

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'AGRONOMIE**  
**EL HARRACH**



**THÈSE**  
**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME**  
**DOCTORAT**

**EN SCIENCES AGRONOMIQUES**  
**THEME**

**APTITUDES FROMAGÈRES DU LAIT DE CHÈVRES LOCALES**  
**“MAKATIA, ARBIA, M’ZAB ET NAINÉ DE KABYLIE”. ETUDE DES**  
**PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES DES PROTÉINES LAITIÈRES**

**PRÉSENTÉE PAR : LAHRECH ATIKA**

**DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE:**

<b>PRÉSIDENT</b>	<b>:</b>	<b>KHELIFI L.</b>	<b>PROFESSEUR ENSA. Elharrach.</b>
<b>DIRECTEUR DE THÈSE</b>	<b>:</b>	<b>ANCER B.</b>	<b>PROFESSEUR ENSA. Elharrach.</b>
<b>CODIRECTEUR DE THÈSE</b>	<b>:</b>	<b>CHOUKRI A.</b>	<b>PROFESSEUR Université Ziane Achour- Djelfa</b>
<b>EXAMINATEUR</b>	<b>:</b>	<b>TRIKI S.</b>	<b>PROFESSEUR ENSA. Elharrach.</b>
<b>EXAMINATEUR</b>	<b>:</b>	<b>HAKAM H.</b>	<b>PROFESSEUR Université Ziane Achour- Djelfa</b>
<b>EXAMINATEUR</b>	<b>:</b>	<b>BELHADJ S.</b>	<b>PROFESSEUR Université Ziane Achour- Djelfa</b>

**SOUTENUE LE 07 FÉVRIER 2019.**

## Remerciements

Je dois remercier Allah le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a donné pour l'achèvement de ce travail.

Je tiens à remercier tout d'abord mes encadreurs Pr Choukri et Pr Ancer pour m'avoir permis de faire ce travail et de découvrir le milieu si passionnant qu'est la recherche.

D'autre part, je remercie Pr Belhadj S, Pr Hakam H. et Pr Triki d'avoir accepté d'être rapporteur de ce travail de thèse. Bien évidemment, je remercie Pr Khelifi de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Je souhaite remercier Pr Joel Sher de m'avoir accueilli au sein de son laboratoire à l'ENSAIA (Nancy), où j'ai pu travailler dans de très bonnes conditions.

Un grand merci pour mon cher ami Hamidi M, qui était à mes côtés le long de mon chemin qu'Allah vous protège et te garde pour ta petite famille.

Je tiens à remercier profondément Madame et monsieur Sadouki pour leur soutien et leurs encouragements... merci encore.

Je ne saurais oublier de remercier très chaleureusement toutes les personnes que j'ai eu le plaisir de connaître au cours de ces années particulièrement : Hachi, Benhamida A., et Mokhtari Z.

## Dédicaces

### **A mon mari chéri,**

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon amour et mon attachement à toi, Je te remercie pour ta présence, ton écoute et ton appui sans failles au quotidien que dieu le tous puissant te grade pour nous..

### **À ma très chère mère,**

Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifices. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Je ne peux exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance ....que dieu te protège.

Je dédie cet événement marquant de ma vie à la mémoire de mon cher papa qui a été et qui restera toujours mon exemple par ses qualités humaines, son savoir, sa persévérance et son perfectionnisme. Puisse Dieu, le tout puissant, t'avoir en sa sainte miséricorde !

**A mes chers enfants** : ma sources de vie et ma raison d'être Isaac et Rebecca puisse dieu vous protéger et vous procure santé et longue vie.

**A mon cher frère Nadir et son épouse Naouel** , puisse Allah vous protéger, garder et renforcer notre fraternité... je vous souhaite tout le bonheur du monde. A mes nièces adorables : Atika, Khadidja, Meriem et Maria que dieu vous protège.

**À ma grande mère chérie** que j'adore, puisse dieu te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

**Ames amies irremplaçables Aida et Doli** : Je suis très heureuse de ces années passées avec vous, des liens créés, pour tous les moments passés ensemble et ceux encore à venir.

**Atika.**

## Résumé

La lait de chèvre est peu valorisé économiquement au niveau mondial, mais constitue une ressource de grande potentialité pour les pays sous développés. En Algérie, l'espèce caprine, est encore méconnue, les caractéristiques physicochimiques et fonctionnelles de ses produits l'ont aussi. Les fromages de chèvre constituent l'essentiel des débouchés de la filière lait de chèvre. Parmi les agents coagulants : les fleurs de cardon : *Cynara cardunculus* étaient depuis des siècles utilisé pour la fabrication artisanale des fromages.

La présente thèse aura pour but, d'étudier l'amélioration des aptitudes à la coagulation de l'extrait enzymatique *Cynara cardunculus* sur lait de quatre races caprines algériennes ainsi que l'effet de leurs caractéristiques génétiques (race) d'une part ; et la valorisation de leur sous produits de la transformation par l'étude des propriétés fonctionnelles de leur lactosérums.

Les résultats obtenus dévoilent que :

- ◆ L'extrait enzymatique *Cynara cardunculus* se caractérise par un rendement d'extraction de 29.08%, une activité et force coagulante de 0.40UP, 89.03 respectivement et une activité protéolytique très marquée avec une teneur en protéines de 5.53 mg/ml. Son profil électrophorétique indique la présence majoritaire des cardosines A et B.
- ◆ Les rendements fromagers étaient variables selon les quatre races où la race Makatia a donnée le rendement fromager le plus élevé avec  $11,41 \pm 0,51$  et avec des taux de matière protéique et de matière grasse respectifs de  $34.15\% \pm 0.28$  et  $28.15 \pm 0.22$  tandis que la race M'Zab a donné le rendement le plus faible avec  $09,26g \pm 0,97$  et des taux respectifs de  $39.50\% \pm 0.35$  et  $22.30\% \pm 0.15$  pour la matière protéique et matière grasse.
- ◆ Les améliorations apportées ont contribué à améliorer les rendements fromagers avec un maximum de température de  $42^{\circ}\text{C}$  et concentration de 0.3g/l de  $\text{CaCl}_2$ .
- ◆ Les fromages obtenus présentent des bonnes caractéristiques organoleptiques et une qualité microbiologique appréciable.
- ◆ Les deux races steppiques Arbia et Makatia ont présenté de très bonnes propriétés de surface : l'étude de la stabilité des émulsions formées a révélé que leur émulsions présente une bonne stabilité. De même l'étude comparative réalisée sur le foisonnement du lait de chèvres et leurs dérivés a montré que les lactosérums des races M'Zab et Kabyle possédaient une stabilité moussante intéressante.

### Mots clés :

Activité coagulante, amélioration, aptitudes à la coagulation, *Cynara cardunculus*, émulsions, lactosérum caprin, le lait de chèvre, mousses, profil électrophorétique, propriété fonctionnelle, propriétés de surface, race Arbia, race Kabyle, race M'Zab, race Makatia, rendements fromagers, stabilité, valorisation.

## المخلص

يعتبر حليب الماعز غير مئمن اقتصاديا في العالم ولكن هو مورد إمكانات كبيرة للبلدان في طريق إلى النمو. في الجزائر، الماعز، لا يزال مجهولا، والخصائص الفيزيائية والوظيفية لمنتجاتها لها أيضا. جبن الماعز يعتبر كالمال الأساسي في الفرص المتاحة في صناعة حليب الماعز. من بين المواد المخثرة: زهور خرشوف البري: التي استخدمت لعدة قرون لصنع الجبن التقليدي.

وتهدف هذه الأطروحة إلى دراسة تحسين مهارات التخثر بواسطة الأنزيم المستخرج من الخرشوف البري على أربعة سلالات جزائرية من الماعز وتأثير الخصائص الجينية من جهة و تئمين المواد الناتجة عن التخثر أو صناعة الجبن وذلك بدراسة الخصائص الوظيفية للمصل. بينت النتائج أن:

- يتميز مستخرج إنزيم الخرشوف ب 29.08% كمردود الاستخراج، نشاط وقوة مخثرة ب 0.40UP و 89.03 على التوالي وتحلل بروتيني ملحوظ مع كمية بروتينات تقدر من 5.53 ملغ / مل. ويبين التحليل الالكتروفوريتك للإنزيم بوجود متميز للكاردوزين A و B.

- وكانت مردود الجبن متغير بالنسبة للسلالات الأربعة حيث أعطت السلالة المقاطية المردود الأعلى بنسبة 11.41غ ± 0.51 مع معدل بروتيني و دهني يقدر ب 34.15% ± 0.28 و 28.15 ± 0.22 في حين أعطت السلالة المزابية أدنى عائد بنسبة 9.26% ± 0.97 ومعدلات كل من 39.50% ± 0.35 و 22.30 ± 0.15 لمحتوى البروتين والدهون.
- ساهمت تحسينات مهارات التخثر بتحسين مردود الجبن باستعمال درجة الحرارة القصوى 42 درجة مئوية وتركيز 0.3g / لتر من الملح CaCl<sub>2</sub>.
- ونوعية الجبن المتحصل عليها لها خصائص غذائية جيدة والجودة الميكروبيولوجية كبيرة.
- مصلات السلالات السهبية العربية خصائص سطحية للبروتينات جيدة للغاية: وهي الاستقرار الجيد لهذه المصلات. وبالمثل أظهرت هذه الدراسة أن مصل اللبن سلالات المزاب والقبائل كان لها الاستقرار الرغوي مثير للاهتمام.

## الكلمات الدالة

النشاط التخثر- والتحسين، التخثر - والخرشف البري- مستحلبات- مصل الماعز - حليب الماعز- الرغوة- التحليل الالكتروفوريتك والخصائص الوظيفية- وخصائص السطحية- السلالة العربية- السلالة القبائلية، السلالة المزابية- السلالة المقاطية - مردود الجبن- التئمين- استقرار الرغوة والمستحلبات

## Abstract

Goat milk is poorly valued economically at the global level, but it is a resource of great potential for the underdeveloped countries. In Algeria, the caprine species is still unknown, the physicochemical and functional characteristics of its products also have. Goat cheeses form the bulk of the outlets for the goat milk sector. Among the coagulating agents: the cardon flowers: *Cynara cardunculus* were for centuries used for the artisanal manufacture of cheeses

The aim of this thesis is to study the improvement of the coagulation ability of the enzyme extract *Cynara cardunculus* on milk of four Algerian goat breeds as well as the effect of their genetic characteristics (breed) on the one hand; And the valorization of their sou products of the transformation by the study of the functional properties of their whey.

