



République Algérienne Démocratique et Populaire  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Université de Ziane Achour de Djelfa  
جامعة زيان عاشور الجلفة  
Faculté Des Sciences de la Nature et de la Vie  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
Département d'Agropastoralisme  
دائرة العلوم الفلاحية

*Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme  
d'ingénieur d'état en Agropastoralisme*

Thème

Etude comparative des rendements fromagers du lait des chèvres :  
« Arbia et Makatia » obtenus par trois voies de coagulation : voie  
enzymatique : présure animal et végétal (Cynara cardunculus) , par voie  
acide (acide lactique) et par voie mixte.

Réalisée par :

\*Dif Rabia

\*Kheiri Soumia

Membre de jurée :

Mr Adeli B.

Maitre assistant (A) .....Président.

Mr Hamidi M.

Maitreassistant(A).....Examinateur.

M<sup>elle</sup> Amraoui S.

Maitre assistant(B).....Examinatrice.

M<sup>me</sup> Benlahrech Lahrech A.

Maitre assistant (A)..... Promotrice.

2012\*2013

# Dédicace

*Alhamd li Allah (merci mon dieu) de m'avoir donné la capacité  
d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller  
jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et  
de dire " Ya Allah"*

*je dédie ce modeste travail à mon père Abd Elhak, école de mon  
enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et  
qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner  
l'aide et à me protéger.*

*A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée  
pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère Amel*

*Qui dieu les gardes et les protèges.*

*A mes adorables sœurs : Embarka, Aïcha Chiraz, Hanou Nourhan.*

*A mon petit frère : Lokman Diaa Elhak.*

*A mes grands mère : Hania et Dhia*

*A l'esprit de mes grands père : Ameer et Elhaj*

*A tous ma famille*

*A tous ceux qui me sont chères : Amel, Amina, Amina, Asmaa,  
Asma, Djamila, Djamila, Fatna, Fatima, Friha, Houda, Iman,  
Karima, Malika, Sara, Zahia, Zahra, Zineb.....*

*A mes amies d'étude : Fatma, Fatiha, khadouj, Laïla, Hadil, Hadda,  
souhir .....*

*A toute la promotion d'agro pastoralisme 2008\*2013*

# *Dédicace*

*Alhamd li Allah ( merci mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire*

*“ ya Allah”*

*A mon père mon professeur de toujours k.abd Alhamide, et ma très chère mère k.kheira Pour leurs soutien et encouragements.*

*A mes proches et toute ma famille.*

*A mes amis et tous les gens qui m'aiment.*

*A tous ceux qui sont proches de mon cœur*

*Au bonheur des plus chers.*

*Je dédie ce modeste travail.*

## Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur M<sup>elle</sup> Lahrach A. Maitre assistante A. à la faculté des sciences de la Nature et de la Vie a son précieux conseils et son aide durant toute la période du travail. Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury Mr ..... maitre assistant..... et Mr .....Maitre assistant..... pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Une remerciement très chaleureusement à l'oncle Mohammed et la tante Meriem

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nos ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.



Merci

## Sommaire

<b>Introduction.....</b>	<b>06</b>
<b>Partie bibliographique</b>	
<b>Chapitre 01 : aperçu générale sur l'élevage des caprins</b>	
1. Aperçu générale sur les caprins dans le monde.....	08
2. La production caprine en Algérie .....	09
3. Effectif.....	10
4. Répartition.....	11
5. Les races caprines .....	11
<b>5-1. La race ARBIA .....</b>	<b>12</b>
<b>5-2. La Race Makatia.....</b>	<b>12</b>
<b>5.3. Race Kabyle .....</b>	<b>13</b>
<b>5-4. Race m'Zab .....</b>	<b>14</b>
<b>Chapitre 02 : Le lait de chèvre</b>	
1. Lait de chèvre.....	15
1.1- Les caractéristiques physico-chimiques de lait de chèvre.....	15
1.2- Principaux constituants du lait de chèvre.....	16
2- Les facteurs de variation de qualité de lait .....	20
2.1- Facteurs liés à l'animal .....	20
2.2. Facteurs liés à l'alimentation.....	21
3. Facteur de variation de quantité de lait.....	21
3.1. Facteur liées a l'animal .....	21
3.2. Facteurs liées aux conditions d'élevage .....	22
<b>Chapitre 03 : Les techniques du fromage</b>	
1. Définition de fromage .....	23
2. Classification des fromages .....	23
3. La fabrication de fromage .....	23
3.1. La micelle de caséine .....	24
3.2. Coagulations .....	25
3.2.1. Coagulation enzymatique du lait .....	25
3.2.2. Coagulation par acidification .....	26
3.2.3. Coagulation mixte .....	27
4. Les principaux enzymes coagulants le lait .....	27

4.1. Les enzymes d'origine animale .....	27
4.2. Les enzymes d'origine végétale .....	28
<b>Partie expérimentale</b>	
<b>Chapitre 01 : matériels et méthodes</b>	
1. Objectif scientifique .....	31
2. Schéma expérimental.....	31
3. Matériel expérimentale.....	32
3.1. Matériel animale.....	32
3.2. Appareillage et produits .....	34
3.3. Présure végétale ( <i>Cynara cardunculus</i> .....	34
4. Méthodes .....	35
4.1. Méthodes Extraction d'enzyme à partir du <i>Cynara cardunculus</i> .....	35
4.2. Méthodes Préparation de fromage .....	36
4.3. Méthodes d'analyse du fromage.....	40
<b>Chapitre 02 : Résultats et discussions</b>	
<b>1. Etude des caractéristiques du fromage .....</b>	<b>45</b>
1.1.1. Poids des fromages .....	45
1.1.2. Couleur des fromages .....	47
1.1.3. Texture des fromages.....	48
1.1.3. Matière sèche des fromages.....	50
<b>2.2. Etude des caractéristiques des lactosérums .....</b>	<b>51</b>
2.1. Volumes .....	51
2.2. Aspect général .....	51
2.3. Densité.....	52
2.4. Concentration .....	53
2.6. pH.....	55
<b>Conclusion générale</b>	
<b>Référence bibliographique</b>	

## Introduction

L'élevage caprin, en raison de son adaptation aux milieux difficiles, est pratiqué surtout dans les zones montagneuses, les steppes et les oasis. Le lait de chèvre, par sa valeur nutritionnelle et son aptitude à la transformation notamment en fromage de qualité, est très recherché (**PARK. 2012**). Le lait de chèvre de par son goût âcre n'est pas toujours apprécié par les consommateurs, à l'inverse, sa transformation en fromages le rend plus digeste et très apprécié tant du point de vue organoleptique que nutritionnel. Quant à la viande caprine, elle véhicule l'image d'un produit biologique et constitue une source de protéines animales mais aussi de revenu pour les populations rurales surtout dans les pays en voie de développement.

En Algérie, la filière élevage caprin reste une activité peu développée ; malgré cela l'effectif caprin a doublé en l'espace de dix ans. Cette augmentation montre bien l'intérêt porté à l'élevage caprin.

Les fromages de chèvre sont parmi les moins gras mais aussi les moins riches en calcium. Il est donc conseillé de le consommer en alternance avec fromages offrant de meilleures teneurs en calcium, comme des fromages à pâte pressée cuite (emmental, gruyère, comté).

Il existe deux procédés de fabrication du fromage de chèvre. Le plus répandu utilise des bactéries lactiques pour faire coaguler le lait. C'est un procédé naturel lent qui donne un caillé friable et perméable. L'autre technique consiste à ajouter de la présure et on obtient assez rapidement un caillé ferme et imperméable.

Ce travail vise à atteindre les objectifs suivants :

- Etude des rendements fromagères obtenus du lait des deux races MAKATIA et ARBIA obtenus par 3 types de coagulation :- voies enzymatique (Cynara .c, présure animale) voies acide (acide lactique) et voies Mixte. et leurs caractéristiques : le poids, aspect, couleur et matière sèche.
- Etude des caractéristiques des lactosérums dégagés suite à la coagulation du lait des deux races telles que : le volume, la densité, indice de réfraction et concentration.

*chapitre 01 :*  
*aperçu sur*  
*l'élevage des*  
*caprins*

La chèvre domestique est un mammifère herbivore et ruminant, appartenant à la famille des bovidés, sous-famille des caprines ou caprins. Elle a été domestiquée depuis très longtemps, surtout pour sa viande, pour sa peau et plus spécialement pour son lait.

La chèvre est un animal de petite taille, à cornes arquées, très agile, particulièrement adaptée au saut. On la trouve dans toutes les régions du globe, particulièrement en montagne. Les males sont appelés boucs, les petits chevreaux, de même, le male castré est appelé menon.

### 1. Aperçu générale sur les caprins dans le monde :

Les caprins ont l'aptitude de produire les jumeaux jusqu'au 4, sont des animaux actifs et intelligents, ils concurrencent les ovins à la production des différents bénéfices, plus à son aptitude d'exploiter les pauvres parcours, et peut concurrencer les bovins dans la production laitière. C'est pour ça elle nommée ' la vache des pauvres '.

Le dénombrement des caprins dans le monde selon (FAO,1998) est de 639.4 millions têtes réparties comme suite : 173.9 millions têtes à l'Afrique, 401 millions à l'Asie et 16 millions à l'Europe, produisent environ 10.194 millions tonnes de lait, 3.262 millions tonnes de viandes. la chèvre classée en 4<sup>ème</sup> classe entre les dénombrement des animaux agricoles mondiale.

**Tableau 01** : distribution des caprins dans le monde (en million)

L'année	1989-1991	%	1995	%
La continent				
<b>Europe</b>	15184	2.60	15930	2.52
<b>Nord et centre d'Amérique</b>	14731	2.52	14919	2.36
<b>Sud Amérique</b>	22168	3.79	24758	3.91
<b>Asie</b>	361569	61.86	401086	63.41
<b>Afrique</b>	169000	28.91	174900	27.65

Source : (FAO ,1998)

## 2. La production caprine en Algérie :

La chèvre est exploitée pour son lait, sa viande et même pour sa peau et ses poiles (FEHR, 1976). Elle est considérée comme la vache des pauvres.

Le caprin ne fait l'objet d'aucun soin, il ne se différencie guère de l'état sauvage que par sa sociabilité et sa soumission, par contre la viande caprin ainsi que son lait constitue les principaux sources de protéine dans la nourriture de pasteur.

### 2.1. Production laitière :

En Algérie, et selon (NADJRAWI, 2003), la production laitière moyenne annuelle au cours de la dernière décennie est environ d'un milliard de litre dont :

- 60% provient de l'élevage bovin ;
- 26% de lait de brebis ;
- Et 13% de lait de chèvre ;

La production laitière cameline n'est pas près en complète.

L'évolution de la production laitière en Algérie depuis 1987 jusqu'au 2005 est représenté dans le tableau 02.

**Tableau 02** : L'évolution de la production laitière en Algérie

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Chèvre	143	153	155	155	160	160	160
Brebis	220	180	185	190	190	200	200
Vache	1040	1170	1310	1135	1150	1300	1300
Lait *(10 <sup>6</sup> )	1403	1503	1640	1480	1500	1660	1660

Source : (NADJRAWI, 2003)

## 2.2. Production de viande :

En Algérie, la production de viande rouge provient essentiellement des élevages extensifs :

- Ovins : 56%
- Bovins : 34%
- Caprins : 08%
- Cameline : 02% (elle consomme plus largement au sud d'Algérie).

Les bilans de production en rapport avec le niveau de consommation sont difficiles à établir en raison des abattages, non contrôlés, (NADJRAWI, 2003).

**Tableau 03** : évolution de production de viande en Algérie

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Chèvre	12.3	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4
Ovin	163	164	165	165	165	165	165
Bovin	117	133	105	116	121	125	125
Camelin	3.1	3.2	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
Equin	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Viande (10 <sup>3</sup> Tan)	539	565	537	550	556	581	581

Source : (NADJRAWI, 2003)

## 2.3. La production de peau et de poiles :

En Algérie, selon (F.A.O.1997), la production des peaux fraîche caprins était estimée à 2.000 tonnes contre 25.000 tonnes pour les ovins, tandis que la production mondiale a atteint 274,8 Millier de tonnes en 2006.

Les peaux sont classées par qualité en fonction des défauts qu'elles présentent. Certaines races possèdent des poils longs, très fins qui sont très utilisées chez les nomades pour la fabrication des tapis, cordes et tissages des vêtements.

La production de fumier reste une production marginale par rapport aux autres types de production notons que l'élevage caprin en stabulation, permet une production de fumier sur place, indispensable à la bonification des sols pauvre en matière organique.

C'est un remarquable amendement, permettant de lutter contre le lessivage des sols ainsi que c'est un bon fertilisant.

### 3. Effectif :

Les caprins représentent que 14.56 % de l'effectif des troupeaux en Algérie après les bovins qui représentent 77.68%, pour leur lait, leur cuir, leur chair et leurs poiles (BELEGROUNE, 2012).

**Tableau 04** : les effectifs du cheptel caprin en Algérie (têtes)

Année	Chèvre	Boucs	Chevreaux	Chevrettes	Total
2006	206 000	12 000	55 500	52 500	326 000
2007	215 000	9 000	51 000	60 000	335 000
2008	215 000	9 400	51 900	58 700	335 000
2009	224 820	7 000	50 300	58 330	340 450

Source :(D.S.A., 2010)

### 4. Répartition :

Le dénombrement des caprins en Algérie selon le Ministère d'Agriculture et Développement Rurale est de 3.2 millions têtes distribuées comme :

30 % dans les montagnes (kabyle, auras, Wancharis) .

06 % dans le sahel .

02 % dans les régions sahariennes .

et le reste dans les régions steppiques et telliens.

on observe que la région de steppe présente la grande partie de leur élevage car elle offre grâce à sa viande et son lait les principales sources de protéine dans la nourriture des pasteurs et précisément dans la région de Djelfa on trouve 340450 tête selon le (D.S.A.,2012 )

### 5. Les Races caprines :

Il est incontestable de souligner que le cheptel caprin algérien est très peu connue du fait qu'il y a peu d'information à son sujet ou de travaux scientifiques en la matière.

La composition raciale des populations du cheptel caprin algérien est très hétérogène elle comprend les chèvres et celles de races améliorées, en plus les individus résultants des croisements contrôlés (BOULBERHANE, 2001). Le cheptel est représenté par quatre

rares : Race ARBIA d'origine Arabe, Race KABYLE, Race MAKATIA d'origine Arabe et Race M'ZAB.

