIS, NV. KIMBALL,T., BENNETT, P., JOHNSON,Y.U.,**

**WAKELY,D.,NOLAN,C.M., (1987)**

Campylobacter Jejuni enteritis, associated with raw goat's milk. Am J Epidemiol 126, 179-186.

**IMRAN.,(2008) DRACKOVA .,(2008) REMEUF., (2001)**

Physico chemical characteristic of various milk samples available in Pakistan, Journal of Jhejgan University Science B.

**INSTITUT DE L'ELEVAGE,( 2003).**

**JARRIGE, R., DULPHY, JP., FAVERDIN,P., BAUMONT, R et**

**DEMARQUILLY, C., (1995)**

**JARRIGE, R., RUCKEBUSCH, Y., DEMARQUILLY, C., FARCE, M-H et**

**JOURNET, M ., (1988)**

Activités d'ingestion et de rumination. Nutrition des ruminants domestiques, INRA : 123-181

**JAUBERT., (1997)**

Les vitamines et les nucléotides du lait de chèvre, Intérêt nutritionnel et diététique du lait de chèvre.

## **JOAN°35 DU 27 MAI (1998)**

### **KESIN, M., KEMAL, Y., et BICER, O., (2004) et AGNIHOTRI et RAJKUMAR., (2007)**

A comparative study of milk yield and milk composition of two different goat genotype under the climate of eastern Méditerranéan, Turkish Journal of Veterinary, and animal science, 28, 531-536.

### **KOUNIBA, A., BERRADA, M ET EL MARAKCHI, A., (2007)**

Etude comparative de la composition chimique du lait de chèvre de la race locale Marocaine et la race alpine et évaluation de leur aptitude fromagère. Revue de Médecine.

### **LABIOUI H, L., EL MOUALDI, A., BENZAKOUR, M., EL YACHIOUI, E., BERNY, M., OUHSSINE., (2009)**

Etude physico chimique et microbiologique de laits crus.

### **LAGRANGE., (1995)**

Mise en pratique de la méthode « HACCP » en élevage caprin laitier afin de garantir la qualité du lait : l'exemple des laiteries Triballat Th ., Med : Alfort

### **LARCHER, I ., (2012)**

Les cahiers techniques d'Actilait N°1. (29 La fabrication fromagère fermière).

### **LE FRILEUX, RAYNAUD, S., MORGE, S., BARRAL, J., GAUZERE, Y., POUTART, E. et LAITHIER, C., (2009)**

Influence de deux systèmes d'alimentation sur la production et la composition du lait de chèvre hautes productrices et incidence technologiques en fabrication fermière lactique. Rencontre, Recherche, Ruminant, 16, 139-142.

### **LE JAOUEN (1986)., MORRISSE ., (1995)**

Institut technique de l'élevage, (2003)

### **LE JAOUEN, J.C ., (1986)**

Composition du lait et de nombreux facteurs, La chèvre, Données sur le lait de chèvre et les fabrications des produits laitiers caprins XXIII International Dairy Congress, octobre 8-12 Montréal Québec

### **MADR, (2012)**

(Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural statistiques 2012)

### **MAHMUT, K. , AVSAR, Y.K et BICER, O (2004)**

A comparative study on the milk yield and milk composition of two different goat genotypes under the climate of eastern Méditerranéan, Turkish Journal of Veterinary and animal science, 28, 531-536.

**MESCHY., (2002)**

Elements minéraux majeurs : données récentes chez les caprins. INRA  
Production animale. 15, 267-271.

**MORAND et SAUVANT., (1988), JARRIGE.,(1988), VERMOREL .,(1988)**

Alimentation des caprins In : Jarrige R., Alimentation des bovins, ovins et  
caprins. INRA, 281-304.

**MOREAU., (1983)**

Quelques problèmes posés par les moisissures dans les industries laitières.  
Technologies du lait.

**MORRISSEY, P., (1995)**

Lactose; chemical and physiochemical properties, In: Fox, PF. Developments in  
dairy chemistry 3- Elsevier, London

**MOUALEK, I., (2011)**

Caractérisation du lait de chèvre collecté localement : Séparations  
chromatographiques et contrôle électrophorétiques des protéines.

**PIERRE, A., LE QERC, J. L., RIANBLANC, A.Y., LE GRAET, D., ZEREA  
MIDEL , F., (1998)**

Composition and physico-chemical characteristics of goat milks containing the  
A or O  $\alpha$ S1 Casein variants. Lait 78,191-202.