The results obtained reveal that:

- ◆ The enzymatic extract *Cynara cardunculus* is characterized by an extraction yield of 29.08%, an activity and coagulating force of 0.40UP, 89.03 respectively and a very marked proteolytic activity with a protein content of 5.53 mg / ml. Its electrophoretic profile indicates the majority presence of cardosins A and B.
- ◆ Cheese yields varied according to the four breeds where the Makatia breed gave the highest cheese yield with  $11.41 \text{ g} \pm 0.51$  and with protein and fat content of  $34.15\% \pm 0.28$  and  $28.15 \pm 0.22$  While the M'Zab breed gave the lowest yield with  $09.26\text{g} \pm 0.97$  and respective rates of  $39.50\% \pm 0.35$  and  $22.30 \pm 0.15$  for protein and fat.
- ◆ The improvements made have contributed to improving the cheese yields with a maximum temperature of  $42^\circ \text{C}$ . and a concentration of 0.3 g / l of  $\text{CaCl}_2$ .
- ◆ The cheeses obtained have good organoleptic characteristics and an appreciable microbiological quality.
- ◆ The two steppic races Arbia and Makatia showed very good surface properties: the study of the stability of the emulsions formed revealed that their emulsions showed good stability. Similarly, the comparative study carried out on the proliferation of milk of goats and their derivatives showed that the whey of the M'Zab and Kabyle breeds had an interesting foaming stability.

### Keywords:

Arbia breed, cheese yield, Coagulating activity, coagulation ability, *Cynara cardunculus*, electrophoretic profile, emulsions, goat milk, functional properties, goat milk, mosses, improvement, Kabyle breed, Makatia breed, M'Zab breed, stability, surface properties, valorisation.

<b>Sommaire</b>	<b>Pages</b>
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
<b>Introduction</b>	<b>01</b>
<b>I/ Synthèse bibliographique</b>	
<b>A. Principales race caprines, caractéristiques phénotypiques et production.....</b>	<b>04</b>
<b>1. Au niveau mondial.....</b>	<b>04</b>
1.1 Races à aptitude laitière.....	04
1.2 Races à viande .....	11
1.3 Races à aptitude lainière.....	13
<b>2. Au niveau national.....</b>	<b>15</b>
2.1 Races à aptitude laitière.....	15
2.2 Races à viande.....	17
<b>B. Importance du cheptel caprin .....</b>	<b>19</b>
<b>1. Effectif et répartition des races.....</b>	<b>19</b>
<b>1.1 Au niveau mondial .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2 Au niveau national.....</b>	<b>21</b>
<b>2. Productions caprines.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 Au niveau mondial.....</b>	<b>22</b>
2.1.1 Production laitière.....	22
2.1.2 Production de viande.....	23
2.1.3 Production de peaux et de poils.....	24
<b>2.2 Au niveau national .....</b>	<b>24</b>
2.2.1 Production laitière.....	24
2.2.2 Production de viande.....	25
2.2.3 Production de peaux et de poils.....	26
<b>C. Lait de chèvre.....</b>	<b>28</b>
<b>1. Composition physicochimique du lait de chèvre.....</b>	<b>28</b>
<b>1.1 Composition protéique.....</b>	<b>29</b>
1.1.1 Caséines.....	30

1.1.2 Les protéines du lactosérum.....	32
<b>1.2 Composition lipidique.....</b>	<b>33</b>
<b>1.3 Composition glucidique.....</b>	<b>35</b>
<b>1.4 Composition minérale.....</b>	<b>35</b>
<b>1.5 Composition vitaminique.....</b>	<b>37</b>
<b>1.6 La microflore du lait.....</b>	<b>37</b>
<b>1.7 Les systèmes enzymatiques du lait de chèvre.....</b>	<b>39</b>
<b>1.8 Qualité nutritionnelle du lait de chèvre.....</b>	<b>40</b>
<b>2. Facteurs de variation qualitative et quantitative de la production laitière caprine.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1 Facteurs liés à l'animal.....</b>	<b>41</b>
2.1.1 Facteurs liés au stade physiologique .....	42
2.1.2 Facteurs liés au Rang de lactation .....	42
2.1.2 Santé de l'animal .....	43
<b>2.2 Facteurs extrinsèques.....</b>	<b>43</b>
2.2.1 Climat et saison.....	43
2.2.2 Traite.....	44
2.2.3 Condition de logement.....	44
2.2.4 L'alimentation .....	44
<b>3. Aptitude du lait de chèvre à a transformation fromagère.....</b>	<b>45</b>
<b>4. Succédanés de la présure dans la transformation fromagère.....</b>	<b>46</b>
<b>D. Généralités sur les propriétés de surface.....</b>	<b>49</b>
<b>D.1 Propriétés émulsifiantes .....</b>	<b>49</b>
<b>1. L'émulsion.....</b>	<b>49</b>
<b>1.1 Définition.....</b>	<b>49</b>
<b>1.2 Constituants d'une émulsion .....</b>	<b>49</b>
<b>1.3 Classification.....</b>	<b>50</b>
1.3.1 Selon la nature de la phase dispersée.....	50
1.3.2 Selon la stabilité des émulsions .....	51
1.3.3 Selon la finesse des émulsions.....	51
<b>1.4 Etude schématique de la structure des émulsions.....</b>	<b>52</b>

<b>1.5 Propriétés des émulsions .....</b>	<b>52</b>
1.5.1 Diamètre des gouttelettes .....	53
1.5.2 Tension interfaciale .....	53
1.5.3 Fabrication des émulsions.....	53
1.5.5 Stabilité et instabilité des mousses.....	54
1.5.6 Les émulsifiants.....	56
<b>D.2/ Propriétés moussantes.....</b>	<b>58</b>
<b>2. Les mousses.....</b>	<b>58</b>
2.1 Définition.....	58
2.2. Constituants d'une mousse.....	59
2.3. Classification des mousses.....	59
2.4. Propriétés particulières des mousses.....	59
2.5 Création des mousses .....	59
2.6 Stabilité et instabilité des mousses.....	60
2.7 Inconvénients dus à la présence des mousses .....	61
2.8 Quelques applications de moussage.....	61
2.9 Propriétés de surface de quelques protéines du lait .....	61
<b>II/ Matériel et méthodes</b>	<b>63</b>
<b>2.1 Matériel.....</b>	<b>63</b>
2.1.1 Matière première.....	63
2.1.1.1 Le lait.....	63
2.1.1.2 Enzymes coagulantes.....	64
<b>2.2 Méthodes d'analyse.....</b>	<b>65</b>
<b>2.1. Caractérisation du lait de chèvre.....</b>	<b>65</b>
2.1.1. Le pH.....	65
2.1.2. La densité.....	65
2.1.3. Détermination de l'extrait sec total.....	65
2.1.4. Détermination du lactose.....	65
2.1.5. Détermination de l'azote.....	65
2.1.6. Détermination de la matière grasse.....	65
<b>2.2. Extraction du système enzymatique des fleurs de <i>Cynara cardunculus</i></b>	<b>65</b>

<b>2.2.1. Caractérisation de l'extrait des fleurs <i>Cynara cardunculus</i>...</b>	<b>67</b>
2.2.1.1. Le rendement d'extraction.....	67
2.2.1.2. Détermination de l'activité coagulante.....	67
2.2.1.3. Etude de l'activité protéolytique.....	68
2.2.1.4. Dosage des protéines par la méthode de LOWRY.....	68
2.2.1.5. Détermination du profil électrophorétique.....	69
2.2.1.6. Purification de l'extrait enzymatique.....	70
<b>2.3. Pratique fromagère et évaluation de son efficacité.....</b>	<b>71</b>
<b>2.4. Amélioration des aptitudes à la coagulation du lait de chèvre.....</b>	<b>73</b>
<b>2.5. Analyses microbiologiques du lait et des fromages fabriqués.....</b>	<b>73</b>
<b>2.6. Caractérisation des lactosérums.....</b>	<b>75</b>
2.6.1. Volume du lactosérum.....	75
2.6.2. Densité du lactosérum.....	76
2.6.3. Indice de réfraction du lactosérum.....	76
2.6.4. Concentration du lactosérum.....	76
2.6.5. pH du lactosérum.....	76
<b>2.7. Etude des propriétés émulsifiantes.....</b>	<b>76</b>
2.7.1. Préparation et étude des émulsions.....	76
2.7.2. Observations au microscope optique.....	78
2.7.3. Estimation du nombre de gouttelettes lipidiques.....	78
2.7.4. Evaluation du diamètre des gouttelettes des émulsions.....	79
2.7.5. Calcul de la surface interfaciale.....	79
2.7.6. Evaluation de la stabilité des émulsions.....	79
<b>2.8. Etude des propriétés moussantes.....</b>	<b>80</b>
2.8.1. Etude du pouvoir moussant du lait caprin et ses dérivés.....	80
2.8.2. Fabrication des mousses.....	80
<b>3. Analyse statistiques.....</b>	<b>81</b>
<b>III/ Résultats et discussion.</b>	<b>82</b>
<b>3.1. Caractéristiques physicochimiques du lait de chèvre.....</b>	<b>82</b>
3.1.1. La matière sèche.....	82