## **5-1. La race ARBIA :**

### **5-1-1. caractéristiques et origine :**

On les trouve dans les hautes plateaux et les régions steppiques (**BELEGROUNE ,2012**)

- Poile longue de 17 cm avec plusieurs couleurs (la plupart blanc et noire et parfois gris).
- Cornes moyennes 17 cm dirigées vers l'arrière. Les oreilles larg.
- La mamelle a une forme carré cohérent avec les petits trayons
- le poids : 60 Kg pour le mal et 34 Kg pour la femme.

### **5-1-2. Aptitude zootechnique :**

D'après( **BELEGROUNE ,2012**)

- Durée de lactation : 3-4 mois ;
- Les chevrettes : 4-5/ chèvre /ans ;
- La mise bas : 2/chèvre /ans ;
- La première fécondation : 6-8 mois ;
- Le taux de prolificité : 107% ;
- Taux de fécondité : 125% ;
- Production laitiers journalière (L) : 0.5 a 1.1 sédentaire / 0.25 a 0.75 : transhumant ;
- Production laitière totale (L) : 80 : sédentaire / 55 : transhumants.

## **5-2. La Race Makatia :**

### **5-2-1. caractéristiques et origine :**

il semblerait que la MAKATIA est le résultat du croisement entre la Charkia et ARBIA à poils long originaire de région d'Ouled Nail (**TAZI ,2001**). Cependant on la retrouve dans la région de Laghouat, elle est souvent conduite en association avec la chèvre ARBIA de type sédentaire.

### **D'après OKAT (2001) :**

- son corps est allongé avec un dessus droit, l'hauteur au garrot est de 70 cm chez le male et 65 cm chez la femelle.
- sa robe est variée de couleur gris, beige, blanche et brin , le poil est ras avec une longueur qui varie entre 03 à 05 cm . Elle possède au niveau de la tête une barbiche et deux pendeloques ainsi que des longues oreilles tombantes d'une largeur allant jusqu'à 16 cm en moyenne, son chanfrein est légèrement convexe ;
- les cornes sont longues, spiralées et dirigé vers l'arrières et vers l'haut, elles sont plus fines la femelle cependant la caractère motte est observée ;
- sa mamelle est bien haute, bien attachée et de type carré muni de grand trayon.
- son poids peut atteindre 60 Kg pour le male et 45 Kg pour la femelle.

**5.2.2. Aptitude zootechnique :** ses aptitudes zootechniques selon **(I.T.E.L.V.1991)**, se présentent comme suit :

- Le taux de prolificité : 130%.
- Taux de fécondité : 110%.
- Taux de fertilité : 95%.
- Durée de lactation (mois) : 07.
- Production laitiers journalière (L) : 01 à 02.

### **5.3. Race Kabyle :**

#### **5.3.1. Caractéristiques et origines :**

Elle reconnue dans la fausse du rocher d'Alger considérée comme la souche de la chèvre Kabyle actuelle **(CAMPS 1972)**; cité par **(Tazi 2001)** elle peuple les massifs montagneux de la Kabylie et des Aurès, **TAZI 2001** .

- son est petit et indiscipliné.
- leur poils est généralement brun foncé et parfois claire.
- sa mamelle est globuleuse a trayons divergent.
- longue oreillettes tombante.
- sa tête a un profil courbé.
- le poids : 60Kg pour le male et 47Kg pour la femelle.
- la longueur de corps : 65-80cm.
- la taille : 66 cm pour le male et 62 cm pour la femelle.

### **5-3-2- Aptitude zootechnique :**

- Le taux de prolificité : 100-120 %
- Taux de fertilité : 90%
- Production laitiers journalière (L) : 0.5-1

D'après (**BELEGROUNE 2012**),

### **5-4. Race m'Zab :**

#### **5-4-1. Caractéristiques et origine :**

On la retrouve dans la région de Methlili et Berriane a la région de Ghardaia  
**BELEGROUNE 2012,**

- Oreillettes longue et tombante 15cm a peu prés.
- L'hauteur : 68 cm pour le male et 65.5 cm pour la femelle.
- Couleur jaune blanc et noire.
- La longueur de poils est : 3 cm.
- Mamelle cohérent haute et trayon petit.

#### **5-4-2. Aptitude zootechnique :**

D'après (**BELEGROUNE 2012**)

- Durée de lactation ( mois) : 7.
- Production laitière totale (L) : 315 à 630 .
- Production laitière journalière (L) : 1.5 à 03.
- Poids en fécondation : 21 à 23 Kg .

## **Lait de chèvre:**

Le lait est un milieu biologique d'une extrême complexité. son élaboration par la glande mammaire s'effectue à partir des éléments provenant d'une synthèse et d'une filtration sélective des constituants sanguins (**CORCY, 1991**).

Le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes (**CHAFTEL et HENRI, 1977**).

Les chèvres représentent pour l'homme un actif d'une grande valeur en raison de leur énorme efficacité de production, de leur rendement élevé en lait, ce dernier qui convient particulièrement aux personnes âgées, aux malades, ainsi qu'aux jeunes enfants, et nouveau-nés sans oublier son utilité pour les produits laitiers.

### **1.1- Les caractéristiques physico-chimiques de lait de chèvre :**

D'après (**BERROCAL, 2000**), le lait est un milieu aqueux hétérogène contenant diverses phases :

- Une phase aqueuse qui comprend les hydrates de carbone, principalement le lactose, les protéines solubles ou protéines sériques <<  $\alpha$ -lactalbumine,  $\beta$ -lactoglobuline, sérumalbumine >>, les composés azotés non-protéiques et les sels minéraux et organiques.
- Une phase lipidique discontinue qui contient des globules gras de 0,1 à 0,8 micromètres de diamètre en émulsion dans la phase aqueuse ; elle est constituée de glycérides, de phospholipides et de substances liposolubles.
- Une phase colloïdale ou micellaire qui est aussi une phase discontinue en suspension dans la phase aqueuse. Elle comprend la micelle de caséine qui est un complexe phosphocalcique constitué de caséine, de phosphore, de calcium et des traces de magnésium.

Ces trois phases se trouvent en équilibre entre elles et peuvent être séparées par des moyens physiques.

**Tableau 05** : Caractéristiques physico-chimiques de lait chèvre :

<b>Constantes</b>	<b>Lait de chèvre</b>
<b>Energie (K cal/ L)</b>	600 à 750
<b>Densité de lait entier à 20<sup>0</sup> C</b>	1.027 à 1.035
<b>Point de congélation <sup>0</sup>C</b>	-0.550 à -0.583
<b>pH 20<sup>0</sup>C</b>	6.45 à 6.60
<b>Conductivité électronique à 25<sup>0</sup> C (siemens)</b>	43 à 56*10 <sup>-4</sup>
<b>Indice de réfraction</b>	1.35 à 1.46
<b>Viscosité du lait entier à 20<sup>0</sup>C</b>	1.8 à 1.9

**Source : (LUBIN, 1998)**

### 1.2- Principaux constituants du lait de chèvre :

Les laits sécrétés par les différentes espèces de mammifère présentent des caractéristiques communes et contiennent les mêmes catégories des composants : eau, protéines, lactose, matière grasses “ lipides ” et minérale mais les proportions relatives a ces composants varient largement d’une espèce a l’autre ( LUBIN, 1998).

La composition des différents laits d’animaux varie considérablement d’une espèce a l’autre (Tableau06) mais aussi a l’intérieur d’une même espèce voir à l’intérieur des races des espèces identiques ; cette variabilité peut dépendre de la nutrition , du stade de lactation , de l’âge , de l’époque de l’année et du débit lactée.

**Tableau 06** : Les principaux constituants des laits de chèvres et de vache en (g/L) :

<b>Constituants (g/L)</b>	<b>Lait de vache</b>	<b>Lait de chèvre</b>
<b>Extrait sec totale</b>	128	134
<b>Protéines</b>	33	34
<b>Caséine</b>	26	24
<b>Lactose</b>	48	48
<b>Matières salines</b>	9	7.7
<b>Matières grasses</b>	37	41

**Source : (FAO, 1998)**

**Tableau 07** : Composition du lait chez la vache et la chèvre

	Composition moyenne du lait en Gramme par Litre ( g/L)							
	Eau	Extrait sec	Matière gras	Protéines			Glucide Lactose	Matière minérale
				Totale	caséine	albumine		
Vache	900	130	35-40	30-35	27-30	3-4	45-50	8-10
Chèvre	900	120	40-45	40-45	30-35	6-8	40-45	5-8

Source : (Lavoisier, 1990)

### 1.2.1. L'eau :

D'après (Gelais et al.,2003), l'eau représente environ 81 à 87% du volume du lait elle se trouve sous deux formes : l'eau libre " 96% de la totalité " et l'eau liée "4%" à la matière sèche. L'eau libre par sa mobilité est très réactive, elle autorise l'état de solution de lactose et d'une partie des minéraux et rend le milieu très favorable au développement des micro-organismes ; par ailleurs l'eau liée est fortement associée aux protéines à la membrane des globules gras et à certains sels minéraux ; elle n'est pas affectée par les procédés classiques de transformation et n'intervient pas dans les réactions chimiques, physiques et enzymatiques.

### 1.2.2. Les protéines et leur distribution dans le lait de chèvre :

Le profil en acides aminés totaux du lait de chèvre est proche de celui du lait humain (LUBIN, 1998). D'après (GELAIS et al. 2003), les protéines du lait de chèvre sont constituées de 71% de caséine, de 22% de protéine sérique dites solubles et 7% d'azote non protéique.

Par comparaison avec le lait de vache, les protéines du lait de chèvre sont caractérisées par l'absence dans la fraction caséine de l' $\alpha_{15}$  caséine " une protéine très présente dans le lait de vache " ce qui explique que les sujets allergiques uniquement à cette protéine supportent souvent le lait de chèvre (LUBIN, 1998).

Comme chez la vache, la  $\beta$ -lactoglobuline constitue la protéine majeure de lactosérum du lait de chèvre. Les compositions aminées de la  $\beta$ -lactoglobuline et de  $\alpha$ -lactalbumine du lait de chèvre sont très proches de celles du lait de vache. donc l'allergie croisée entre laits de ces deux espèces ne sont donc pas rares (SIGWARD, 1997).

Dans le lait de chèvre, la fraction d'azote non protéique " en particulier l'urée " représente comme dans le lait de femme, une proportion plus élevée par rapport à celle présente dans le lait de vache (Tableau 06)( LUBIN, 1998).

**Tableau 08** : composition moyenne en g/Let distribution des protéines dans le lait de chèvre et de vache.

<b>Protéines</b>	<b>Lait de vache</b>	<b>Lait de chèvre</b>
<b><math>\alpha</math>-lactalbumine</b>	1.5 ( 45%)	2.0 (25%)
<b><math>\beta</math>-lacto globuline</b>	2.7 ( 25%)	4.4 (55%)
<b>Albumine sérique</b>	0.3 (5% )	0.6 (7%)
<b>Immunoglobulines</b>	0.7 (12%)	0.5 (6%)
<b>Protéose-peptone</b>	0.8 (13%)	0.6 (7%)
<b>Total des protéines solubles (100%)</b>	6.0 ( 100%)	8.1 (100%)
<b>Total des caséines (100%)</b>	26.0 (100%)	26.0 (100%)
<b>Protides totaux</b>	32.0	34.1

**Source :(LUBIN , 1998)**

### **1.2.3- Les constituants lipidiques et leur distribution**

D'après les travaux de (VEISSEYRE, 1965), le lait peut être considéré une émulsion de matières grasses dans une solution aqueuse comprenant de nombreux dont les uns sont à l'état dissous et les autres sous la forme colloïdale . A l'instar de toute matière grasse, celle de lait est distribuée en lipides simples et lipides complexe .Les lipides simples sont essentiellement des triglycérides ‘ ’ il y a également des di glycérides et des mono glycérides ‘ ’ et des acides gras libres , les lipides complexes sont constitués notamment de phospholipides et de stérols .la distribution de ces divers constituants lipidiques est très similaire dans les laits de vaches et de chèvres, avec une prédominances très nette des triglycérides.

En ce qui concerne les particularités, il y a lieu de noter que dans le lait de chèvre la présence des acides gras à chaîne courte (en particulier de l'acide caprique) est plus importante que dans le lait de vache (LUBIN, 1998).

### **1.2.4. Les glucides :**

D'après le même auteur, le lactose constitue de loin la principale source glucidique du lait. Pour une espèce donnée, le lait peut sembler plus doux ou plus amer selon la teneur en lactose, c'est lui que la production quantitative du lait est proportionnelle à la production du lactose donc c'est lui qui détermine le volume du lait produit.

### 1.2.5. Les minéraux et oligo-éléments :

Le tableau 09, regroupe les données concernant ces éléments, Il est possible de remarquer la teneur élevée du chlore dans le lait de chèvre qui est à l'origine d'acidoses hyperchlorémiques observées chez les nourrissons exclusivement alimentés par le lait de chèvre (LUBIN, 1998).

**Tableau 09 :** Teneurs en minéraux et en oligo-éléments des laits de chèvre et de vaches .

	<b>Teneurs (mg/litre)</b>	<b>Lait de vache</b>	<b>Lait de chèvre</b>
<b>Minéraux</b>	Sodium	0.50	0.37
	Potassium	1.50	1.55
	Calcium	1.25	1.35
	Magnésium	0.12	0.14
	Phosphore	0.95	0.92
	Chlore	1.00	2.20
	Acide citrique	1.80	1.10
<b>Oligo-éléments</b>	Fer	0.20-0.50	0.55
	Cuivre	0.10-0.40	0.40
	Zinc	3-6	3.20
	Manganèse	0.010-0.030	0.06
	Molybdène	0.070	/
	Aluminium	0.6-1	.06-1

**Source :(FAO, 1998).**

### 1.2.6- Les vitamines :

Les données concernant les vitamines sont moins complètes que celle concernant les autres composants. Il convient de remarquer la faible teneur en acide folique du lait de chèvre responsable des anémies observées chez des nourrissons ou des jaunes enfants principalement alimentée par ce lait ( tableau 09).