**RAYNAL-LJUTOVAC., LAGRIFFOUL, G., PACCARD, P., GUILLET, I et  
CHILLIARD, Y.,(2008)**

Composition of goat and sheep milk products: an update, small ruminant  
research.

**REMEUF, F., COSSIN, V., DERVIN, C., LENOIR, J., TOMASSONE, R., (1991)**

Relations entre les caractères physico-chimiques des laits et leur aptitude  
fromagère. Le lait. 71,397-421.

**RICHARD., (1987)**

Indicator organisms of the microbial-contamination of the milk at farm. sciences  
des aliments . 5, 9-12.

**ROUDJ, S., BESSADAT, A et KARAM, N E.,(2005)**

Caractérisation physico chimiques et analyse électrophorétique des protéines  
du lait de chèvre et du lait de vache de l'ouest Algérien.

**SAUVANT, D., MORAND-FEHR, P., GIGER-REVERDIN, S., (1991)**

Dry matter intake of adult goats. In: Morand-Fehr

**SAUVANT, MICHALET-DOREAU .,(1988), CORCY., (1991), GERICKE., (1930)**

Influence of the degree of dietary fatty acid unsaturation on rumen fermentation parameters INRA- INA Paris.

**SAWAYA, W.N., KHALIL, J.K et SHALHAT, A.F., (1984a)**

Mineral and vitamin content of goat's milk. Journal of American Diet association 433-435

**SAWAYA, W.N., SAFI, W. J., AL-SHAHAT, A.F., et AL-MOHAMMAD, M.M., (1984b)**

Chemical composition and nutritive value of goat milk Journal of Dairy Sciences 67, 1655-1659.

**SERHAM, M.,(2008) thèse doctorale**

Valorisation durable des laits de chèvre de la région du nord LIBAN, transformation en fromage DARFIYEH et établissement de caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques en vue de la création d'une appellation d'origine

**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)

**TORMO, H.,(2010) thèse doctorale**

Diversité des flores microbiennes des laits crus de chèvre et facteurs de variabilité.

**TOSI., (2000), VAN OUIRIVE., (2004)**

La réglementation hygiénique et sanitaire des produits au lait cru.

**UFA., (2013)**

Alimentation des chèvres en cours de lactation

**VERMOREL ., WOLTER.,(1988)**

Alimentation vitaminique In: Jarrige R. ed, Alimentation des bovins, ovins et caprins, 113-120

**ZAHRADEEN ET al. (2007)**

Evolution of some factors affecting milk composition of indigenous goat in Nigeria. Livestock Research for rural Développement.

**ZELLER, B.,(2005)**

Le fromage de chèvre : spécificités technologiques et économiques, Université Paul Sabatier TOULOUSE.

## ANNEXE :

### Fiche de dégustation

Nom : .....

Prénom : .....

Numéro de panéliste :.....

Type de produit : fromage frais à base de lait de chèvre.

Description de la pâte :	
Aspect :.....	0 1 2 3 4.
Elasticité de la pâte .....	0 1 2 3 4.
Couleur de la pâte.....	0 1 2 3 4.

Description du goût :	
Salinité.....	0 1 2 3 4
Acidité.....	0 1 2 3 4
Amertume.....	0 1 2 3 4
sucré.....	0 1 2 3 4

Description de la sensation en bouche	
douceur.....	0 1 2 3 4
piquant.....	0 1 2 3 4
glissant.....	0 1 2 3 4
rêche.....	0 1 2 3 4

Description de l'odeur :	
Odeur.....	0 1 2 3 4

Observations générales :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Correspondances de l'échelle de dégustation

Paramètres	0	1	2	3	4
<b>Aspect</b>	Granuleux	Plâtreux	Coulant	Croutage	Onctueux
<b>Couleur de la pâte</b>	Blanc	Blanc crème	Ivoire	Crème	Ivoire foncé
<b>Elasticité de la pâte</b>	Mou	Dur	Souple	Friable	Cassant
<b>Salinité</b>	Non salé	Peu salé	Moyenne	Salé	Très salé
<b>Acidité</b>	Non acide	Peu acide	Moyenne	Acide	Très acide
<b>sucré</b>	non sucré	Peu sucré	moyenne	Sucré	Très sucré
<b>Amertume</b>	Pas amer	Peu amer	Moyenne	Amer	Très amer
<b>Odeur</b>	Très faible	Faible	Moyenne	Intense	Très intense