3.1.2. La densité.....	83
3.1.3. Le pH.....	83
3.1.4. Matière grasse.....	84
3.1.5. Matière protéique.....	84
3.1.6. Lactose.....	85
3.1.7. Taux de cendres.....	85
<b>3.2. Caractérisation de l'extrait des fleurs <i>Cynara cardunculus</i>.....</b>	<b>86</b>
3.2.1 Rendement d'extraction.....	86
3.2.2 Activité coagulante.....	86
3.2.3. Activité protéolytique.....	87
3.2.4. Teneur en protéines de l'extrait enzymatique.....	88
3.2.5. Profil électrophorétique.....	89
3.2.6. Purification de l'extrait enzymatique.....	91
<b>3.3. Qualité microbiologique du lait et du fromage caprin.....</b>	<b>94</b>
3.3.1. Qualité microbiologique générale.....	94
3.3.2. Qualité hygiénique .....	95
<b>3.4. Pratique fromagère et évaluation de son efficacité.....</b>	<b>98</b>
<b>3.4.1 Propriétés organoleptiques des fromages cap.ins obtenus.....</b>	<b>100</b>
<b>3.5. Amélioration des aptitudes à la coagulation du lait de chèvre.....</b>	<b>102</b>
3.5.1. Optimisation de la température de coagulation.....	102
3.5.2. Optimisation du pH de coagulation.....	104
<b>3.6. Caractérisation des lactosérums caprins.....</b>	<b>106</b>
3.6.1 Aspect générale des lactosérums caprins.....	106
3.6.2 Caractéristiques physicochimiques des lactosérums caprins.....	106
<b>3.7. Etude des propriétés émulsifiantes.....</b>	<b>109</b>
3.7.1 Propriétés des émulsions obtenues.....	109
3.7.2 Diamètres des gouttelettes lipidiques.....	111
3.7.3 Surface interfaciale.....	115
3.7.4 Nombre de gouttelettes lipidiques.....	117
3.7.5 Stabilité des émulsions.....	120
3.7.6 Indexe de stabilité.....	124

<b>3.8. Etude des propriétés moussantes.....</b>	<b>125</b>
3.8.1 La capacité moussante.....	125
3.8.2 La stabilité moussante.....	130
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>134</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>I</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>a</b>

Numéros	Titres	Pages
<b>Figure 01</b>	: Chèvre de race Alpine (FSEC, 2006).....	<b>04</b>
<b>Figure 02</b>	: Chèvre de race Saanen (SPCQ, 1998).....	<b>06</b>
<b>Figure 03</b>	: Chèvre de race Poitevine (FSEC, 2006).....	<b>07</b>
<b>Figure 04</b>	: Chèvre de race Rove (CAPGENES, 2014).....	<b>08</b>
<b>Figure 05</b>	: Chèvre de race Toggenburg (FSEC, 2006).....	<b>09</b>
<b>Figure 06</b>	: Chèvre de race Nubienne (FSEC, 2006).....	<b>9</b>
<b>Figure 07</b>	: Chèvre de race Pyrénéenne (THUAULT, 2012).....	<b>11</b>
<b>Figure 08</b>	: Chèvre de race Boer (FSEC, 2006).....	<b>12</b>
<b>Figure 09</b>	: Chèvre de race Créole Antillaise (INRA, 2015).....	<b>13</b>
<b>Figure 10</b>	: Chèvre de race Angora (SPCQ, 1998).....	<b>14</b>
<b>Figure 11</b>	: Répartition des races caprines en Algérie (TAZI, 2001. FELIACHI, 2003 ; MADANI et <i>al.</i> , 2003).....	<b>20</b>
<b>Figure 12</b>	: Répartition des fractions azotées du lait de chèvre. (GRAPPIN, 1981).....	<b>30</b>
<b>Figure 13</b>	: Teneur moyenne des acides gras (AG) composant les triacyl glycérol du lait de chèvre (St-Gelais, 2000).....	<b>34</b>
<b>Figure 14</b>	: Structure du lactose et résultat de son hydrolyse (St-GELAIS, 2000).....	<b>36</b>
<b>Figure 15</b>	: Evolution mensuelle des courbes de production laitière, de matière grasse et de matière protéique du lait de chèvre au cours de la lactation (LE JAOUEN, 1986).....	<b>42</b>
<b>Figure 16</b>	: Résultats laitiers en fonction du numéro de lactation (GAILLON et SIGWALD, 1998).....	<b>43</b>
<b>Figure 17</b>	: Fabrication de fromage de chèvre (BERRASSAL et <i>al.</i> , 2002)...	<b>47</b>
<b>Figure 18</b>	: La phase dispersée et phase dispersante d'une émulsion (OLIVIER, 2004).....	<b>50</b>
<b>Figure 19</b>	: Types des émulsions (OLIVIER, 2004).....	<b>51</b>
<b>Figure 20</b>	: Structure d'une solution micellaire, d'une microémulsion et d'une émulsion conventionnelle (OLIVIER, 2004).....	<b>52</b>
<b>Figure 21</b>	: Aspect des émulsions (OLIVIER, 2004).....	<b>53</b>
<b>Figure 22</b>	: Facteurs liés la stabilité des émulsions (FAUR, 1992).....	<b>55</b>

<b>Figure 23</b> :	Schéma des mécanismes de déstabilisation des émulsions (BLECKER, 2004).....	<b>56</b>
<b>Figure 24</b> :	La mousse laitière (LINDER et SCHER, 2004).....	<b>59</b>
<b>Figure 25</b> :	Production d'une mousse en milieu liquide (BOUQUELET, 2008).....	<b>60</b>
<b>Figure 26</b> :	Les races caprines Algériennes.....	<b>63</b>
<b>Figure 27</b> :	<i>Cynara cardunculus</i> .....	<b>64</b>
<b>Figure 28</b> :	Obtention de l'extrait brut des fleurs du cardon (TSOULI, 1974. MORSLI et al 1985).....	<b>66</b>
<b>Figure 29</b>	Coagulation du lait de chèvre.....	<b>72</b>
<b>Figure 30</b> :	Activité protéolytique de l'extrait enzymatique <i>Cynara Cardunculus</i> comparée à celle de la présure.....	<b>87</b>
<b>Figure 31</b> :	Courbe d'étalonnage pour dosage des protéines par la méthode de LOWRY <i>et al</i> (1951) : l'albumine sérique bovine (BSA) est utilisée comme protéine de référence.....	<b>89</b>
<b>Figure 32</b> :	Profil électrophorétique sur SDS-PAGE de l'extrait enzymatique du <i>Cynara cardunculus</i> comparé à celui des marqueurs de taille..	<b>90</b>
<b>Figure 33</b> :	Courbes représentant les différentes valeurs d'absorbance des essais.....	<b>92</b>
<b>Figure 34</b> :	Rendements fromagers obtenus par le <i>Cynara cardunculus</i> et la présure animale chez les quatre races caprines (g).....	<b>100</b>
<b>Figure 35</b> :	Les fromages obtenus des races caprines Algériennes par le <i>Cynara cardunculus</i> .....	<b>101</b>
<b>Figure 36</b> :	Extrait sec total des fromages obtenus par l'extrait de <i>Cynara cardunculus</i> et la présure animale chez les quatre races caprines (%)......	<b>102</b>
<b>Figure 37</b> :	Rendements fromagers de la race Arbia en fonction de la température de la coagulation.....	<b>103</b>
<b>Figure 38</b> :	Rendements fromagers de la race Makatia en fonction de la température de la coagulation.....	<b>103</b>
<b>Figure 39</b> :	Rendements fromagers de la race Arbia après l'ajout des concentrations croissantes de CaCl <sub>2</sub> (g).....	<b>105</b>
<b>Figure 40</b> :	Rendements fromagers de la race Makatia après l'ajout des concentrations croissantes de CaCl <sub>2</sub> (g).....	<b>105</b>

<b>Figure 41</b>	: Emulsions des différentes races.....	<b>111</b>
<b>Figure 42</b>	: Diamètres moyens des gouttelettes lipidiques des différentes émulsions préparées à base de lactosérum et l'extrait <i>Cynara cardunculus</i> pour les quatre races.....	<b>112</b>
<b>Figure 43</b>	: Diamètres moyens des gouttelettes lipidiques des différentes émulsions préparées à base de lactosérum et présure pour les quatre races.....	<b>112</b>
<b>Figure 44</b>	: Effet combiné « race* coagulant » sur le diamètre des gouttelettes.....	<b>113</b>
<b>Figure 45</b>	: Surfaces interfaciales moyennes des différentes émulsions préparées à partir du lactosérum obtenu par l'extrait de <i>Cynara cardunculus</i> pour les quatre races.....	<b>115</b>
<b>Figure 46</b>	: Surfaces interfaciales moyennes des différentes émulsions préparées à partir du lactosérum obtenu par la présure pour les quatre races.....	<b>115</b>
<b>Figure 47</b>	: Effet combiné « race*coagulant*temps » sur la surface interfaciale.....	<b>116</b>
<b>Figure 48</b>	: Nombre de gouttelettes lipidiques des différentes émulsions préparées par le <i>Cynara cardunculus</i> pour les quatre races.....	<b>118</b>
<b>Figure 49</b>	: Nombre de gouttelettes lipidiques des différentes émulsions préparées par la présure pour les quatre races.....	<b>118</b>
<b>Figure 50</b>	: Effet combiné « race*coagulant*temps » sur le nombre des gouttelettes lipidiques.....	<b>119</b>
<b>Figure 51</b>	: Evolution des valeurs de stabilité des différentes émulsions préparées à partir du lactosérum obtenu par l'extrait de <i>Cynara cardunculus</i> pour les quatre races.....	<b>121</b>
<b>Figure 52</b>	: Evolution des valeurs de stabilité des différentes émulsions préparées à partir du lactosérum obtenu par présure pour les quatre races.....	<b>121</b>
<b>Figure 53</b>	: Effet « race*coagulant » sur la stabilité des émulsions.....	<b>123</b>
<b>Figure 54</b>	: Valeurs de l'index de stabilité des différentes émulsions préparées à base de lactosérums obtenus par l'extrait de <i>Cynara cardunculus</i> pour les quatre races.....	<b>124</b>
<b>Figure 55</b>	: Valeurs de l'index de stabilité des différentes émulsions préparées à base de lactosérum obtenus par la présure pour les quatre races.....	<b>124</b>

<b>Figure 56 :</b>	Valeurs de la capacité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un agitateur à Hélice.....	<b>126</b>
<b>Figure 57 :</b>	Valeurs de la capacité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un homogénéisateur.....	<b>127</b>
<b>Figure 58 :</b>	Valeurs de la capacité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un agitateur magnétique.....	<b>128</b>
<b>Figure 59 :</b>	Valeurs de la capacité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec les trois types d'agitateurs...	<b>129</b>
<b>Figure 60 :</b>	Valeurs de la stabilité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un agitateur à Hélice.....	<b>130</b>
<b>Figure 61 :</b>	Valeurs de la stabilité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un Homogénéisateur.....	<b>131</b>
<b>Figure 62 :</b>	Valeurs de la stabilité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un agitateur magnétique....	<b>132</b>
<b>Figure 63 :</b>	Valeurs de la stabilité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec es trois types d'agitateurs....	<b>133</b>