**Tableau 10** : Teneur en vitamines des laits de chèvre et de vache en ( mg/L).

<b>Vitamines</b>	<b>Lait de vache</b>	<b>Lait de chèvre</b>
<b>B<sub>1</sub></b>	0.42	0.41
<b>B<sub>2</sub></b>	1.72	1.38
<b>B<sub>6</sub></b>	0.48	0.60
<b>B<sub>12</sub></b>	0.0045	0.0008
<b>Acide nicotinique</b>	0.92	3.28
<b>Acide folique</b>	0.053	0.006
<b>C</b>	18	4.20
<b>A</b>	0.37	0.24
<b>B-carotènes</b>	0.21	<0.10

**Source : FAO, 1998.**

## **2- Les facteurs de variation de qualité de lait :**

### **2.1- Facteurs liés à l'animal :**

#### **2.1.1- La stade de lactation :**

Est l'un des principaux facteurs de variation de la composition du lait. En effet( **JENOT et al 1996**), affirment que les taux sont toujours plus élevés en début et en fin de lactation. Le rang de lactation et l'âge n'ont pas d'influence sur le taux protéique, mais une influence sur le taux butyreux où ce dernier augmente avec la lactation.

#### **2.1.2- La traite :**

Le lait alvéolaire (fin de traite) est riche en matière grasse, si la mamelle n'est pas complètement traite (15 h et plus) entre deux traites provoque une baisse du TB alors que le TP est peu affecte (**CORCY, 1991**) . il semble que le taux butyreux de la traite du matin et moins important que celui de la traite du soir, par contre le taux azoté soit presque le même pour les deux traites (**ABDICHE, 1989**).

#### **2.1.3- Etat de santé :**

Les maladies métaboliques d'origine nutritionnelles (acidose, cétose) causent des variations de la composition du lait (TP, TB).

## **2.2. Facteurs liés à l'alimentation :**

La chèvre grosse productrice reste donc fondamentalement une grosse mangeuse. Les facteurs alimentaires font varier le taux protéique de 1 point à point, alors qu'ils peuvent modifier de 5 à 7 points la teneur du lait en matière grasse. Un régime riche en énergie provoque une baisse du taux butyreux alors que la production laitière et le taux protéique restent élevés (**JENOT et al, 1996**).

Selon les mêmes auteurs, une quantité insuffisante de protéine et d'azote soluble (PDIN) dans l'alimentation va réduire l'activité microbienne de la panse et donc diminuer l'ingestion.

L'élaboration des matières grasses dans la mamelle se fait principalement grâce à une ingestion suffisante du fourrage et de fibres longues.

Le rapport (fourrage / concentré) ne semble avoir que peu d'incidence sur le taux protéique du lait, en revanche une alimentation trop riche en concentré engendre systématiquement une baisse significative de taux butyrique.

## **3. Facteur de variation de quantité de lait :**

### **3.1. Facteurs liés à l'animal :**

#### **3.1.1. La race :**

La composition du lait est influencée essentiellement par les facteurs génétiques, à l'intérieur d'une même race il existe des différences de production.

Selon (**SIGWARD 1997**), les productions laitières pour deux races caprines (Saanen et Alpin) soumises au même régime alimentaire sont différentes << 799 Kg de lait contre 737 Kg >> pour des durées de lactation très voisines.

#### **3.1.2. Le phénotype :**

Selon les travaux de (**QUITTET 1975**), la présence de cornes et l'absence de pendeloque sont des indices de bonne production laitière.

#### **3.1.3. Le stade de lactation :**

C'est un des principaux facteurs qui influe sur la production laitière. D'après (**CORCY, 1991**), la production laitière atteint son plus haut niveau au cours du 2<sup>ème</sup> mois après la mise bas.

### **3.1.4. Le rang de lactation :**

Ce facteur a une influence simultanée sur la production laitière. D'après( **CORCY .1991**), le rendement laitier maximal est obtenu à la 3<sup>eme</sup> ou à la 4<sup>eme</sup> lactation et à partir de la 4eme lactation la production laitière aura tendance à baisse. Mais selon (**QUITTET 1975**), certaines chèvres maintiennent exceptionnellement leur production sur une dizaine de lactation.

### **3.2. Facteurs liées aux conditions d'élevage :**

Les conditions d'élevage ont une influence positive sur la production laitière.

#### **3.2.1. L'alimentation :**

Une alimentation bien équilibrée conduit généralement à une bonne Production laitière.

#### **3.2.2. La température :**

**LE JAOUN, 1986** remarque que l'action des fortes chaleurs a des conséquences sur la production laitière notamment en réduisant la consommation alimentaire et on utilisant une partie de l'énergie pour lutter contre la chaleur "sudation".

#### **3.2.3. L'état sanitaire :**

Une chèvre atteinte d'une infection quelconque perd son appétit, elle consomme moins d'aliments et cela accentue encore la baisse de la production laitière, (**LE JAOUN, 1986**).

### **1. Définition de fromage :**

Le fromage est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait, et qui est obtenu:

Par coagulation complète ou partielle des matières premières suivantes : lait et/ou produits obtenus à partir du lait, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation (FAO/OMS 1999).

### **2. Classification des fromages :**

D'après LARCHER I., 2002, il existe plusieurs façons de classifier les fromages selon différents critères :

- Type de lait : vache, chèvre, brebis, .....
- Processus de fabrication.
- Suivant le type d'affinage «affiné, frais, fromages fondus.....».

Parmi les fromages affinés nous distinguons 04 types :

- Pâte pressées «cuites, semi-cuites, non cuites»
- Pâtes persillées : le fromage est affiné avec des moisissures bleues ou vertes
- Pâte molles : l'égouttage du lactosérum n'est pas favorisé par pressage mais se fait seulement par gravité et contraction naturelle du caillé.
- Caillé lactique : fromage avec technologie de fabrication très acide, égouttage uniquement par gravité «fromage avec un faible extrait sec».

### **3. La fabrication de fromage :**

La transformation du lait en fromage comporte en générale trois étapes :

La coagulation : modification physicochimique des micelles de caséine sous l'action d'enzymes protéolytiques et (ou) d'acide lactique, elles entraînent la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel ;

L'égouttage : séparation d'une partie du lactosérum, après rupture mécanique du coagulum, par moulage et, dans certains cas, pression ; il conduit à l'obtention du caillé ;

L'affinage : transformation biochimique des constituants du caillé sous l'action d'enzymes, pour la plupart d'origine microbienne.

Dans la plupart des fabrications, entre la 2<sup>e</sup> et la 3<sup>em</sup> étapes, se situe l'opération de salage qui représente à la fois un complément d'égouttage et un facteur important de la maîtrise de l'affinage par réglage de l'activité de l'eau.

Avant de présenter les mécanismes proposés actuellement pour expliquer la formation de gels lactique et présure, il convient de préciser l'état de nos connaissances sur la composition et structure des micelles de caséine.

### 3.1. La micelle de caséine :

#### 3.1.1. Composition et propriétés :

La micelle de caséine est une particule sphérique formée par l'association des caséines ( $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$ ), de quelques fragment peptidique (les caséines  $\gamma$ ) issus de la protéolyse de la caséine  $\beta$  par la plasmine et de composant salins dont les deux principaux sont le calcium et le phosphate (EYEL W.N., 1984). Les proportions des différents constituants de la micelle sont groupées dans tableau1. Il s'agit d'une composition moyenne, toutes les micelles n'ont pas la même dimension, ni la même composition. Les grosses micelles ont une charge minérale plus élevée et des proportions relatives de caséines  $\beta$  et  $\kappa$  plus faibles que les petites.

**Tableau11**-composition moyenne de la micelle de caséine en g/100g

Caséines	Composants salins
$\alpha_{s1}$ .....33	Calcium.....2,9
$\alpha_{s2}$ .....11	Magnésium.....0.2
$\beta$ .....33	Phosphate inorganique.....4, 3
$\kappa$ .....11	Citrate.....0,5
$\gamma$ .....4	Total composant salins.....8,0
Totale caséines.....92	

Source : SCHMIDT., 1980

Le diamètre de la micelle est de l'ordre de 150 nm, sa voluminosité de 4,4ml/g, son degré d'hydratation de 3.7g/gde protéine et son potentiel de surface de -15à -20mV. ces caractéristiques physique (tableau 11) lui confèrent une très grande stabilité en milieu aqueux. Des méthodes de dosage fiables et relativement précises mise en point au cours des dernières années ont permis de mettre en évidence des variations notables dans la composition des caséines .ont été notamment relevées les variations en fonction du stade de lactation , la proportion de caséines  $\alpha$ s diminue alors que celle en caséines  $\beta + \gamma$  (**Barry et al .1980**) augmente ou selon les individus qui sont particulièrement marquées pour la caséine  $\kappa$  leur amplitude pouvant atteindre 1à 2 .

Les caractéristiques de dispersion des micelles sont elles aussi variables. Elles varient avec l'espèce, la race, l'individu, le stade de lactation. Au sein de l'espèce bovins des variation du diamètre moyen d'un rapport 1à2 ont été observées sur lait individuels au cours de la lactation et d'une vache à l'autre dans un troupeau de même race des variation d'amplitude 1à2 ont été relevées pour un même temps de lactation dans les laits de grand mélange des évolutions sensibles en fonction de la saison ont été signalées, le diamètre moyen des micelles est plus petit en été qu'en hiver. Ces variations de dimension sont notamment liées aux différences de composition en caséines et de degré de minéralisation (**REMEUF et al. 1991**).

**Tableau 12**-caractéristique physique moyennes des micelles de caséine.

Paramètres	valeurs
Diamètre.....	130-160 nm
Surfaces.....	$8 \times 10^{-10}$ cm
Volume.....	$2.1 \times 10^{-15}$ ml
Densité (hydratée).....	1,0632
Hydratation.....	3.7gH <sub>2</sub> O/g
Voluminosité .....	4,4/ml/g
Moléculaire (hydraté).....	$1,3 \times 10^9$ daltons
Poids moléculaire (déshydraté).....	$5 \times 10^8$ daltons
Nombre de particules par ml de lait.....	$10^{14} - 10^{16}$
Distance libre moyenne.....	240nm

Source : Mc MAHON et al. 1982

### 3.1.2. Structure de la micelle :

Les micelles de caséine ont fait l'objet de nombreux travaux, et plusieurs modèles sont avancés pour tenter d'expliquer la façon dont les différents constituants protéiques et minéraux s'associent aux seins des micelles de caséines. Trois modèles théoriques ont été proposés pour expliquer la structure des micelles de caséine (CAYOT et LORIENT, 1998) :

Le modèle noyau-enveloppe : il est représenté par 2 modèles, le modèle de **Waugh et Collaborateurs ,1971**(figure 1), basé sur la présence de complexe  $\alpha_1$  et  $\beta$  caséine au cœur de la micelle, en présence de calcium, leur précipitation est évitée par la formation de complexes caséines  $\alpha$ -caséine  $\kappa$  situés en monocouches en surface de la micelle (enveloppe). Au contraire( **PARRY ET CAROLL, 1969**) cités par (CAYOT ET LORIENT ,1998), affirment que la caséine  $\kappa$  sert de point de nucléation sur lequel les caséinates de calcium insolubles peuvent être fixés et stabilisés.

Le modèle de structure interne uniforme : ce modèle proposé par(**RIBADEAU-DUMAS,1970**) cité par (CAYOT ET LORIENT,1998) est basé sur les propriétés des monomères de caséine dans la micelle. Un trimère de caséine  $\kappa$  se lie à 3 chaînes de caséines  $\alpha_1$  et  $\beta$  qui peuvent elles-mêmes s'associer à d'autres caséines  $\kappa$ . Ce modèle est très poreux et ouvert.

Le modèle sub-micellaire : proposé par (**SHIMMIN ET HILL en 1964**) cités par (CAYOT ET LORIENT. 1998), il suggère que la micelle est composée de sub-micelles structurées comme le modèle de **WAUGH** mais reliées entre elles par du phosphate de calcium.

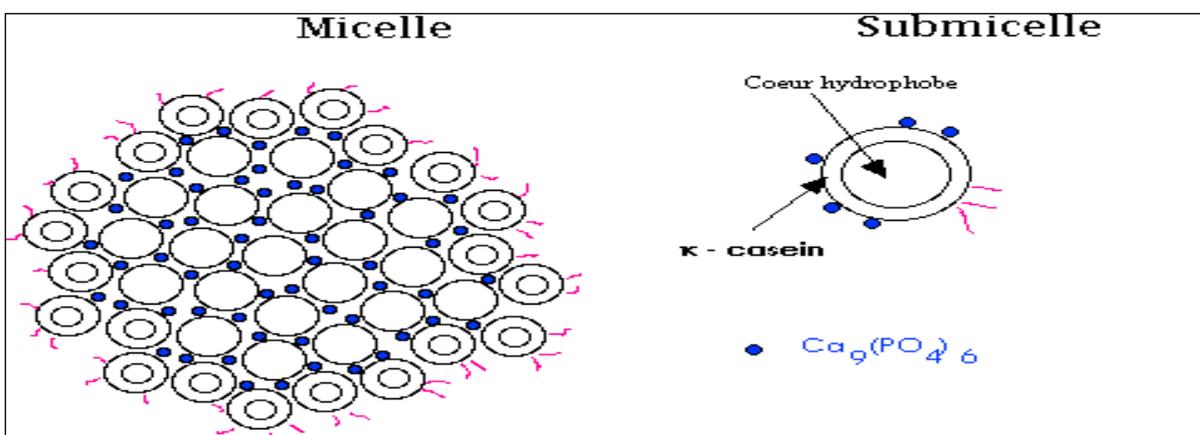


Figure 1 : Modèle noyau enveloppe (modèle Waugh et Collaborateurs. 1971).

### 3.2. Coagulations :

La coagulation du lait , qui se traduit par la formation d'un gel , résulte des modification physicochimique intervenant au niveau des micelles de caséine .Les mécanismes proposés dans la formation du coagulum différent totalement suivant que ces modification sont induites par acidification ou action d'enzymes coagulantes .

#### 3.2.1. Coagulation enzymatique du lait :

La coagulation du lait par la présure se produit en deux étapes, une phase primaire, enzymatique et une phase secondaire, agrégation.

##### a) Phase primaire, enzymatique :

Selon les modèles les plus récents qui décrivent la structure de la micelle de caséine et la stabilité des micelles dans la phase aqueuse du lait, la couche externe de la micelle est principalement constituée de caséine  $\kappa$  avec son segment C- terminal hydrophile libre qui s'étend dans la phase aqueuse du lait assurant la stabilité stérique et agissant comme une barrière contre l'association des micelles. Au cours de la phase enzymatique, la présure hydrolyse la caséine  $\kappa$  au niveau de la liaison peptidique Phe105-Met106. Cette action divise la molécule de la caséine  $\kappa$  en deux fragments peptidiques ; le caséino-macropéptide (CMP) ou s'il est fortement glycolyse, glycomacropéptide (GMP) et la para caséine  $\kappa$ . Cette hydrolyse entraîne une réduction de la charge négative et des répulsions stériques de telle sorte que les micelles de caséine deviennent susceptibles à l'agrégation( **LUCEY, 2002**).