<b>Numéros</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
<b>Tableau 01:</b>	Caractéristiques laitières de la chèvre Alpine (MICHEL, 2016)...	<b>05</b>
<b>Tableau 02:</b>	Caractéristiques laitières de la chèvre Saanen (MICHEL, 2016)...	<b>06</b>
<b>Tableau 03:</b>	Caractéristiques laitières de la chèvre Poitevine (MICHEL, 2016)	<b>07</b>
<b>Tableau 04:</b>	Caractéristiques laitières de la chèvre Rove (MICHEL, 2016).....	<b>08</b>
<b>Tableau 05:</b>	Cheptel caprin dans le monde en million de tête (FAO, 2014 ; CORINNE*, 2017).....	<b>19</b>
<b>Tableau 06:</b>	Effectif du cheptel caprin dans la wilaya Djelfa (nombre de têtes) (DSA, 2018).....	<b>21</b>
<b>Tableau 07:</b>	Production du lait de chèvre dans le monde (F.A.O, 2014; CORINNE*, 2017).....	<b>23</b>
<b>Tableau 08:</b>	Production de viande caprine dans le monde (CORINNE, 2017) .....	<b>23</b>
<b>Tableau 09:</b>	Evolution de production laitière annuelle dans la wilaya de Djelfa (Litres) (DSA, 2018).....	<b>25</b>
<b>Tableau 10:</b>	Evolution de la production de viande dans la wilaya de Djelfa (en quintaux) (DSA, 2018).....	<b>26</b>
<b>Tableau 11:</b>	Evolution de la production de peaux et de cuire dans la wilaya de Djelfa (DSA, 2015). ....	<b>27</b>
<b>Tableau 12:</b>	Composition moyenne des laits différentes espèces (DANIAUX, 2010).....	<b>29</b>
<b>Tableau 13:</b>	Caractéristiques des caséines caprines et bovines (MARTIN, 1996) .....	<b>31</b>
<b>Tableau 14:</b>	Composition lipidique des différents types de lait (PELLERIN, 2001).....	<b>34</b>
<b>Tableau 15:</b>	Composition minérale moyenne du lait de différentes espèces. Eléments minéraux majeurs mg/l (GUEGUEN, 1996).....	<b>36</b>
<b>Tableau 16 :</b>	Composition vitaminique du lait de différentes espèces par 100g (JAUBERT, 1996).....	<b>38</b>

<b>Tableau 17:</b> Agents microbiens utiles à la fabrication fromagère (CORCY, 1991).....	<b>39</b>
<b>Tableau 18:</b> Agents microbiens nuisibles à la fabrication fromagère (CORCY, 1991).....	<b>40</b>
<b>Tableau 19:</b> Comparaison de a quantité du taux butyrique (TB), du taux protéique (TP) du lait des chèvres Alpine et Saanen (GAILLON et SIGWALD, 1998).....	<b>41</b>
<b>Tableau 20:</b> Principaux facteurs influençant l'instabilité des mousses (CHEFTEL, 1992).....	<b>62</b>
<b>Tableau 21:</b> Composition des différentes émulsions préparées en%.....	<b>77</b>
<b>Tableau 22:</b> Analyses physicochimiques du lait des quatre races de chèvres.....	<b>82</b>
<b>Tableau 23:</b> Absorbances des différentes fractions éluées.....	<b>91</b>
<b>Tableau 24:</b> Temps de floculation des laits coagulés avec les fractions purifiées et ceux des témoins avec ou sans agent coagulant(en sec).....	<b>93</b>
<b>Tableau 25:</b> Résultats des analyses microbiologiques des laits et des fromages caprins.....	<b>94</b>
<b>Tableau 26:</b> Variation des valeurs de pH du lait Arbia en fonction de sel de calcium ajoutés en g/l.....	<b>104</b>
<b>Tableau 27:</b> Variation des valeurs de pH du lait Makatia en fonction de sel de calcium ajoutés en g/l.....	<b>104</b>
<b>Tableau 28:</b> Caractéristiques physico-chimiques des lactosérums caprins.....	<b>107</b>
<b>Tableau 29:</b> Caractérisation et description des émulsions obtenues.....	<b>109</b>
<b>Tableau 30:</b> Groupes homogènes présentant l'effet race sur le diamètre.....	<b>113</b>
<b>Tableau 31:</b> Groupes présentant l'effet coagulant sur le diamètre.....	<b>114</b>
<b>Tableau 32:</b> Groupes homogènes présentant l'effet race sur la surface interfaciale.....	<b>116</b>
<b>Tableau 33:</b> Groupes homogènes présentant l'effet Coagulant sur la surface interfaciale.....	<b>117</b>
<b>Tableau 34:</b> Groupes homogènes présentant l'effet race sur le nombre de gouttelette.....	<b>119</b>

<b>Tableau 35:</b> Groupes homogènes présentant l'effet coagulant sur le nombre de gouttelettes.....	<b>120</b>
<b>Tableau 36:</b> Groupes homogènes présentant l'effet race sur la stabilité des émulsions.....	<b>122</b>
<b>Tableau 37:</b> Groupes homogènes présentant l'effet présure sur la stabilité des émulsions.....	<b>122</b>
<b>Tableau 38:</b> Groupe homogènes présentant l'effet race sur l'indice de stabilité.....	<b>125</b>
<b>Tableau 39:</b> Groupe homogènes présentant l'effet coagulant sur l'indice de stabilité.....	<b>125</b>

---

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

## INTRODUCTION

Les découvertes archéologiques montrent que les caprins faisaient partie des plus anciens animaux domestiques. La chèvre a été le premier animal de ferme domestiqué (8000 ans avant JC) et a joué divers rôles depuis l'antiquité, dans la religion, l'économie, la nutrition, les coutumes et même l'habillement (PEACOCK, 2005). Tout au long de son histoire, la chèvre domestique a généré par différenciation géographique et sélection naturelle d'une part, par croisements d'autre part, un assez grand nombre de races (près de 200 sont répertoriées dans le monde aujourd'hui), quelques unes seulement sont très connues (DENIS, 2000). La chèvre a toujours fait partie de la vie quotidienne de l'homme, ou elle est élevée essentiellement pour son lait, sa viande, et ses poils, ce qui lui fait valoir l'appellation de « vache des pauvres ».

Diverses études montrent d'abord, qu'en dehors de quelques régions des pays développés, les filières laitières caprines sont le plus souvent des micros filières positionnées sur des marchés de niche et ne concernent que des volumes de lait limités. Le lait de chèvre contribue principalement à l'économie de subsistance des populations rurales de régions défavorisées en dehors des circuits marchands en jouant plusieurs rôles, surtout dans les pays en voie de développement, où elles servent de nourriture, génèrent des revenus et servent de moyens d'échange de divers produits (AVALOS DE LA CRUZ, 2007).

Le secteur caprin a été stimulé par divers aspects, particulièrement la recherche, le développement et la croissance économique ; ainsi, l'appréciation globale de cette espèce depuis longtemps sous estimée a rehaussé.

En Algérie, l'importance économique des caprins, notamment pour les populations les plus défavorisées, est souvent sous estimée. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette méconnaissance. Tout d'abord un effectif des chèvres difficile à estimer car il est localisé essentiellement dans des élevages traditionnels qui constituent l'énorme majorité en Algérie, d'autre part le mode de conduite est souvent sous forme libre, et leur commerce se faisait le plus souvent à l'intérieur des circuits informels. Tous ces éléments compliquent encore plus l'évaluation de cette filière.

L'élevage caprin avec un effectif de 4.7millions de têtes dont 50% sont des chèvres occupe la deuxième place après les ovins. Il représente environ 14% de l'effectif global (MAMI, 2013).

## INTRODUCTION

Par leurs caractéristiques anatomiques et physiologiques, les chèvres peuvent générer de grandes ressources pour les régions tropicales mais assez limitées pour les régions semi arides et désertiques (OLIVIER *et al.*, 2005). La chèvre de part son potentiel génétique s'avère être plus résistante à la sécheresse que d'autres animaux domestiques, son cycle court de reproduction, sa forte prolificité, ainsi que sa petite taille et sa maturité précoce font de l'élevage de cette espèce une activité spécialement adaptée pour le démarrage de petites exploitations.

Le lait de chèvre a certains attributs qui ont des particularités significatives pour la nutrition humaine. Les globules gras du lait de chèvre sont plus petits et sa coagulation est plus rapide comparativement au lait de vache, de buffle et de brebis. Ce dernier facteur le rend plus facilement digestible (AGANGA *et al.*, 2002). Afin de diversifier les formes de consommation et de les répartir dans le temps une conservation et une transformation fromagère entre autre s'avèrent nécessaires.

Le fromage de chèvre est le plus ancien de tous les fromages produits et consommés. Les Romains le préfèrent par son caractère digeste comparativement à celui de vache ou de la brebis. Malgré cela, le fromage de chèvre en Algérie reste peu connu et sa consommation est presque négligeable. Les algériens, en raison d'une méconnaissance de la valeur nutritionnelle et diététique sur le lait caprin, en plus de sa disponibilité et de son prix ont tendance à ne pas le consommer sauf quelques fois pour des raisons médicales. Son odeur assez caractéristique due à la présence des acides gras volatiles à courtes chaînes (Ac. Caprique, Ac. Caproïque et caprylique) ajoutée aux habitudes alimentaires constituent des éléments qui s'additionnent dans des limites de consommation de ce type de lait et de ses dérivés.

Bien que la présure soit encore l'enzyme coagulante la plus utilisée en fromagerie, sa production connaît des limites en raison d'une demande mondiale de plus en plus croissante. Cette situation impose la recherche de produit de remplacement d'origine végétale et microbienne. Ces succédanées de la présure doivent répondre à certains nombre de critères dont principalement : un coût d'utilisation inférieur à celui des présures animales, des caractéristiques comparables et une garantie d'hygiène et de non toxicité. Les coagulants d'origine végétale utilisés généralement en association avec la présure tels que la ficine, la papaïne, la broméline étaient rarement utilisées seules en fromagerie en raison de leur pouvoir coagulant très variable et de leur activité protéolytique excessive, les textures et les

## INTRODUCTION

rendements de fromages ainsi que leur qualité organoleptique sont autant de facteurs limitants dans leur utilisation (De ROISSART et *al.*, 1994) (ECK, 1990). En revanche, les fleurons d'une plante sauvage ou cultivée, largement distribuée dans le bassin méditerranéen : le *Cynara cardunculus* sont utilisées depuis des siècles dans la fabrication des fromages traditionnels, à base principalement de lait de brebis (MARTIN et *al.*, 1996).