##### b) Phase secondaire :

La stabilité des micelles de caséine dans le lait sous forme de dispersion colloïdal est attribuée à leur charge négative nette induisant des forces électrostatiques répulsives et aux répulsions stériques entre les régions flexibles des macro-peptides de caséine  $\kappa$ . En outre, les ponts calciques entre les molécules de caséine, les liaisons hydrogènes et les forces de Van der **WAALS** contribuent également dans cette stabilité (**SCHMIDT, 1982**). La libération du macropéptide de la caséine  $\kappa$  sous l'action de la protéase employée entraîne la réduction des répulsions électrostatiques entre les micelles de caséine hydrolysées. L'élimination de ces macropéptides entraîne également une réduction du diamètre hydrodynamique par environ 5 nm et une perte de la stabilité stérique( **WALSTRA et al, 1981**). La nature des interactions intervenant durant la phase d'agrégation n'est pas encore bien connue, toutefois les ponts calciques et les forces de Van der **WAALS** ainsi que les interactions hydrophobes semblent impliqués. Les micelles déstabilisées s'agrègent seulement en présence des ions calcium libres ( $\text{Ca}^{++}$ ) et la coagulation se produit

seulement en présence d'une quantité suffisante de calcium de phosphate colloïdal. Le processus d'agrégation est, d'autre part, fortement dépendant de la température et se produit uniquement à des températures supérieures à 15°C (**DALGLEISH ET HOLT, 1988**). A basse température (inférieure à 15°C) l'agrégation est très faible, cela est souvent pris comme une indication de l'importance des interactions hydrophobes. En effet, la libération des macropeptides expose les régions hydrophobes à la surface des micelles et augmente l'opportunité aux interactions hydrophobes entre micelles ( **MC MAHON et BROWN, 1982**). Lorsque le lait est coagulé sous les conditions normales de PH, de température et de composition en protéine, l'agrégation commence lorsque 87% des molécules de caséine  $\kappa$  sont hydrolysées et qui correspond à 50 % du temps de coagulation relatif( **MC MAHON et BROWN, 1982**). En effet, il y a un certain chevauchement entre les deux phases enzymatique et d'agrégation qui se produit, à la fin de la phase enzymatique. Toutefois l'étendue de ce chevauchement dépend des conditions expérimentales : pH, température et contenu en protéine. Ainsi à pH 5,6 et 6,7 l'agrégation débute à 30 et 60% de l'hydrolyse de la caséine  $\kappa$  respectivement . Au cours de la coagulation, il y a initialement la formation de chaînes linaires de micelles qui continuent de s'agréger pour former des amas et finalement il y a formation d'un gel protéique (**LUCEY, 2002**).

### **3.2.2. Coagulation par acidification :**

L'acidification du lait peut conduire suivant les conditions, soit à un précipité de caséine, soit à la formation d'un gel. si l'acidification est rapide, par addition d'un acide minéral ou organique ,il y a floculation des caséines à pH 4,6 sous la formes d'un précipité plus ou moins granuleuse dispersé dans le lactosérum .Par contre ,une acidification progressive obtenue soit par fermentation lactique soit par hydrolyse de la gluconolactone , conduit à la formation d'un gel lisse homogène qui occupe entièrement le volume initial du lait.

Les caractères rhéologique du gel lactique dépendent de facteurs inhérent au lait notamment la concentration en protéines, inhérent aux conditions de l'acidification la température, la vitesse d'acidification, le pH de fin de fermentation. On relèvera ici l'influence du facteur température sur la susceptibilité de la caséine à la coagulation acide.

À basse température 0-5 °C, le lait peut être acidifié à pH4,6 sans qu'il ya ait coagulation bien que la charge nette des caséines soit négligeable (**DARLING et al, 1979**) on observe seulement un accroissement de la viscosité lié à la dispersion des micelles .Dans le mécanisme de la sensibilité de la caséine à l'acidification en fonction de la

température, le calcium semble jouer un rôle important. On observe en effet qu'à partir d'une solution de caséinate de sodium, ou d'un lait privé de phosphate de calcium colloïdal, la caséine précipite à pH 4.6 et à 2°C ; par ailleurs dans un lait acidifié à pH 4.6 et à 20°C totalité du calcium est en solution alors que dans un lait acidifié à pH 4.6 à 20°C environ 20% du calcium colloïdal restent associés aux caséines. Doivent également intervenir les effets de basses températures qui tendent à accroître le degré d'hydratation des protéines et à réduire les interactions hydrophobes.

En revanche, à température supérieure à 20°C, l'acidification nécessaire à la déstabilisation des micelles est sensiblement moins élevée à 20°C. L'acidité correspondante à la coagulation est voisine de 54 °doronc (pH 4,6), à 40°C elle est proche de 40°C doronc (pH 5,2). (ANDRE ECK, 2006).

### **3.2.3. Coagulation mixte :**

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifique est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite.

D'après (GOUDEDRANCHE, 2001), cette coagulation est obtenue lorsque le lait présente au moment de la coagulation une acidité moyenne «pH=6.5 à 5.5» et qu'une dose de présure intermédiaires utilisée «10 à 25 ml pour 100 litres de lait en général».

## **4. Les principaux enzymes coagulants le lait :**

### **4.1. Les enzymes d'origine animale**

#### **4.1.1. La présure :**

La présure de veau est la préparation coagulante traditionnelle la plus utilisée pour la coagulation du lait. De moindre quantité sont obtenus à partir de l'estomac de chevreau et d'agneau. La dénomination présure est réservée à l'extrait coagulant provenant de la troisième poche de l'estomac appelée abomasum ou caillette. Elle renferme deux enzymes actives : la chymosine est la protéase majeure responsable d'au moins 85 % de l'activité coagulante totale ; le complément est apporté par la pepsine. On observe les plus fortes teneurs en chymosine chez les animaux non sevrés ; dès que la ration alimentaire renferme des aliments solides et que le jeune animal commence à brouter, la proportion de chymosine chute très fortement à l'inverse, la pepsine devient dominante et caractérisé la sécrétion stomacale du mammifère adulte. Les deux enzymes sont excrétées à l'état de

précurseurs inactifs (prochymosine et propepsine) ; après hydrolyse dans le milieu acide stomacal, l'activité protéolytique est accrue considérablement.

#### **4.2. Les enzymes d'origine végétale :**

De très nombreuses préparations coagulantes sont issues du règne végétal et sont extraites par macération de différentes parties de plante supérieures. Parmi les espèces de climats tempérés, on trouve les feuilles et tiges du gaillet, les fleurs du charbon et de l'artichaut ; celles-ci ont servi par le passé à la fabrication de fromages fermiers. Dans les régions chaudes, on exploite également à cette fin plusieurs plantes dont on extrait des principes coagulants : les ficines proviennent du latex du figuier, la papaïne est issue du papayer et la bromelaïne de l'ananas.

Ces diverses préparations, malgré certains usages locaux répandus, ne donnent pas des résultats très satisfaisants en comparaison avec ceux de la présure. L'activité protéolytique généralement très élevées, se traduit par l'apparition d'un ensemble d'inconvénients technologique majeurs précédemment évoqués. Ces difficultés sont liées au fait que ces préparations brutes renferment souvent des mélanges de plusieurs enzymes dont l'activité manque de spécificité sur la caséine kappa. Cette aptitude fromagère a pu être améliorée après purification notamment dans le cas ficines. **(VERINGA ET SARDINAS.1996).**

## 1. Objectif scientifique :

On fait ce travail à l'objectif d'étudier l'aptitude à la coagulation du lait des deux races caprines steppiques ARBIA et MAKATIA par voie enzymatique (présure végétale et animale), acide (acide lactique) et mixte (acide + enzymatique) et comparer par la suite les rendements fromagères entre les races d'un côté et entre agent coagulant de l'autre côté.

Le travail expérimental a été effectué au niveau du laboratoire de Monsieur Choukri Ali à la faculté de Technologie en collaboration avec le laboratoire de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie au sein de l'université de Djelfa.

## 2. Schéma expérimental :

Le protocole expérimental de notre étude est donné dans la figure suivante :

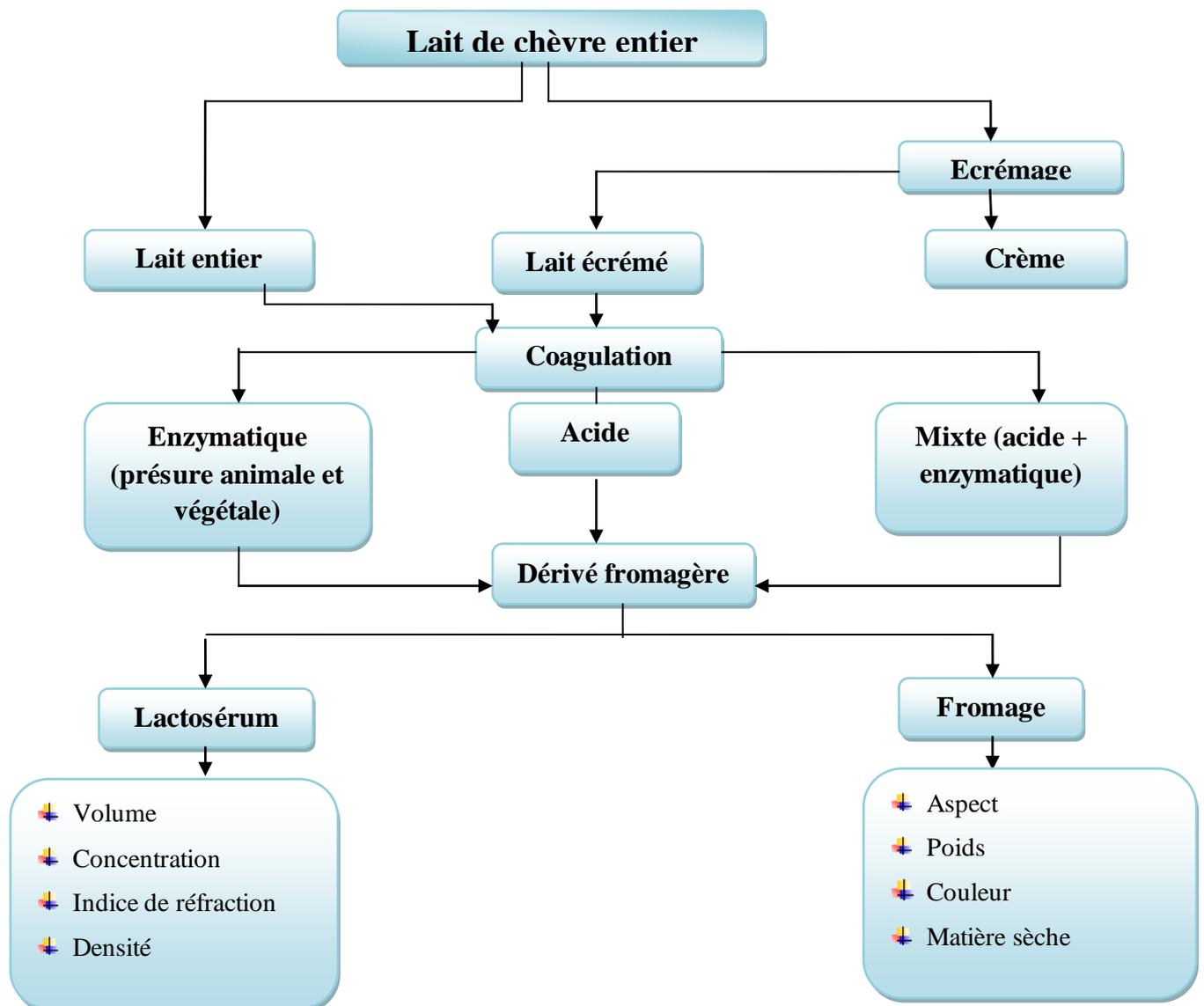


Figure 01 : << Protocole expérimentale >>

### 3. Matériel expérimentale :

#### 3.1 Matériel animal :

Dans notre travail nous avons utilisé le lait des chèvres ARBIA et MAKATIA élevées dans la ferme de monsieur Bouragba Hmida à (**HASSI BAHBAH,2013**).

##### 3.1.1. Race ARBIA :



**Figure 02** : La chèvre ARBIA (ferme de Bouragba Hmida, Hassi Bahbah)

##### 3.1.2. Race MAKATIA :



**Figure 03** : chèvre MAKATIA (ferme de Bouragba Hmida, Hassi Bahbah)

### **3.1.3. Conduite alimentaire et traite :**

L'âge des chèvres âgées est entre 7 mois à 2 ans, leur régime alimentaire est basé sur les prairies naturelles (fourrage vert) et dans les périodes sèches basées sur l'ensilage. Pour la traite : la traite des chèvres se fait à 7 h le lait était rempli dans des bouteilles propres et conduit directement aux laboratoires.

## **3.2. Appareillage et produits :**

### **3.2.1. Appareils :**

- Balance
- Centrifugeuse
- Pipettes graduées
- Burette
- Bécher
- Capsule
- Tube a essai
- Etuve
- Pycnomètre
- Bain marie
- Spatule ;
- Thermomètre
- Ph mètre
- Réfractomètre
- Agitateur.magnétique

### 3.2.2. Réactifs et produits utilisée :

- Présure animale sous forme liquide ( 1 ml pour 100 ml de lait )
- Présure végétale sous forme liquide ( 1 ml pour 100 ml de lait )
- Acide lactique
- NaOH et Acide borique.

### 3.3. Présure végétale (*Cynara cardunculus*) :

*Cynara cardunculus* ou appelée aussi Carde, cardon, Cardonette ou Chardon d'Espagne, est une plante bisannuelle, vivace par ses rejets, qui se développe d'abord en rosette, puis émet une tige principale épaisse et rameuse qui peut atteindre deux mètres de haut. Les feuilles très grandes, longues, profondément divisées en lobes aigus, de couleur gris argenté, sont longuement pétiolées. Le pétiole qui se prolonge en nervure principale est large et charnu, et constitue la partie comestible des côtes de cardons (on récolte le pétiole des grandes feuilles extérieures).

Les fleurs, bleu violacé, sont réunies en capitules qui apparaissent à partir de la deuxième année. Ces capitules, entourés d'un involucre de bractées pointues, mais plus petits que ceux de l'artichaut, sont également comestibles. Les graines sont des akènes oblongs surmontés d'une aigrette plumeuse qui se séparent facilement (COSTE, 2002) .



**Figure4 :** *Cynara cardunculus* (COSTE, 2002).

#### **4. Méthodes :**

##### **4.1. Extraction d'enzyme à partir du *Cynara cardunculus* :**

Une quantité de 10g de fleurs de Cynara (séchées pendant 21 de jours) sont broyées dans un 50 ml de solution salée à 0.9% de Na Cl et 50ml d'acide borique de 0.2% comme antiseptique. Le Na Cl servant à augmenter la pression osmotique de la solution et permettent de favorise le passage de l'enzyme contenue dans les cellules végétales vers la solution (TSOULI, 1979).

Ces préparations sont congelées à -18°C pendant 24 heures pour briser les structures cellulaires végétales. Après décongélation, la matière végétale est mise en macération pendant 24 avec une agitation douce. Ces opérations favorisent le passage de l'enzyme de la cellule vers la solution (TSOULI, 1979).

Après macération, la préparation est filtrée à travers un papier filtre, les déchets sont écartés. La solution est centrifugée à 700 tours/min pendant 45minutes (TSOULI, 1979).

Le surnageant est récupéré, filtré sur papier filtre. La solution enzymatique brute Obtenue est ajustée au pH=5 qui favorisé de bonne stabilité de l'enzyme (MORSLI et al. 1985).

##### **4.2. Préparation de fromage :**

Les mêmes étapes étaient suivies pour les laits des deux races ARBIA et MAKATIA

Avant de préparer nos fromage, on a procédé à déterminer le pH du lait collecté dans chaque essai.

La mesure directe du pH renseigne sur l'état de l'acidité du lait. Dans un bécher, nous avons plongé l'électrode du pH mètre dans ce bécher qui contienne 10 ml du lait et lire la valeur du pH affichée directement.

##### **Essai 01 : Préparation du fromage par un lait entier (coagulation enzymatique) :**

Premièrement on met dans un bécher 100 ml du lait entier, puis on place la solution sur un agitateur magnétique chauffant à 25 à 30 °C, on ajoute 01 ml de présure animale après ça on compte la durée de coagulation et on les laisse reposer 24h puis on sépare le lactosérum par une filtration simple enfin on conserve les produits AEPA et MEPA et leurs lactosérums à basses températures .

**Tableau 13 : pH des laits (essai 01)**

Races	pH avant	pH après
ARBIA	7.06	7.29
MAKATIA	6.50	6.45

**Essai 02 : Préparation du fromage par un lait écrémé (coagulation enzymatique) :**

Premièrement on introduit dans des tubes à essai 5 ml de lait. Puis on les place dans la centrifugeuse pendant 15 mn. Après à l'aide d'une compresse on récupère le lactosérum doucement en éliminant la crème. Puis on met dans un volume de lait écrémé égale à 100 ml. On ajoute 01 de présure animal et place la solution sur un agitateur magnétique chauffant à 25 à 30 °C et compte la durée de coagulation on les laisse reposer 24 h après ça on sépare le lactosérum par une filtration simple et conserve les produits AECPA et MECPA et leurs lactosérum à basses températures .

**Tableau 14 : pH des laits (essai 02).**

Races	pH avant	pH après
ARBIA	7.06	6.97
MAKATIA	6.93	6.58

**Essai 03 : Préparation du fromage par un lait entier (coagulation enzymatique) :**

Premièrement on met dans un bécher 100 ml du lait entier, puis on place la solution sur un agitateur magnétique chauffant à 25 à 30 °C, on ajoute 01 ml de présure végétale après ça on compte la durée de coagulation on les laisse pour reposer 24h puis on sépare le lactosérum par une filtration simple et enfin on conserve les produits AEPV et MEPV et leurs lactosérum à basses températures.

**Tableau 15 : pH des laits (essai 03).**

Races	pH avant	pH après
ARBIA	6.90	6.45
MAKATIA	6.95	6.35

#### **Essai 04 : Préparation du fromage par un lait écrémé (coagulation enzymatique) :**

Premièrement on introduit dans des tubes à essai 5 ml de lait. Puis on les place dans la centrifugeuse pendant 15 mn. Après à l'aide d'une compresse on récupère le lactosérum doucement en éliminant la crème puis on met dans un volume de lait écrémé égale à 100 ml. On ajoute 01ml de présure végétale et place la solution sur un agitateur magnétique chauffant à 25 à 30 °C et compte la durée de coagulation on les laisse reposer 24 h après ça on sépare le lactosérum par une filtration simple et conserve les produits AECPV et MECPV et leurs lactosérum à basses températures

**Tableau 16 :** pH des laits (essai 04).

<b>Races</b>	<b>pH avant</b>	<b>pH après</b>
<b>ARBIA</b>	6.76	6.20
<b>MAKATIA</b>	6.94	6.53

#### **Essai 05 : Préparation du fromage par un lait entier (coagulation acide) :**

Premièrement on met dans un bécher 100 ml du lait entier. puis on place la solution sur un agitateur magnétique chauffant à 25 à 30 °C on ajoute à l'aide d'une pipette l'acide lactique gout à gout jusqu'au le pH égale à 4.6, après ça on compte la durée de coagulation on les laisse reposer 24h puis on sépare le lactosérum par une filtration simple enfin on conserve les produits AEAL et MEAL et leurs lactosérum à basses températures

**Tableau 17 :** pH des laits (essai 05).

<b>Races</b>	<b>pH avant</b>	<b>pH après</b>
<b>ARBIA</b>	6.64	4.6
<b>MAKATIA</b>	6.56	4.6

### **Essai 06 : Préparation du fromage par un lait écrémé (coagulation acide) :**

Premièrement on introduit dans des tubes à essai 5 ml de lait. Puis on les place dans la centrifugeuse pendant 15 mn. Après à l'aide d'une compresse on récupère le lactosérum doucement en éliminant la crème. on met dans un volume de lait écrémé égale à 100 ml on place la solution sur un agitateur magnétique chauffant à 25 à 30 °C puis on ajoute A l'aide d'une pipette l'acide lactique gout a gout jusqu'au le pH égale à 4,6 et compte la durée de coagulation, on les laisse reposer 24h après ça on sépare le lactosérum par une filtration simple et conserver les produits AECAL et MECAL et leurs lactosérum à basses températures.

**Tableau 18 :** pH des laits (essai 06) .

<b>Races</b>	<b>pH avant</b>	<b>pH après</b>
<b>ARBIA</b>	6.53	4.6
<b>MAKATIA</b>	6.67	4.6

### **Essai 07 : Préparation du fromage par un lait entier (coagulation Mixte) :**

Premièrement on met dans un bécher 100 ml du lait entier. puis on Place la solution sur un agitateur magnétique chauffant à 25 à 30 °C on ajoute a l'aide d'une pipette l'acide lactique gout a gout jusqu'au le pH égale à 5.2, a cette valeur de pH on ajoute 1ml de présure animale ,après ça on compte la durée de coagulation on les laisse reposer 24h puis on sépare le lactosérum par une filtration simple. enfin on conserve les produits AEPAAL et MEPAAL et leurs lactosérums à basses températures.

**Tableau 19 :** pH des laits (essai 07).

<b>Races</b>	<b>pH avant</b>	<b>pH après</b>
<b>ARBIA</b>	6.62	5.12
<b>MAKATIA</b>	6.56	5.17

### **Essai 08 : Préparation du fromage par un lait écrémé (coagulation Mixte) :**

Premièrement on introduit dans des tubes à essai 5 ml de lait, puis on les place dans la centrifugeuse pendant 15 mn, après a l'aide d'une compresse on récupère le lactosérum doucement en éliminant la crème puis on met dans un volume de lait écrémé égale à 100 ml, on place la solution sur un agitateur magnétique chauffant à 25 à 30 °C puis on ajoute A l'aide d'une pipette l'acide lactique gout a gout jusqu'au le pH égale à 5.2. A cette valeur de pH on ajoute 1ml de présure animale et compte la durée de coagulation, on les laisse reposer 24h après ça on sépare le lactosérum par une filtration simple et on conserve les produits AECPAAL et MECPAAL et leurs lactosérum à basses températures.

**Tableau 20** : pH des laits (essai 08) :

<b>Races</b>	<b>pH avant</b>	<b>pH après</b>
<b>ARBIA</b>	6.62	5.33
<b>MAKATIA</b>	6.56	5.43

### **Essai 09 : Préparation du fromage par un lait entier (coagulation Mixte) :**

Premièrement on met dans un bécher 100 ml du lait entier. puis on Place la solution sur un agitateur magnétique chauffant à 25 à 30 °C on ajoutant a l'aide d'une pipette l'acide lactique gout a gout jusqu'au le pH égale à 5.2, a cette valeur de pH on ajoute 1ml de présure végétale ,après ça on compté la durée de coagulation on les laisser pour reposer 24h puis on sépare le lactosérum par une filtration simple enfin on conserve les produits AEPVAL et MEPVAL et leurs lactosérums à basses températures.

**Tableau 21** : pH des laits (essai 09) :

<b>Races</b>	<b>pH avant</b>	<b>pH après</b>
<b>ARBIA</b>	6.46	5.20
<b>MAKATIA</b>	6.43	5.34

### Essai 10 : Préparation du fromage par un lait écrémé (coagulation Mixte) :

Premièrement on introduit dans des tubes à essai 5 ml de lait, puis on les place dans la centrifugeuse pendant 15 mn, après a l'aide d'une compresse on récupère le lactosérum doucement en éliminant la crème puis on met dans un volume de lait écrémé égale à 100 ml, on place la solution sur un agitateur magnétique chauffant à 25 à 30 °C puis on ajoute a l'aide d'une pipette l'acide lactique gout a gout jusqu'au le pH égale à 5.2. a cette valeur de pH on ajoute 1ml de présure végétale et compté la durée de coagulation, on les laisse reposer 24h après ça on séparer le lactosérum par une filtration simple et conserver les produits AECPVAL et MECPVAL et leurs lactosérum à basses températures.

Tableau 22 : pH des laits (essai 10) :

Races	pH avant	pH après
ARBIA	6.20	5.30
MAKATIA	6.43	5.16

### 4.3. Méthodes d'analyse du fromage :

#### 4.3.1 Détermination du poids du fromage :

D'après (MAZOYER 2002), le poids est la mesure de la force résultante de l'action de la pesanteur sur les molécules d'un corps, exprimée dans une unité déterminée << gramme, Kilogramme, Tonnes.....etc. >>.

Pour déterminer le poids des fromages obtenus, on a utilisé la balance de précision après chaque égouttage.

#### 4.3.2. Détermination de la matière sèche du fromage :

La matière sèche est la masse restante après dessiccation complète dans une étuve à température de 105 °C pendant 5 heures.

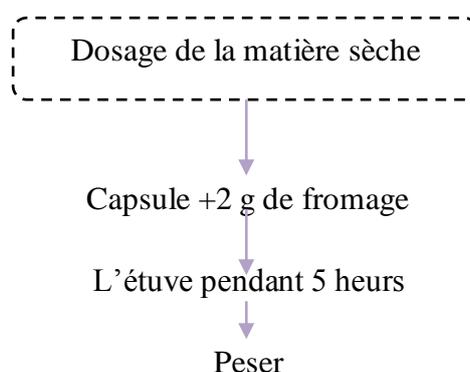


Figure 02 : Dosage de la matière sèche

La teneur en matière sèche (MS) est exprimée en pourcentage est égal à :

$$MS = (M_1 * 100) / M_0 \quad \text{Où :}$$

$M_1$  : masse (g) de fromage après séchage

$M_0$  : masse (g) de fromage avant séchage

#### 4.3.4 Propriétés organoleptiques “ couleur et texture ” :

La détermination des propriétés organoleptiques portera sur la couleur et la texture des fromages issus des différentes préparations.

- La couleur relevant de la vision,
- La texture relevant du Touchet,

#### 4.4. Méthodes d’analyses physicochimiques du lactosérum :

##### 4.4.1. Volume des lactosérums dégagés :

Après la séparation des deux phases : liquide (lactosérum) et solide (fromage) nous avons procédé à la détermination du volume dégagé, en utilisant une pipette pour extraire le sérum qui sera déposé dans une éprouvette afin de calculer le volume.

##### 4.4.2. Densité :

D’après (CROSS ,1968) cité par (GARADI 2008), la densité est le rapport d’un corps à celle du même volume d’eau.

La détermination de la densité se fait à l’aide d’un pycnomètre selon la méthode (d’AFNOR NF 60 -214, 1969) qui consiste à :

- Peser le pycnomètre vide ( $p_0$ ) ;
- Peser le pycnomètre plein ( $p_1$ ) ;
- Sécher le pycnomètre à l’alcool puis l’éther, ensuite on doit le remplir avec l’échantillon et le peser.

$$D = (P_2 - P_0) / (P_1 - P_0)$$

Avec :

$P_0$  : poids du pycnomètre vide en gramme ;

$P_1$  : poids du pycnomètre rempli d'eau en gramme ;

$P_2$  : poids du pycnomètre rempli d'échantillon en gramme.

#### 4.4.3. Indice de réfraction :

L'indice de réfraction permet la détermination du degré de pureté du liquide, il est mesuré par le réfractomètre (**CROSS ,1968**) cité par (**GARADI, 2008**).

Pour mesurer l'indice de réfraction nous avons utilisé la méthode d'**AFNOR NF 60-22, 1968** qui consiste à :

- Etalonner la réfraction avec l'eau distillée dont l'indice de réfraction est égale à 1.3333.
- Laver les prismes du réfractomètre à l'acétone et les essuyer un papier hygiénique Brancher la circulation d'eau sur le thermostat à la température choisis dans notre cas nous avons choisis 25 °C.
- Verser entre les prismes 2 à3 gouttes de l'échantillon.
- Déplacer la lunette de visée pour que la ligne de séparation de la plage claire et de la plage sombre se situe à la croisée des fils de réticule.
- Lire l'indice de réfraction de la solution étudiée.

#### 4.4.4. Concentration de lactosérum :

Selon( **BENLABIAB,2007**), la concentration d'une solution est une mesure de la quantité de soluté présente dans une unité de volume de solution. La définition de la concentration dépend de la façon dont la quantité de soluté mesurée, elle peut être :

- La masse du soluté contenue dans une unité de volume de solution et dont l'unité la plus couramment utilisée est le g/l ;
- Le pourcentage de partie de soluté présent dans 100 parties de solution, dans ce cas on détermine combien de grammes de soluté sont dissous dans 100 ml de solution.