L'intérêt suscité pour cette plante qui sera un élément dans notre étude réside dans le fait qu'elle est bien répartie au niveau des hauts plateaux, où les conditions pédoclimatiques sont favorables pour son développement. Aussi son utilisation éventuelle en industrie fromagère constituerait pour l'Algérie une nouvelle source d'obtention d'enzymes coagulants du lait, à partir d'une matière première locale disponible mais non exploitée jusque là.

Les techniques fromagères en plus du fromage obtenu, génèrent un sous produit d'une valeur alimentaire très intéressante qui est le lactosérum. Sa valorisation s'impose d'elle-même si on veut profiter de tous les éléments nutritionnels du lait de chèvre.

C'est autour de ces objectifs que cette étude s'articule, elle traitera les points suivants :

- Une amélioration des connaissances sur le lait caprin notamment celui des quatre races algériennes : Arbia, Makatia, M'Zab et Kabyle en passant par la détermination de la composition physico-chimique et microbiologique du lait et dérivés.
- L'extraction et la détermination des principales caractéristiques de l'agent coagulant et une évaluation physique et organoleptique des produits obtenus notamment le fromage caprin ;
- L'amélioration des aptitudes à la coagulation du lait caprin par l'extrait de *Cynara cardunculus* ;
- Une étude des propriétés physicochimiques du lactosérum qui renferme un certain nombre de composés (lactose, protéines solubles, éléments minéraux) qui lui confèrent des propriétés fonctionnelles : capacité moussante, pouvoir émulsifiant, et qui peuvent être valorisées dans le domaine l'industrie agroalimentaire.

---

# **SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

---

## **A. Principales race caprines, caractéristiques phénotypiques et production.**

### **1. Au niveau mondial**

« la race, quelle que soit l'espèce, est une population d'animaux mâles et femelles possédant ensemble un certain nombre de caractères que l'on trouve chez les produits lorsqu'on accouple un mâle et une femelle de la population » (QUITTET, 1975).

FRENCH (1971), classe les populations caprines par continent, à savoir: la chèvre d'Europe, la chèvre d'Asie et la chèvre d'Afrique. Une autre classification des races caprines basée sur leurs principales productions (laitière, viande, lainière) est aussi noté et s'avère la plus intéressante.

### **1.1 Races à aptitude laitière**

#### **1.1.1 La chèvre Alpine:**

La race Alpine est originaire des Alpes suisses et françaises. Le berceau de la race se situe en Savoie où elle conserve un cheptel notable (CAPRIGENE, 2004).

##### **1.1.1.1 Aspect phénotypique**

Les chèvres de cette race sont unicolores, la couleur dominante est le fauve, Les combinaisons de couleurs rencontrées sont: les noires, les marrons (cas particuliers: polychrome, ventre et raie dorsale noire) (PALHIÈRE, 2001) (figure 01).

L'Alpine est une chèvre à poils ras, la poitrine est profonde, le bassin large et peu incliné. Les membres sont solides, les articulations sèches et les avants comme en arrière, se rétractant bien après la traite. Les trayons distincts de la mamelle, sont dirigés vers l'avant et sensiblement parallèles (CAPRIGENE, 2004).



**Figure 01:** Chèvre de race Alpine (FSEC, 2006).

### 1.1.1.2 Production laitière

Selon MICHEL (2016), cette Chèvre est très appréciée pour ses qualités laitières, ces dernières se présentent comme suit :

**Tableau 01** : Caractéristiques laitières de la chèvre Alpine (MICHEL, 2016).

Production laitière (kg)	929
Durée de la lactation (jours)	298
Taux butyreux (g/kg)	37,8
Taux protéique (g/kg)	33,4

### 1.1.2 La chèvre Saanen

La Saanen est originaire de la haute vallée de la Saane, en Suisse. C'est la race la plus répandue mondialement parmi les races laitières caprines. Elle est surtout exploitée dans le sud-est, le centre et l'ouest de la France, où elle donne de bons résultats, montrant une large adaptation aux différents régimes alimentaires (CAPRIGENE, 2004).

#### 1.1.2.1 Aspect phénotypique

La Saanen est une chèvre à poil court, dense et soyeux. La robe est uniformément blanche (figure 02). La tête a un profil droit. La poitrine est profonde, large et longue, caractérisant une grande capacité thoracique.

L'épaule est large et bien attachée, les aplombs sont corrects et les allures régulières. La mamelle est globuleuse, bien attachée, très large à la partie supérieure (CAPRIGENE, 2004).

CORCY (1991), rajoute que la Saanen possède une tête souvent motte, avec pampilles et barbiches et un front plat à peine concave. Des oreilles assez développées et largement ouvertes, cette race se caractérise aussi par un muflé épais et large. Le dos est horizontal, bien droit.



**Figure 02:** Chèvre de race Saanen (SPCQ, 1998).

### 1.1.2.2 Production laitière

D'après MICHEL (2016), ses qualités laitières se présentent comme suit :

**Tableau 02 :** Caractéristiques laitières de la chèvre Saanen (MICHEL, 2016).

Production laitière (kg)	985
Durée de la lactation (jours)	311
Taux butyreux (g/kg)	35,9
Taux protéique (g/kg)	32,2

### 1.1.3 La chèvre poitevine

Le berceau de la chèvre poitevine se situe aux alentours des sources de la sève, dans le centre ouest de la France. En 1925, une épizootie de fièvre aphteuse décime les troupeaux poitevins, c'est à partir de souches prélevées dans les Alpes que le troupeau fut progressivement reconstitué (CAPRIGENE, 2004).

#### 1.1.3.1 Aspect phénotypique

La Poitevine est une chèvre de format moyen à grand, d'aspect longiligne, sa robe est de couleur brune, plus ou moins foncée, parfois presque noire dite « en cape de Maure ». Les poils sont demi-longs sur le dos et les cuisses, la face intérieure des membres, le dessous du ventre et de la queue sont blanc ou très clairs. La face comporte une raie blanche de chaque côté du chanfrein encadrant une tête fine, triangulaire sans cornes (figure 03) (CORCY, 1991; CAPRIGENE, 2004).



**Figure 03:** Chèvre de race Poitevine (FSEC, 2006).

### 1.1.3.2 Production laitière

Ses caractéristiques laitières selon MICHEL (2016), se présentent comme suit :

**Tableau 03 :** Caractéristiques laitières de la chèvre Poitevine (MICHEL, 2016).

Production laitière (kg)	530
Durée de la lactation (jours)	257
Taux butyreux (g/kg)	33,7
Taux protéique (g/kg)	31,3

### 1.1.4 La chèvre Rove

C'est le Rove, petit village près de Marseille qui a donné son nom à cette race de chèvres esthétiques et rustiques, rendue célèbre par son fromage « Le brosse du Rove » (CAPRIGENE, 2004). La viande de ses chevreaux est savoureuse et très recherchée, cette chèvre est naturellement peu agressive envers le mouton, est souvent mêlée aux troupeaux ovins dans lesquelles elle est utilisée pour élever les agneaux jumeaux ou orphelins (CAPRIGENE, 1995).

#### 1.1.4.1 Aspect phénotypique

Le corps de cette chèvre est musclé et les poils sont courts. La tête triangulaire avec des cornes très développées chez les deux sexes, ce sont des sections comprimées portées hautes et montent en spirale dans l'axe du chanfrein. La robe est de couleur rouge (la plus répandue) car elle peut être aussi noire, grise, blonde ou pie (figure 04).



**Figure 04:** Chèvre de race Rove (CAPGENES, 2014).

#### 1.1.4.2 Production laitière

C'est un animal rustique, résistant physiquement aux parcours accidentés et se contente de terrains pauvres. La chèvre Rove fournit un lait riche en matières grasses et protéiques (tableau 04), elle se distingue aussi bien en production fromagère que pour élever ses cabris et les agneaux orphelins.

Le bouc Rove est utilisé en croisement pour améliorer la conformation des chevreaux (CAPRIGENE, 1995 ; CAPRIGENE, 2004).

**Tableau 04:** Caractéristiques laitières de la chèvre Rove (MICHEL, 2016).

Production laitière (kg)	250
Durée de la lactation (jours)	179
Taux butyreux (g/kg)	41,6
Taux protéique (g/kg)	31,5

#### 1.1.5 La chèvre Toggenburg

Cette chèvre est originaire de Suisse. Elle est plus petite que la Saanen ; sa hauteur en moyenne varie de 75 à 83cm pour les mâles et de 70 à 80cm pour les femelles. Son poids vif moyen adulte atteint 63kg pour le mâle et 47kg pour la femelle. Elle a un manteau brun clair avec des taches noires (figure 05) (FRENCH, 1971).

Elle est aussi très laitière, mais ses taux de matières grasses et de protéines dans le lait sont plus faibles que toutes les autres races (SPCQ., 1998).

La Toggenburg a une production laitière de 600 à 900kg, et sa lactation dure 275 à 300 jours (ABDERRAHMANI et GUELMAOUI, 1995).



**Figure 05:** Chèvre de race Toggenburg (FSEC, 2006).

### 1.1.6 La chèvre Nubienne

Elle présente l'originalité d'avoir une origine exotique assez récente, puisque un premier travail de sélection a été fait par les Anglais, qui ont importé, vers la fin du XIX siècle, des reproducteurs à partir de l'Afrique, l'Arabie Saoudite et l'Inde (SPCQ, 1998).

Cette chèvre a un excellent tempérament de groupe. Les oreilles de la Nubienne sont pendantes et le profil de sa tête est convexe. On dit alors qu'elle a un nez « romain ».

Elle peut prendre toutes les couleurs ou combinaisons de couleurs (figure 06). Elle est reconnue pour sa fécondité (02 à 04 chevreaux par portée), ses hautes teneurs en matières grasses et protéines du lait et ses qualités bouchères. Toutefois, c'est la race qui produit la moins grande quantité de lait (SPCQ, 1998).

La nubienne a une production laitière de 700 à 900 Kg, et sa lactation dure 273 à 300 jours (ABDERRAHMANI et GUELMAOUI, 1995).