La concentration est mesurée à l'aide du réfractomètre précédent suivant la même mode opération, il suffit uniquement de lire la concentration qui correspond à l'indice de réfraction " concentration et indice de réfraction sur la même ligne " .

#### 4.4.5. Mesure de pH :

D'après (MATHIEU,1998), le pH d'une solution est le cologarithme de la concentration molaire de l'ion hydronium  $\text{pH} = -\log [H_3O^+]$

Le produit ionique de l'eau  $[H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$

En milieu neutre :  $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$

$$\text{pH} = -\log [H_3O^+] \quad \rightarrow \quad \text{pH} = -\log [10^{-7}] \quad \rightarrow \quad \text{pH} = 7$$

Dans notre étude, l'appareil utilisé pour mesurer le pH mètre préalablement étalonné par des solutions tampons.

## 1. Etude des caractéristiques du fromage et lactosérum obtenus :

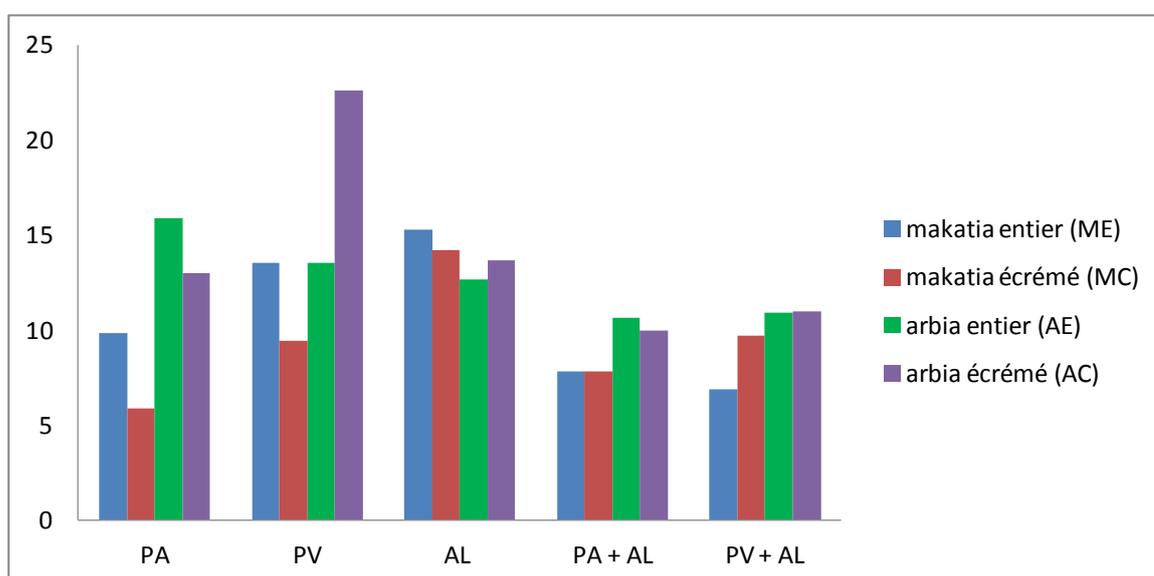
### 1.1. Etude des caractéristiques du fromage :

#### 1.1.1. Poids des fromages :

Le rendement fromager est défini par le nombre de kg du fromage obtenu à partir de 100 L du lait (**DRARENI et SAMOI, 2005**).

D'après (**MIETTON et al.1994**), ce rendement est l'expression mathématique de la quantité du fromage obtenue à partir d'une quantité donnée de lait souvent 100 kg.

Les valeurs du poids et du rendement des fromages issus des deux races ARBIA et MAKATIA, sont présentées respectivement dans la figure N° 03.

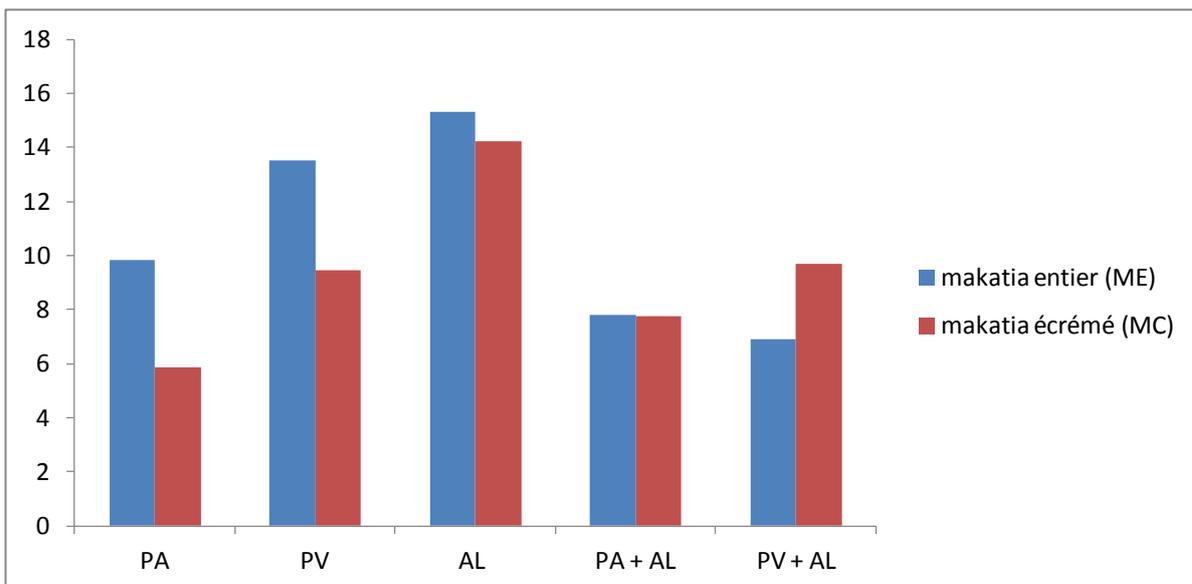


**Figure 03** : poids des fromages fabriqués (g)

D'après l'histogramme, nous pouvons constater que les valeurs du poids des fromages les plus intéressantes sont enregistrées pour les ACPV, AEPA, MEAL.

Pour les types de coagulation, les poids des fromages préparé par PA, PV et AL, très élevé que le fromage préparé par PV+AL, PA+AL.

Au sein de la même race, on remarque (figure 04 et figure 05) :

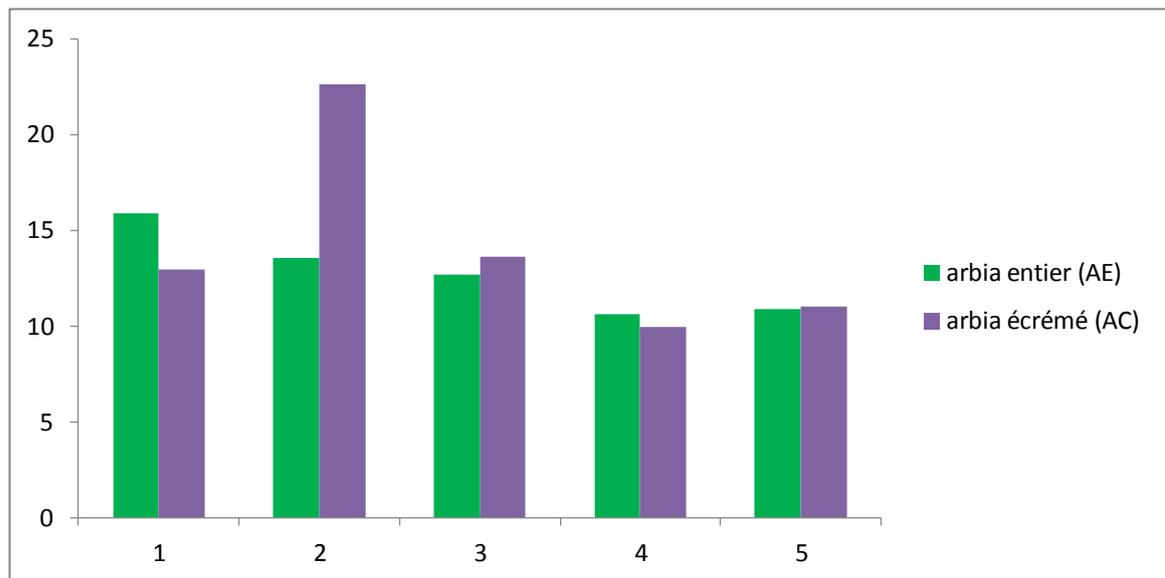


**Figure04** : poids des fromages fabriqués par le lait de la race MAKATIA

Les poids des fromages issu d'un lait entier MAKATIA sont supérieurs aux fromages issus d'un lait écrémé dans tous les types de coagulation sauf dans la coagulation mixte PV+AL.

Cette supériorité est expliquée par la précipitation de la matière grasse avec la caséine pour donner un coagulum dont le poids est plus intéressant.

Donc l'écrémage provoque une perte importante des poids des coagulums et un grand écart entre les valeurs des poids obtenus.



**Figure 05** : Poids des fromages fabriqué par le lait de la race ARBIA

Les poids des fromages issu d'un lait entier ARBIA préparé par PA+AL et PA sont supérieurs que lait écrémé. et les poids des fromages de lait écrémé préparé par PV et AL est supérieure aux laits entier.

Et même poids des fromages issu de lait entier ou écrémé préparé par PV+AL. Cette supériorité peut être expliquée par l'action de l'agent de coagulation.

### 1.1.2. Couleur des fromages :

Le fromage de la race ARBIA a présenté une couleur blanche par rapport à une couleur jaune très claire pour la race MAKATIA ce qui dévoile l'effet racial (figure04 et figure 05).

Cette remarque peut être expliquée par la différence de composition laitière (ou la structure de leur matière grasse qui est relativement pauvre en B carotène = 0.10(LUBIN ,1998). (B carotène qui influe la couleur du lait (jaune foncé), cette structure est spécifique pour chaque race (l'effet génétique ou racial).

Les fromages réalisés avec des laits issus d'ensilage d'herbe sont plus jaunes que ceux réalisés avec des laits issus de foin( MARTIN et al. 2003)

La couleur des produits laitiers est influencée par l'alimentation de la chèvre, comparativement à l'herbe, quel que soit son mode de conservation « foin, ensilage ou pâturage », le maïs conduit à des beurres ou des fromages plus blanc « raison de sa très faible teneur en carotènes» (VERDIER et al, 1995)



**Figure 04** : fromage de la race MAKATIA



**Figure05** : fromage de la race ARBIA

### 1.1.3 Texture des fromages

Entre les fromages préparés d'un lait entier figure 04 et ceux préparé d'un l'ait écrémé (figure 05) on remarque que ces derniers sont plus friables du à l'absence de la matière grasse qui avec la caséine précipité pour former une coagulation dont la texture est plus rigide.

Selon **FAO 1998**, la friabilité dépend des modes de coagulation ; elle est forte pour une coagulation acide, et faible pour une coagulation enzymatique.

D'après les travaux de **RAMET, 1993** toute acidification entraine une déminéralisation de la caséine qui conduit lors de la coagulation à une friabilité et à une diminution de l'aptitude à l'égouttage.

La friabilité des fromages préparés par l'acide lactique (figure 008) est plus importante que celle des fromages préparés par la Cynara et la présure (figure 009).

La texture des fromages préparés par PV+AL et PA+AL est molle, Les fromages préparés par PA et PV caractérisé par une texture ferme et onctueuse avec possibilité de la présence de quelques trous de fermentation.



**Figure 06** :MAKATIA acide lactique lait entier



**Figure 07** : ARBIA présure végétale lait écrémé



**Figure 08** : MAKATIA présure animale entier

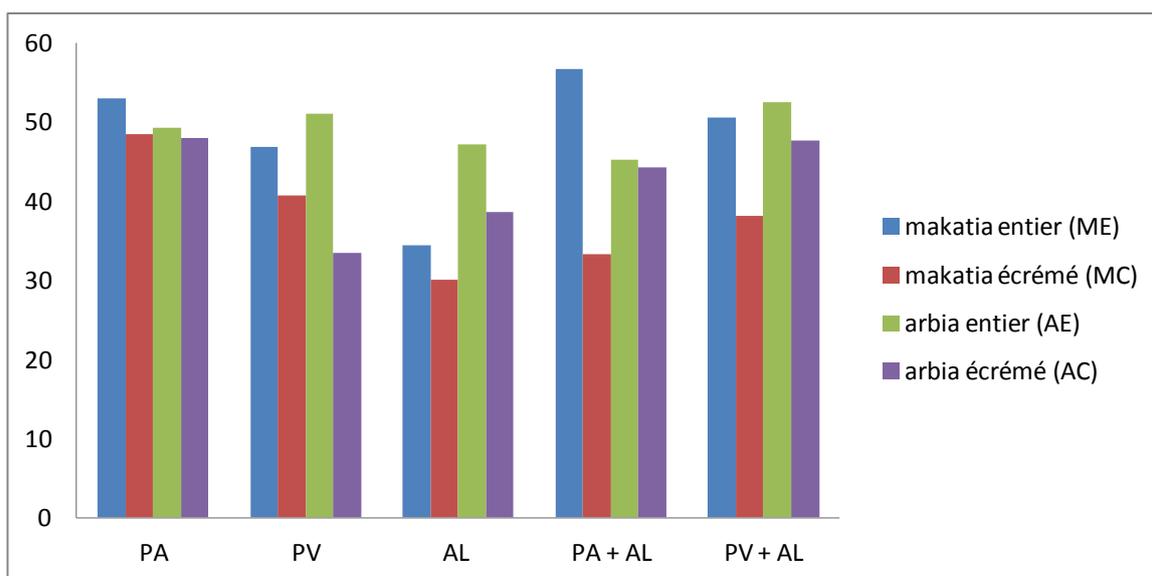


**Figure 09** :MAKATIA présure animale lait écrémé

#### 1.1.4. La matière sèche des fromages :

Après pesage des fromages obtenus nous avons enregistré une variation des pourcentages de la matière sèche d'une préparation à l'autre.

D'après les histogrammes (figure 06), nous pouvons constater que les valeurs de la matière sèche les plus intéressantes caractérisés les fromages de lait entier préparés par la présure animal, Cynara, acide lactique et mixte. Alors que nous constatons un taux de matière sèche est moins élevé pour les fromages du lait écrémé.



**Figure 06** : poids de la matière sèche en %

La matière sèche la plus intéressante caractérise le fromage du lait entier de la chèvre MAKATIA préparé par présure animal et l'acide lactique ME (PA+AL) avec une valeur de 56,66%.

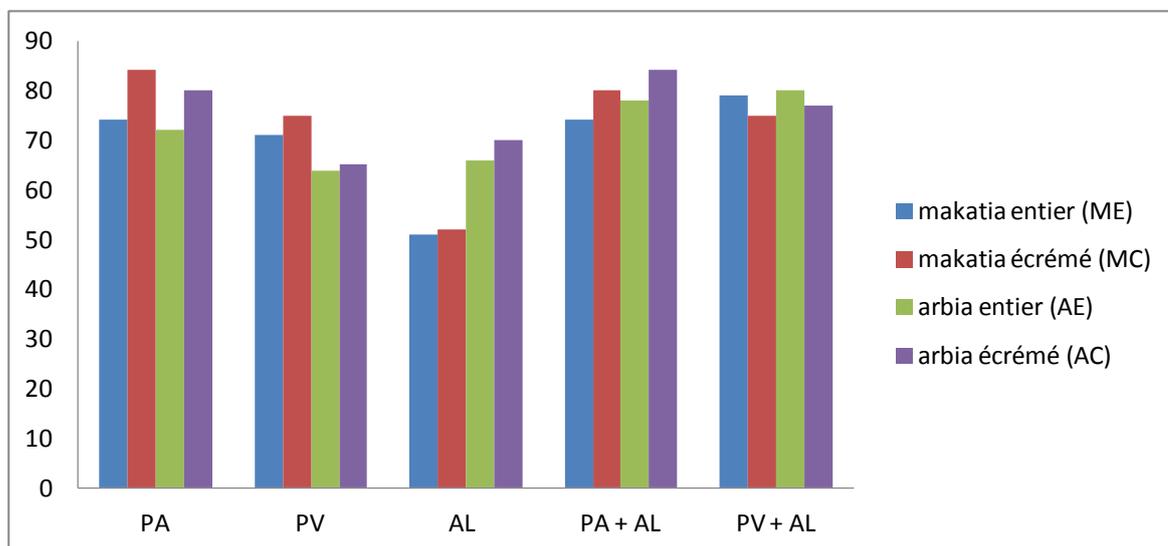
On remarque que les fromages issus des laits entiers présentent des taux de matière sèche élevés par rapport à ceux préparés avec des laits écrémés. Donc l'utilisation d'un lait riche en crème a donné un coagulum dont le pourcentage de la matière sèche est plus important.

L'histogramme a montré qu'il existe une différence entre les pourcentages de la matière sèche des ME, MC, AE et AC qui est dû à l'utilisation des différents agents coagulants.

## 2.2. Etude des caractéristiques des lactosérums :

### 2.2.1. Volumes :

Après chaque extraction de lactosérum, nous avons procédé à la détermination du volume dégagé. Les valeurs trouvées sont présentées dans la figure N°07.



**Figure 07 :** volume des lactosérums dégagés lors des cinq modes de coagulation

D'après l'histogramme, nous pouvons enregistrer une variation importante des valeurs des volumes des lactosérums dégagés après chaque coagulation.

Les volumes les plus élevées sont 80 ml et 81 ml respectivement pour PAMC et AC (PA+ AL), et les volumes les moins importants ont été enregistrés par ALME avec un volume de 51ml.

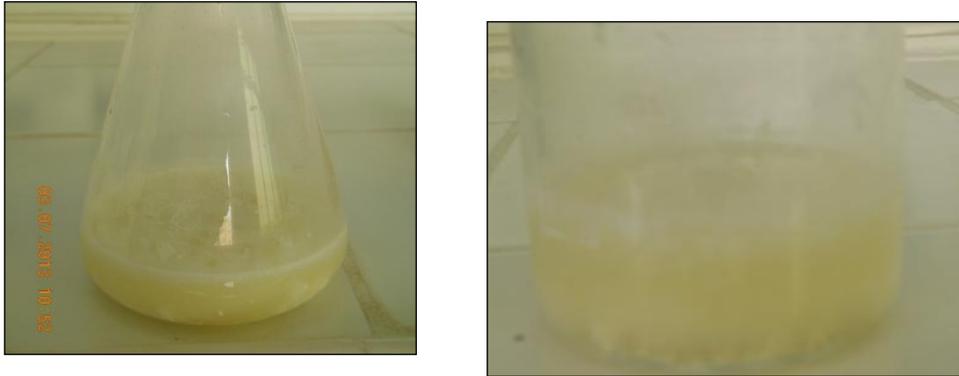
Les résultats obtenus sont comparables à ceux porté par les travaux de la (FAO ,1995) où elle a présenté que les quantités de lactosérums représentent au moins 85% du lait transformé en fromage.

### 2.2.2 Aspect général :

Le lactosérum est un produit liquide de couleur verte claire (Photo 10) due à sa richesse en protéine solubles, en azote non protéique « l'urée », et la présence des pigments (ACEM ,2001).

D'après (HAMIDI 2005), le lactosérum est un produit liquide de couleur claire verdâtre surtout durant la période où les chèvres se trouvaient sur les pâturages. Cela veut dire que

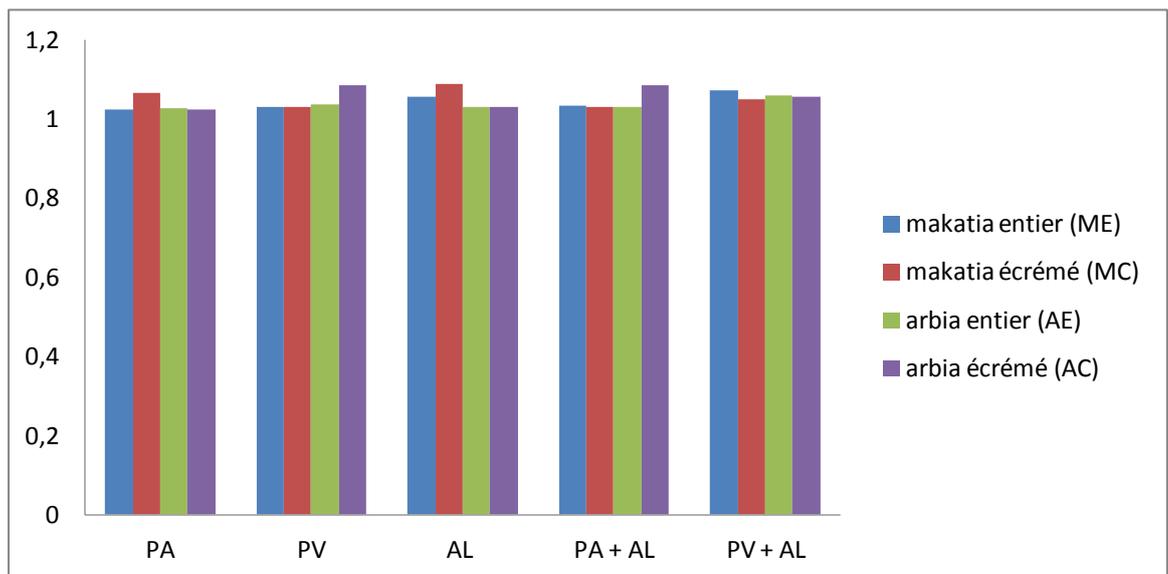
le régime alimentaire est le responsable de l'intensité de la couleur verte du liquide, cette tendance est confirmée dans notre travail.



**Photo 10** : de lactosérome ARBIA et MAKATIA

### 2.2.3 Densité :

Les résultats de la densité sont présentés dans la figure N°08.



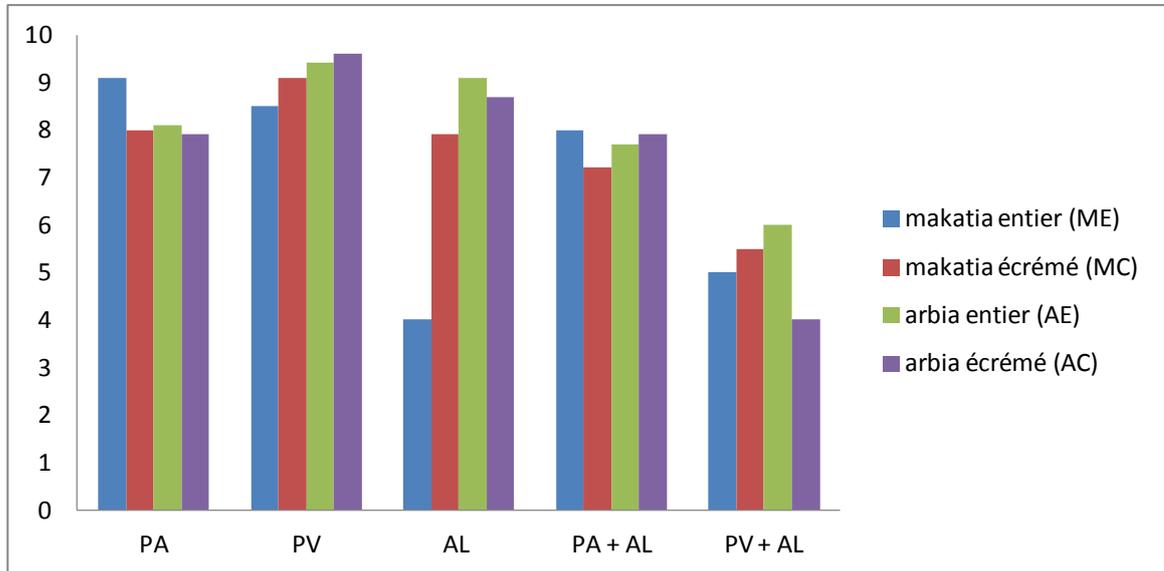
**Figure 08** : la densité des lactosérums.

D'après les l'histogramme, on remarque les valeurs de densité les plus importantes sont données par MEAL et AEPV avec des valeurs respectivement de 1,0873 et 1,0855. Et les valeurs les moins intéressantes sont données par AE (PA+AL) avec une densité de 1,0226968.

D'après( **BOUDIER et LUQUET ; 1980**), la densité dépend de la teneur en matière sèche, matière grasse et ainsi de la température, cela explique la variation de nos résultats (variation des taux de matière sèche, pour le taux de matière grasse et la température)

#### 2.2.4. Concentration

Les résultats de la concentration sont donnés en g/l dans la figure N°09



**Figure 09** : la concentration des lactosérums (g/l).

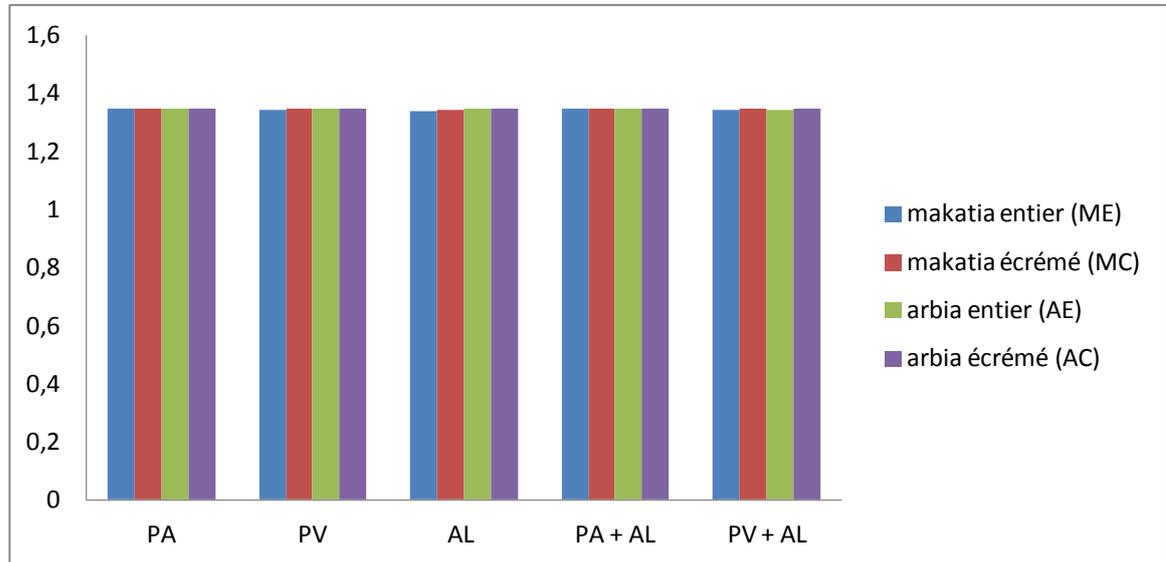
L'examen de l'histogramme nous permet de constater qu'il y a une variation des valeurs de la concentration qui caractérisent les lactosérums issus des différents laits des races étudiées, cette variation peut aller de 72 g/l enregistrée chez MC (PA+AL) à 96 g/l chez ACPV.

Nos résultats sont comparables à ceux trouvés par (HAMIDI, 2005) qui a enregistré une concentration de 73g/l pour le lactosérum caprin.

La variation de la concentration du lactosérum dépend de l'origine du lactosérum « caprin ou bovin », du mode d'élevage « alimentation » ainsi que de la technique appliquée pour provoquer la coagulation du lait (HAMIDI, 2005).

### 2.2.5 Indice de réfraction :

Les résultats de l'indice de réfraction sont représentés sur la figure N°10.



**Figure 10** : indice de réfraction des lactosérums.

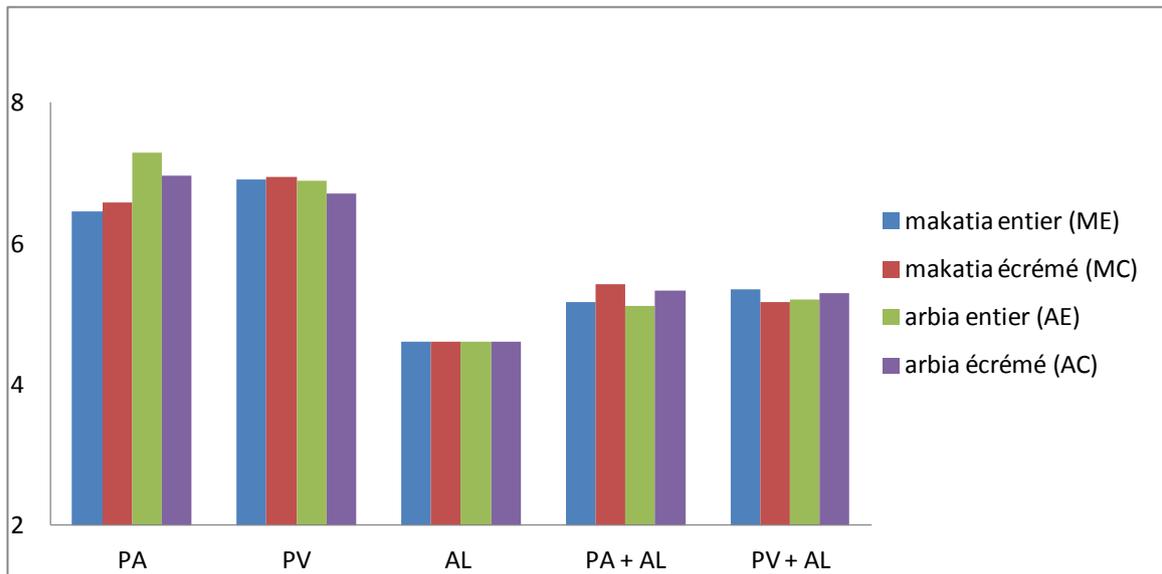
D'Après les résultats obtenus, on peut remarque que les valeurs de l'indice de réfraction sont proches entre eux.