**Figure 06:** Chèvre de race Nubienne (FSEC, 2006).

### **1.1.7 La chèvre de Malte (Maltaise)**

Ces chèvres sont connues depuis fort longtemps, très réputée comme laitière (FRENCH, 1971) et d'après ASSOCIAZIONE NAZIONALE DELLA PASTORIZIA cité par FANTAZI (2004), elle est rencontrée dans les régions des littoraux d'Europe. Elle présente une taille moyenne, tête relativement petite et légère, oreilles longues et larges, pendantes aussi bien chez les mâles que chez les femelles avec l'extrémité tournée vers l'extérieur, tronc et abdomen large, robe de couleur blanche avec nuque, yeux, maxillaires et oreilles de couleur noir avec des tâches, qui s'étendent au point d'attache de la tête et dans quelques cas s'estompent jusqu'au garrot. Sa production moyenne de lait est de 357 litres/lactation.

### **1.1.8 La chèvre Corse**

Il existe peu d'information sur l'origine de cette race. Elle est petite et elle pèse 30 à 40kg. Elle a des cornes fines bien implantées, recourbées vers l'arrière. Elle porte toujours une barbiche, son poil est long avec une coloration très variable.

Sa production laitière est relativement modérée (150 litres / 150 jours de lactation) car les éleveurs privilégient l'adaptation du système d'élevage, la principale débouchée de cette production est le fromage, le plus souvent fermier (CAPRIGENE, 1995).

### **1.1.9 La chèvre Pyrénéenne**

Selon la même source précédente et en l'absence de standard, l'aspect des animaux est assez hétérogène, ce qui confirme l'origine ancienne de la population. Cependant, des caractères constants et spécifiques se manifestent :

Corps de grand format et ossature robuste, membres épais, articulation très forte, robe à poils longs multicolore, noir, blanche, grise, brune ou jaune avec toutes les teintes intermédiaires possibles. Les oreilles sont longues et tombantes. Les femelles portent souvent des cornes longues et parfois torsadées (figure 07).

Les chèvres Pyrénéennes sont d'une très grande rusticité, supportant bien l'humidité, parfaitement adaptées à la vie en montagne et en liberté ou aux longs déplacements avec les troupeaux ovins, cette chèvre vit presque toute l'année en extérieur et ne rentre que lors de la période de mise bas pour permettre la vente des chevreaux. Il existe quelques souches bonnes laitières, notamment parmi les animaux de type Béarnais (CAPRIGENE, 2004).



**Figure 07:** Chèvre de race Pyrénéenne (THUAULT, 2012).

## 1.2 Races à viande

### 1.2.1 La chèvre Boer

Selon DIETER (2003), la chèvre Boer, originaire d’Afrique du Sud, fournit une bonne illustration de l’importance et du potentiel des ressources zoo-génétiques. Elle est considérée comme la meilleure race caprine à viande dans le monde. Depuis les années 1990, la chèvre Boer est exportée par l’Afrique du Sud et des sociétés d’élevage des chèvres Boer se sont constituées, spécialement en Australie et aux États-Unis.

#### 1.2.1.1 Aspect phénotypique

Elle se caractérise par une bonne conformation bouchère, une croissance et une prolificité élevée, un pelage court blanc sur le corps et rouge sur la tête et le cou. Les éleveurs ont développé une chèvre spécifiquement bouchère qu'ils ont appelés en Afrikaans « *Boerbok* », qui signifie la «chèvre du fermier » (FSEC, 2006).

D’après MATHIEU (2006), son profil busqué et ses longues oreilles tombantes, les cornes sont recourbées vers l'arrière. Elle est présentée par différentes robes, la Boer dite "moderne" possède une tête de couleur rouge avec une ligne blanche sur le museau, le reste du corps étant entièrement blanc (standard Sud Africain) (figure 08). Certains éleveurs américains ont développé des souches colorées: noire rouges et pies qui rencontrent un grand succès. La viande de la Boer est maigre, tendre, succulente et relevée (GAGNON, 2000).

#### 1.2.1.2 Production de viande

Selon MATHIEU (2006):

⊕ Poids des chevreaux à 100 jours dépasse : 24 Kg (= 32,2Kg après l'amélioration);

- ⊕ Poids des femelles à 100 jours dépasse : 21,9Kg (=27,8Kg après l'amélioration);
- ⊕ Le bouc le plus lourd atteint 160Kg;
- ⊕ Poids à l'abattage : 38 à 43Kg.



**Figure 08:** Chèvre de race Boer (FSEC, 2006).

### 1.2.2 La chèvre de Murcie (Murciana)

C'est des chèvres de profil subconcave, de taille normale et de proportion moyenne avec une tendance à être longimorphe.

Elles ont une robe uniforme, de couleur noire ou acajou, avec des muqueuses foncées ou rosée, leur poil est court chez les femelles, plus fort chez les mâles. La Murciana présente une tête avec taille moyenne, forme triangulaire, format ample, visage allongé, oreilles de taille moyenne, droites légèrement inclinées. Généralement sans cornes, bien qu'elles puissent être présentes quelques fois.

La présence de barbiches est fréquente chez le mâle, et celle des pampilles chez les deux sexes. Le corps est long, fin chez la femelle, plus court et puissant chez le mâle. La mamelle est volumineuse, symétrique avec des trayons bien différenciés, moyennement développés, forts, dirigés vers l'avant et l'extérieur, peau fine et élastique, sans poils (FANTAZI, 2004).

SI TAYEB (1989), rajoute que l'aptitude laitière de cette chèvre est moins développée, et elle est de 500 à 700 en 275 jours par contre sa production de viande est intéressante avec un rendement de 45%.

### 1.2.3 La chèvre Créole Antillaise (Cabrit Créole)

La population locale s'est constituée à partir d'importations d'animaux d'origines diverses (Europe, Afrique et Inde) (NAVES et al., 1998). Ces races ont été peu étudiées et restent non

décrites. La chèvre Créole, désormais bien typée du point de vue des marqueurs génétiques par PEPIN (1994) est un génotype intermédiaire entre les races européennes et africaines. La couleur prédominante de la robe est le noir (figure 09) néanmoins quelques combinaisons de couleurs (noir, fauve et gris) sont observées. Selon la base de données nationale française (BRG, 1998), les caractéristiques de format sont: poids vif adulte moyen 28 kg pour la femelle et 38 kg pour le mâle; hauteur moyenne au garrot de 51 cm et 62 cm, respectivement.

Environ 95% des animaux ont des cornes et 6% ont des pendeloques, elle est très peu saisonnière sexuellement, et les femelles ont un rythme de 3 mises bas sur 24mois, elle a une bonne fécondité 2.5 chevreaux/chèvre/an (CORCY, 1991, CAPRIGENE, 1995).

La Créole se caractérise par son format nain. Cette chèvre est élevée exclusivement pour la production de viande et elle présente des caractères d'adaptation exceptionnelle aux climats tropicaux, ainsi qu'elle est élevée principalement en pâturage (CORCY, 1991).



**Figure 09:** Chèvre de race Créole Antillaise (INRA, 2015).

### **1.3 Races à aptitude lainière**

#### **1.3.1 La chèvre Angora**

Selon SPCQ (1998), La chèvre Angora tire son nom de la province d'Ankara, anciennement Angora en Turquie (Asie Mineure) dont elle est originaire. C'est à partir du 19<sup>e</sup> siècle que la chèvre angora (connue en Asie centrale et au Tibet depuis plus de 4000 ans) est exportée à travers le monde.

##### **1.3.1.1 Aspect phénotypique**

C'est un animal rustique, à caractère assez placide, ayant un comportement en groupe comparable à la brebis (CAPRIGENE, 1995).

Selon CHERADI (1997), cette chèvre vit sous climat steppique, sa toison est blanche, format des mèches longues frisées ou bouclées (figure 10).



**Figure 10:** Chèvre de race Angora (SPCQ, 1998).

### 1.3.1.2 Production de laine

Elle est facile à élever. La production principale de cet élevage est la fibre mohair, fibre naturelle de très haute qualité (utilisée pour la réalisation de vêtements, lainage, draperies, velours ...) pour son lustre, sa blondeur, sa bonne prise à la teinture, sa forte élasticité, sa douceur, sa résistance à l'usure, son pouvoir isolant retenant bien la chaleur du corps, elle est utilisée seule ou mélangée à d'autres fibres naturelles ou artificielles pour la réalisation des vêtements (CAPRIGENE, 1995).

D'après la même source précédente; les qualités lainières de la chèvre Angora sont :

- ⊕ Poids de la toison à 180jours : 2.1kg ;
- ⊕ Rendement lavage : 86.8% ;
- ⊕ Longueur de mèche à 180jours : 13.3cm ;
- ⊕ Finesse moyenne : 26.8microns.

### 1.3.2 La chèvre Cachemire

Elle ne peut être élevée qu'au Cachemire (entre l'Inde et le Tibet). Elle est de petite taille, rustique et résiste au climat froid le plus rigoureux. Elle est exploitée essentiellement pour son poil pour fabriquer des tissus spéciaux dits « Cachemire » (QUITTET, 1975 ; HAFID, 2006).

## **2. Au niveau national**

Les populations existantes en Algérie sont de types traditionnels, dont la majorité d'entre elles sont soumises uniquement à la sélection naturelle (MADANI, 2000). Le rameau Nord Africain aux poils noirs, gros et résistant se rapproche du type Kurde et Nubio-syrien selon CHARLET et LE JAOUEN (1976); mais il existe selon GEOFFROY (1919) cité par MADANI et al. (2003) dans certaines régions, des métissages avec les races méditerranéennes, comme la Maltaise, la Damasquine, la Murciana, la Toggenburg et plus récemment avec l'Alpine et la Saanen (MADANI, 2000) qui ont fait l'objet de tentatives d'élevage en race pure, spécialisée en production laitière dans la région de Kabylie. Toutefois, il n'existe que peu d'informations sur le renouvellement des troupeaux à long terme.

En effet, le cheptel caprin algérien est peu connu, sa conformation et ses aptitudes ne sont pas encore définies. Il est représenté par la chèvre Arabe, la plus dominante en terme d'effectif et qui comprend deux types Arbia et Makatia, la chèvre Kabyle et la chèvre M'Zab (figure 11).

Globalement, les populations locales de caprins gardent intacte leur variabilité génétique bien que des populations étrangères qui n'étaient pas encore des races standardisées ont commencé à être introduites à partir du début du 20<sup>ème</sup> siècle. Parmi celles-ci, il y a lieu de citer la Maltaise, l'Espagnol de Murcie, la Toggenbourg et la chèvre Angora. L'importation au cours des dernières décennies de quelques milliers de têtes caprines de race standardisées (la Saanen et l'Alpine principalement) est aussi à signaler.

### **2.1 Races à aptitude laitière**

#### **2.1.1 La chèvre Makatia**

Dite aussi Beldia, cette chèvre de grand format serait issue de multiples croisements avec d'autres races, notamment les chèvres de race maltaise, d'où ses caractères phénotypiques très hétérogènes, comme sa robe aux poils courts qui varie du gris au beige. Le plus grand nombre de ce type se localise au nord de l'Atlas saharien où l'isohyète est généralement très faible (KEBBAB, 2016).

Par contre TAZI (2001), signale que la Makatia serait le résultat du croisement entre la Cherkia et l'Arbia à poils longs, originaire d'Ouled Nail. On trouve également la Makatia dans la région de Laghouat en association généralement avec la chèvre Arbia.

### 2.1.1.1 Aspect phénotypique

D'après HELLAL (1986), la chèvre Makatia se caractérise par un corps allongé, dessus droit. La tête est forte chez le mâle et le chanfrein est légèrement convexe chez quelques sujets. Si les cornes existent, elles sont dirigées en arrière vers le haut et elles sont plus fines chez les femelles. Le caractère motte est aussi observé.

La barbiche et les pendeloques sont moins fréquentes, les oreilles sont longues et tombantes (16cm de longueur). Sa robe est variée de couleur grise, beige, blanche et brune à poils ras de longueur allant de 3 à 5cm en moyenne.

La mamelle est bien équilibrée, haute et bien attachée, de type carré (2/3 des animaux ont de gros trayons).

C'est une race de grande taille. Elle est utilisée principalement pour la production de lait et de viande et spécialement pour la peau et le cuir (FELIACHI, 2003).

### 2.1.1.2 Production laitière

La Makatia est peu résistante sur parcours et son intérêt réside dans sa production.

HELLAL (1986), rapporte que cette chèvre se caractérise par :

- ⊕ Une production laitière : 1,5 L/j pendant 190jours ;
- ⊕ Un taux de prolificité de 150% ;
- ⊕ Un taux de fertilité de 90%.

D'après BELMIHOUB et EDDINE (1997), la Makatia offre un intérêt économique assez considérable par son caractère prolifique (150%), sa fécondité atteint facilement 110% cependant elle s'avère moins fertile que la chèvre Arbia.

Un bon effectif de la Makatia se trouve à Tlemcen où elle est très appréciée pour sa viande et surtout pour sa production laitière qui est nettement supérieure à l'Arbia, puisqu'elle peut donner jusqu'à 2.5 litres/j (KEBBAB, 2016).

## 2.1.2 La chèvre M'Zab

Appelée également Touggourt, cette chèvre est originaire de M'tlili dans la région de Ghardaïa. Elle peut toutefois se trouver dans toute la partie septentrionale du Sahara (FELIACHI, 2003).

### 2.1.2.1 Aspect phénotypique

Selon FELIACHI (2003), cette chèvre est de taille moyenne (65cm), son corps allongé, droit et rectiligne. Sa tête est fine et cornue, alors que sa robe présente trois couleurs : le chamois

dominant, le blanc et le noir. HELLAL (1986), rajoute que la chèvre M'Zab se caractérise par des oreilles longues et pendantes (15cm). Ses poils sont courts (83% qui ont des poils de moins de 3cm de longueur). La mamelle est bien équilibrée, haute et bien attachée avec de petits trayons mais on peut rencontrer des sujets ayant des mamelles basses avec de gros trayons.

GUESSAS et SEMAR (1998), rapportent en plus que : la hauteur au garrot adulte est de 65cm chez la femelle avec un poids vif adulte de l'ordre de 35kg.

### **2.1.2.2 Production laitière**

Selon FELIACHI (2003), c'est une race laitière par excellence, elle présente indéniablement d'immenses intérêts zootechniques et économiques.

La chèvre M'Zab peut produire jusqu'à 4 litres/j, elle se caractérise par une volumineuse mamelle frôlant parfois le sol lorsqu'elle est gorgée de lait (KEBBAB, 2016).

## **2.2 Races à viande**

### **2.2.1 La chèvre Arbia**

D'après MADANI et *al.* (2003), l'Arbia fait partie de la population dite Sahélienne. Elle représente 30% du cheptel national. Elle se localise dans la région de Laghouat et les hautes plaines, et se subdivise en deux sous-types l'un sédentaire et l'autre transhumant.

L'Arbia est dénommée aussi population Arabo - maghrébienne (GREDAAL, 2003).

#### **2.2.1.1 Aspect phénotypique**

La chèvre Arbia présente un format peu développé avec une taille de 50 à 70 cm. Sa tête est pourvue de cornes assez longues dirigées vers l'arrière (surtout chez les mâles) avec des oreilles pendantes (10 à 17cm).

Au niveau du phénotype elle manifeste des caractères plus homogènes : robe à long poils, pattes blanches au dessus du genou, raies blanches et fauves sur le visage, tâches blanche à l'arrière des cuisses. La mamelle est carrée, fixe en haut, bien équilibrée et attachée avec des petits trayons pour les deux types (GREDAAL, 2003 ; HAFID, 2006).

Comparativement au type transhumant le type sédentaire a les poils plus longs 14-21 cm contre 10-17 cm pour le type transhumant (FELIACHI, 2003).

### 2.2.1.2 Production de viande

Cette chèvre est parfaitement adaptée aux contraintes des parcours et semble posséder de bonnes aptitudes de reproduction.

Dans les provinces pastorales, elle est surtout élevée pour la viande de chevreaux, au vu de la valeur marchande de l'agneau. Sa production laitière est de 1.5 litres/j (KEBBAB, 2016).

D'après GUESSAS et SEMAR (1998), les performances zootechniques sont comme suit :  
Un taux de prolificité : 125%.

- ⊕ Un taux de fertilité : 107%.
- ⊕ Un nombre de mise bas / chèvre / an : 02.

### 2.2.2 La chèvre Kabyle

« Naine de Kabyle », autrement dite Berbère, c'est une autochtone qui peuple les massifs montagneux de la Kabylie et de l'Aurès.

#### 2.2.2.1 Aspect phénotypique

Selon FELIACHI (2003), la chèvre de Kabylie est petite de taille. Son poil est long de couleur généralement brun foncé, parfois noir ; la tête de profil courbé, est surmontée de cornes.

#### 2.2.2.2 Production de viande

C'est une chèvre robuste et massive par contre c'est une mauvaise laitière mais beaucoup appréciée pour sa viande (GREDAAL, 2003). Néanmoins, en plus de sa production carnée, son point fort est la longueur de son pelage qui offre un poil pur, généralement de couleur brun à noir. D'ailleurs, la toison de cette chèvre de montagne est un véritable patrimoine, fortifié par l'outré des Aurès (El guerba) qui demeure dans plusieurs contrées le bon moyen pour se rafraîchir. Mais cette chèvre a surtout fait la réputation des femmes kabyles et aurésiennes dans les métiers de l'artisanat, notamment le tissage et la tapisserie (KEBBAB, 2016).

D'après GUESSAS et SEMAR (1998), les performances zootechniques se résument comme suit :

- ⊕ Un taux de prolificité de 100 – 120% ;
- ⊕ Un taux de fertilité de 90% ;
- ⊕ Un nombre de mise bas / chèvre / an : 02 ;
- ⊕ Un nombre de chevreaux / chèvre / an : 02 – 03.

## B. Importance du cheptel caprin

L'importance de l'élevage caprin se mesure au terme quantitatif et qualitatif, que ce soit en système intensif hautement productif ou en système extensif fondé sur l'exploitation des parcours. Ce phénomène s'observe aussi bien dans les pays en voie de développement que dans un certain nombre de pays industrialisés. Au niveau des pays à faibles potentialités agricoles, la chèvre représente bien souvent la principale, si non l'unique source de protéines animales difficilement remplaçable. Par contre, dans les pays développés, l'élevage caprin s'est imposé au rang d'une production spécialisée et en compétition avec les autres productions animales et végétales, que ce soit pour la rentabilité de son élevage ou sur le plan de sa productivité.