Nous avons remarqué également que nos résultats coïncident à ceux trouvés par (HAMIDI, 2005) qui a donné un indice de réfraction de 1,3435 pour le lactosérum caprin.

L'indice de réfraction varie suivant les altérations causées par la réaction enzymatique lors de coagulation du lait.

## 2.2.6. pH

Les valeurs du pH sont portées sur la figure N° 11



**Figure 11** : Résultats du pH des lactosérums.

L'histogramme a montré que les valeurs du pH sont différentes.

La figure 11, présente une variation du pH entre les types de lactosérums, cette variation est le résultat de l'utilisation trois agents de coagulations différentes :

La coagulation lactique repose sur l'addition de l'acide lactique jusqu'à  $\text{pH} = 4,4$  ce qui acidifie le milieu et par conséquent diminue le pH du filtrat «lactosérum acide»

La coagulation enzymatique consiste à additionner de la présure (chymosine) ou Cynara qui contient une enzyme responsable de la coagulation du lait sans modifier le pH du filtrat qui reste très proche du pH du lait de chèvre « lactosérum doux».

## Conclusion

Notre essai a permis de préciser, l'impact de l'efficacité d'utilisation trois voies de coagulation ; voie enzymatique : présure animal et végétal (*Cynara cardunculus*) ; par voie acide : acide lactique et par voie mixte, pour coaguler le lait de la race ARBIA et MAKATIA. Et d'après les résultats que nous avons obtenus on conclut que :

Le rendement fromager du lait ARBIA est supérieur à celui de MAKATIA. Chaque agent de coagulation à donne un poids de fromage différent à l'autre. La coagulation enzymatique par la présure et Cynara et la coagulation lactique donnent un rendement fromager supérieur à ceux de la mixte.

Le rendement fromager le plus intéressant caractérise le fromage du lait écrémé de la chèvre ARBIA préparé par présure végétale avec une valeur de 22,58g.

Donc on peut conclure que le *Cynara* adaptée mieux avec lait écrémé pour donner un meilleur rendement.

Les fromages obtenus du lait de la race ARBIA sont caractérisés par une couleur blanche et ceux de la race MAKATIA présentent une couleur jaunâtre très claire.

Les fromages de la race ARBIA et race MAKATIA obtenus par la coagulation enzymatique et la coagulation mixte, sont rigides en comparaison avec les fromages issus de la coagulation acide à cause des réactions chimiques subites.

Le volume des lactosérums obtenu par la coagulation lactique est nettement inférieur à celui obtenu par PV, PA et mixte.

Les caractères organoleptiques des fromages préparés avec l'extrait de "*Cynara cardunculus L.*" diffèrent nettement de ceux des fromages préparés avec la présure en raison d'une consistance plus molle et d'une amertume très prononcée. Les résultats obtenus sont comparables à ceux portés par les travaux de (MANUELA BARBOSA et al 1976).

Enfin les conclusions qui se dégagent de ce travail ne peuvent être que provisoires en raison du faible nombre d'essai (quantité du lait collectée) et méritent d'être approfondies sur un plus grand nombre de chèvre des races steppiques.

- ❖ **ABDICHE F., 1989.-** La chèvre laitière de race Alpine : Comportement productif observé à la station d'élevage d'Ain El-Hadjjar. Thèse .Ing, I.N.A. El-Harrach (Alger).
- ❖ **ACEM K.,2001.-** Etude des propriétés émulsifiantes du lactosérum en vue de sa valorisation dans le domaine cosmétique. thèse magister, ISA Tiaret, 87p
- ❖ **ANDRE ECK .2006.-** Le fromage, p24.
- ❖ **BARRY AND DONNELLY, 1980; RAMPILLI ET AL, 1988).-** The results indicate that qualitative and quantitative variations of micellar system
- ❖ **BELEGROUNE .,2012.-**études sur les races caprins, instituts technologique moyenne d'agronomie, Djelfa.
- ❖ **BERROCAL R., 2000.-** Produits alimentaires intermédiaires: Dérives laitiers. Article Banque de données statistiques de la FAO (FAOSTAT), 2005.
- ❖ **BOULBERHANE D., 2001.-** Journée d'étude sur l'élevage caprin, Bejaia, Algérie.
- ❖ **CAYOT P.H. ET LORIENT D., 1998.-** Structures et techno-fonctions des protéines du lait ARILAIT Recherches. Tec et Doc Lavoisier.
- ❖ **CHEFTEL JEAN-CLAUDE, HENRI., 1977.-** Introduction a la biochimie et a la technologie des aliments -TEC & DOC – LAVOISIER, 1977, 78 p.
- ❖ **CORCY J.C., 1991.-** La chèvre .Ed : la maison rustique, Paris, p256.
- ❖ **COSTE. 2002. –** Cinara cardunculus, F63, composées- G399,t2,p364
- ❖ **DALGLEISH D.G., 1998.-** Casein micelles as colloids: Surface, structure and stabilities. J Dairy Sci. 81: 3013-3018.
- ❖ **DALGLEISH D.G. SPAGNUOLO P.A. GOFF H.D., 2004. -** A possible structure of the casein micelle based on high-resolution field-emission scanning electron microscopy. International dairy journal 14 (2004) 1025-1031.
- ❖ **DARLING., DISKSON ., EHSANI. 1979.-** effet of cations and anions on the rate of the acidic coagulation.
- ❖ **DEKKICHE Y., 1987.-** Etude des paramètres zootechniques d'une race caprine améliorée (alpine) et de deux population locales (Makatia et Arbia) élevage intensif dans zone steppique ( Laghouat).Thèse ing, I.N.A.El-Harrach ( Alger).

- ❖ **DRARENI M., SAMOI N., 2005.**-Contrôle de la qualité microbiologique et physico-chimique d'un fromage à pâte pressée type EDAM et essai d'amélioration .Mémoire d'Ingénieur. Université Saad Dahleb, Blida.101p.
- ❖ **D.S.A .2010.**- Statistiques de la direction des services agricoles, Djelfa.
- ❖ **EIYEL.W.N., BUTLES.J.E., ENSTROM .C.A., 1984.**- Nomenclature of proteins of cow's milk .Dairy sci 67.1599-1631.
- ❖ **ERNSTROM C.A ET WONGT N.P.**- milk colting enzymes and cheese chemistry, fundamentals of dairy chemistry.
- ❖ **F.A.O, 1990 ; 1997 ; 1998.**- Annuaire de la production, Rome, Italie.
- ❖ **F.A.O, 1998.**- le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, collection.
- ❖ **F.A.O /OMS., 1999.** -programme mixte F.A.O/ OMS sur les normes alimentaires. Rom, 28 Juin 3 juillet 1999
- ❖ **FEHR P.M., 1976.** -L'élevage caprin et ses particularités .rue Claude Bernard, Paris, France.
- ❖ **GELAIS D.; BABA ALI O.; TURCOT .S, 2003.** -Composition de lait de chèvre et aptitude à transformation. Publication du centre de recherche et de développement sur les aliments, CANADA.
- ❖ **GARADI M. S., 2008.**-Essai de coagulation du lait de dromadaire par la couche de kaolin du gésier des poules, thèse ing, Cu Djelfa, pp13-24
- ❖ **HAMIDI M., 2005.**-Etude des propriétés émulsifiantes du lactosérum caprin en vue de sa valorisation dans le domaine cosmétique, thèse magister, Cu Djelfa 96.
- ❖ **HELLAL.F., 1986.**- Contribution à la connaissance des races caprines algériennes. Etude de l'élevage caprin en système d'élevage extensif dans les différentes zones de l'Algérie du nord .Thèse Ing , I NA .El- Harrach
- ❖ **Horne D.S., 2002.**- Caseins, micellar structure pp1902-1909 in Encyclopedia of Dairy Science. Roginski. H., Fuquay J. Fox P. Elsevier.
- ❖ **I.T.E.L.V., 1991.**-Fiche technique, réhabilitation de la ferme pilote Ta admit. Djelfa
- ❖ **JENOT. F., BOSSIS. N ., CHARBONNIER. J., FOUILLAND. C., GUILLON M.P., LAURET .A., LETOURNEAU .P., POUPIN. B., REVEAU. A., 1996.** - L'influence des facteurs non alimentaires et alimentaires sur la composition du lait et l'évolution des taux au niveau régional, in l'égide N<sup>0</sup> 4.
- ❖ **LARCHER I., 2002,** -La fabrication fromagère fermière. Edition: centre fromager de CARMEJANE, France pp3-12.

- ❖ **LAVOISIER., 1990.-** « Les Produits Laitiers », 2<sup>o</sup> édition. Paris : Technique et documentation, 1990, p 302-304.
- ❖ **LE JAOUN., 1986.** -Composition de lait, de nombreux facteurs. Revue, la chèvre, N<sup>o</sup> 153, pp 10-13.
- ❖ **LUBIN D., 1998.-** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Collection FAO 1998: Alimentation et nutrition N<sup>o</sup> 28, catalogage avant publication de la Bibliothèque Rome, Italie.
- ❖ **LUCEY J.A., 2002.-** Rennet coagulation of milk pp286-293 in Encyclopedia of Dairy Science. Roginski H., Fuquay J. Fox P. Elsevier.
- ❖ **MARTIN B., BUCHIN S., HURTOUD C., 2003.-** Conditions de production du lait et qualités sensorielles des fromages .INRA prod.Anim, 286p.
- ❖ **MATHIEU J., 1998.** -Initiation à la physico-chimie du lait. Ed : TEC et DOC, Lavoisier, paris 212 p
- ❖ **MAZOYER M., 2002.-**Larousse agricole. Paris, 768p.
- ❖ **MC MAHON D.J., BROWNE R.J., 1982.-** Evaluation of fromagraph for comparingement solution. J. DAIRY sci.,65.1639-1642.
- ❖ **MIETTON B., DESMAZEAUD M., ROISSARD H., ET WEBER F., 1994.** - Transformation du lait en fromage « Bactéries lactiques 2 » de Roissard et Luquet, Tech. Doc., Lavoisier, Paris.
- ❖ **NADJRAWID ., 2003.** -«< profil fourrage en Algérie >>. Rapport de FAO 1998.
- ❖ **OKAT R., 2001.** -La valorisation du lait de la chèvre. Journée d'étude sur l'élevage caprin El Ksour.
- ❖ **PARK Y.W. 2012.** Goat milk and human nutrition. *Proceedings of the 1st Asia Dairy Goat Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 9–12 April 2012*
- ❖ **PARRY Jr., RJ Carroll.1969.** - Location of kappa casein in milk micelles. Biochiq. Biophys. Acta., 194 p. 138.
- ❖ **QUITTET., 1975.-** La chèvre. Guide de l'éleveur, Ed m : la maison rustique, Paris, p124.
- ❖ **RAMET J.P. 1985.-** La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen étude FAO production et santé animale N<sup>o</sup> 48.Rome. Italie..
- ❖ **REMEUF F., COSSIN V., DERVIN C., LENOIR J.1991.-**relation entre les caractéristique phisico-chimique et l'aptitude à la coagulation enzymatique du lait de chèvre. Lait ,81,731,742.

- ❖ **RIBADEAU-DUMAS B. (1991).** -Physicochimie et biochimie des protéines du lait. Données récentes. Lait (1991)71133-139.
- ❖ **ROLLEMA, H.S. 1992.** -Casein association and micelle formation, In Advanced Dairy Chemistry, Vol.
- ❖ **SCHMIDT D.G., 1980.**- Association of casein and casein micelles structure in Developpements in Dairy Chemistry-1 Proteins. P.F. Fox applied Science Publishers
- ❖ **SHIMMIN, RD HILL. 1964.-** An Electron Microscope Study of the Internal Structure of Casein Micelles. J. Dairy Research, 31), p. 121.
- ❖ **SIGWARD. ,1997.** -Contrôle laitier. Revue réussir, la chèvre .N° 203 p 29.
- ❖ **TAZI MOHAMMED., 2001.** -Etude de quelques aspects de l'élevage caprin en Algérie, in journée d'étude sur l'élevage caprin. Ed : Alpha agri-plus.
- ❖ **VEISSEYRE R., 1965.** -Techniques laitières, récolte, traitements et transformations du lait. p379.
- ❖ **VERDIER I., COULON J.B., PRADEL P., BERDOGUÉ J.L., 1995.** -Effet of forage type and breed on the characteristics of matured Saint- Nectaire cheeses .Lait, pp523-533.
- ❖ **VERINGA H.A., SARDINAS J.L., 1969,** -Process biochemistry.
- ❖ **WALSRTA P., 1990.-** ON the stability of casein micelles, J Dairy Sci. 73: 1965-1979
- ❖ **WALSTRA P., 1999.** -Casein submicelles: do they exist. International Dairy Journal 9 (1999) 189-192.
- ❖ **WALSTRA P., BLOOMFIELD V.A., WEI G.J. AND JENNESS R .1981.,-** Effect of chymosine on the hydrodynamic diameter of casein micelles. Biochimica et Biophysica Acta, 669 (1981) 258-259
- ❖ **WAUGH D.F., 1971.** -Formation and structure of casein micelles in Milk proteins chemistry and molecular biology, Volume II H.A MacKenzie, Applied Publishers Academic press.
- ❖ **. GOUDEDRANCHE 2001,** Procédés de transformation fromagère (partie1), (LRTL, INRA).
- ❖ **CAMPS ., 1972.** Internet,[berrocal@bluewin.ch](mailto:berrocal@bluewin.ch).