### 1. Effectif et répartition des races

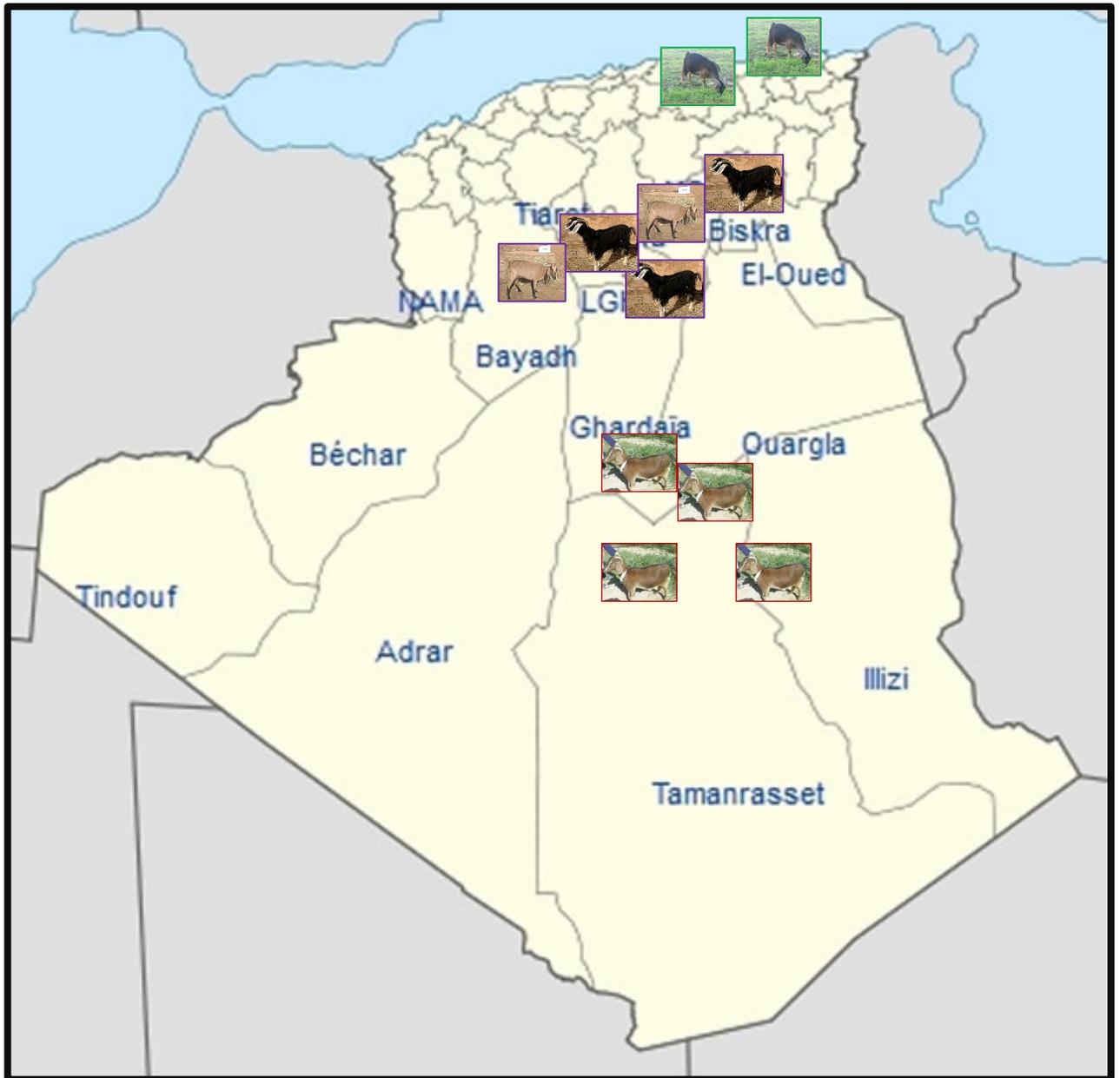
#### 1.1 Au niveau mondial

L'élevage caprin est très concentré dans le continent Asiatique avec un effectif de 57,5% de l'effectif mondial, il est suivi par le continent Africain avec 37% de l'effectif mondial. Le reste est réparti entre l'Amérique environ (3,6%), et l'Europe avec (1,63%) de l'effectif mondial (CORINNE, 2017).

La répartition de ce cheptel est consignée sur le tableau 05.

**Tableau 05** : Cheptel caprin dans le monde en million de tête (FAO, 2014; CORINNE\*, 2017).

Année Continent	2010	2011	2012	2014*	Moyenne par rapport à l'effectif mondial
<b>Afrique</b>	330	338	344	374	<b>37%</b>
<b>Asie</b>	582	584	595	581	<b>57.5%</b>
<b>Europe</b>	170	165	165	16.5	<b>1.63%</b>
<b>Amérique</b>	38	38	35	36	<b>3.6%</b>
<b>Monde</b>	973	981	996	1011	



**Figure 11:** Répartition des races caprines en Algérie (TAZI, 2001 ; FELIACHI, 2003 ; MADANI et al., 2003).



: La race Kabyle



: La race Makatia



: La race Arbia



: La race M'Zab

Selon les estimations de la FAO (2014) et CORRINE (2017), l'effectif caprin mondial est passé de 973 millions de tête de l'année 2010 à 1011 millions de têtes en 2014. Les pays en voie de développement sont les pays qui possèdent les plus gros troupeaux.

## 1.2 Au niveau national

D'après BELAID (2016), le cheptel caprin national est estimé à plus de 4.5 millions de têtes dont 65% de femelles. C'est l'un des plus forts au monde, même s'il est loin derrière les 300 millions de têtes que se partagent l'Inde et la Chine. La Grèce, qui possède le plus grand cheptel caprin en Europe, destiné à une production mixte (lait et viande), en compte 4.2 millions de têtes contre 2.8 millions pour l'Espagne et 1.7 million pour la France, premier pays producteur et collecteur de lait pur chèvre en Europe. À titre indicatif, la wilaya de Djelfa compte un effectif estimé par la DSA pour l'année 2017 à environ 276.800 chèvres. Son évolution sur la décennie (2008-2017) est répertoriée sur le tableau 06. L'effectif caprin a connue une légère croissance à partir de 2013.

**Tableau 06:** Effectif du cheptel caprin dans la wilaya Djelfa (nombre de têtes)(DSA, 2018).

	Caprins	Chèvres	Ovins	Brebis	Bovins	Vaches	Camelins	chamelles
<b>2008</b>	335000	215000	2500000	1280000	27600	13900	7650	4720
<b>2009</b>	340450	224820	2517000	1285000	27870	12480	6380	3880
<b>2010</b>	337000	233900	2752000	1710500	29100	13100	6200	3550
<b>2011</b>	348370	236250	2891800	1821500	29200	13390	6330	3790
<b>2012</b>	361800	247150	2967300	1954700	31350	14386	6270	3790
<b>2013</b>	382960	266550	3113500	2071700	30750	14220	6440	3840
<b>2014</b>	395300	280780	3242760	2187900	32080	14320	6420	3840
<b>2015</b>	405400	288780	3364460	2275200	35250	16790	6240	3660
<b>2016</b>	406000	272000	3379000	2324000	34400	17170	6200	3700
<b>2017</b>	408100	276800	3379500	2308700	34000	16220	6320	3710

Le cheptel caprin en Algérie est concentré dans les zones difficiles, c'est un élevage à caractère pastoral ou sylvopastoral. D'après CHELLIG (1978), la population caprine nationale se répartit comme suit :

- ⊕ 28.8% dans les zones montagneuses ;
- ⊕ 41.1% dans la steppe ;
- ⊕ 22.5% dans le sud ;

Le cheptel caprin comprend également, mais en faible proportion (7.6%), des chèvres améliorées importées d'Europe (Saanen, Alpine,...) et les produits de leur croisements rencontrés principalement au sein des exploitations étatiques.

## **2. Productions caprines**

Le cheptel caprin représente une activité agricole très importante de cet élevage, il s'agit du lait, de la viande, du cuir et de poils (laine) sans oublier son fumier qui est un sous produit non négligeable. Les types de production ainsi que les quantités produites dans le monde diffèrent d'un type et d'un continent à un autre.

### **2.1 Au niveau mondial**

#### **2.1.1 Production laitière**

Le lait de chèvre est consommé en particulier dans les régions où il n'est pas concurrencé par le lait de vache et que les populations le jugent qualitativement supérieur. Il constitue de part ses caractéristiques une bonne matière première pour la fabrication des produits laitiers (yaourts, fromage, boissons fermentées...). Les teneurs en protéines et en lipides du lait de chèvre sont plus élevées que celle du lait de vache et diffèrent plus sensiblement du lait humain (MUGGLI, 1982 in FAO, 1990).

Le tableau 07, qui résume la production laitière par continent entre 2008 et 2014, montre que l'Asie est en premier rang avec un taux de 60,14% de la production mondiale, suivie par l'Afrique avec un taux de 22,34%, l'Europe avec un taux de 14,22%, alors que l'Amérique ne produit que par un taux de 3,28% malgré son effectif beaucoup plus important que celui de l'Europe.

**Tableau 07** : Production du lait de chèvre dans le monde (F.A.O, 2014; CORINNE\*, 2017).

<b>Années Continent</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2014*</b>	<b>Moyenne par rapport à l'effectif mondial</b>
<b>Afrique</b>	1332973	1389205	1456760	1445812	4098000	22.34
<b>Asie</b>	3164114	3310096	3419428	3493433	11031000	60.14
<b>Europe</b>	858203	876603	863486	851290	2609000	14.22
<b>Amérique</b>	189494	196934	198540	198247	601000	3.28
<b>Monde</b>	5544800	5772854	5938231	5988800	18340000	

### 2.1.2 Production de viande

La viande caprine est dotée de caractéristiques intrinsèques qui ne sont pas différentes de celles des autres viandes, et sur un panel formé de 6000 individus dont seulement 25% avaient déjà consommé cette viande, il en ressort que 42% ont préférés la viande caprine, contre 38% le bœuf et 20% n'ont pas pu faire de distinction entre les deux viandes.

D'après GAGNON (2000), la viande caprine est très maigre, elle contient seulement 3.03g de gras / 100g de viande avec un taux très faible en gras saturé, comparativement aux autres viandes, ce qui en fait un aliment peu énergétique. DUMOULIN (2006), rapporte que la chèvre est élevée dans le monde principalement pour la consommation de viande (95% de la production de chèvre).

Les principaux producteurs de cette viande sont les pays d'Asie avec 60,14% de la production mondiale, le moyen orient est aussi un bon producteur (tableau 08).

Toujours selon le même auteur, la viande de chèvre représente 35% de la viande produite à partir de petits ruminants (caprin et ovin) uniquement par rapport à la production mondiale.

**Tableau 08** : Production de viande caprine dans le monde (CORINNE, 2017).

<b>Années Continent</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2014</b>
<b>Afrique</b>	3520000	4997000	4098000
<b>Asie</b>	8270000	9839000	11031000
<b>Europe</b>	2590000	2639000	2609000
<b>Amérique</b>	550000	587000	601000
<b>Monde</b>	14931000	17165000	18340000

### 2.1.3 Production de peaux et de poils

La peau des caprins avec ou sans poils a ses utilisations variées (fabrication de vêtements, chaussures, outres, instrument de musique ...etc). Selon les estimations de le FAO (2006), la production mondiale de peaux caprines en 2006 a atteint 274.8 million de tonnes, dont plus de 94.61% provient des pays en voie de développement.

## 2.2 Au niveau national

### 2.2.1 Production laitière

En Algérie, et selon NADJRAWI (2003), la production laitière moyenne annuelle tous genres et espèces confondue sans les camelins au cours de la dernière décennie est environ de 01milliard de litres et est répartie comme suit :

- ⊕ 60% provient de l'élevage bovin ;
- ⊕ 26% de lait de brebis ;
- ⊕ et 13% de lait de chèvres ;

La structure de la production laitière en Algérie n'a pas changé significativement depuis le début des années 80. Cette production est le fait d'une population bovidienne estimée en 2003 à 833.000 vaches dont 192.000 dites « Bovin Laitier Moderne » (Pie noires et Rouges), alors que les productions issues des autres espèces animales restent marginales sinon limitées à la sphère de l'autoconsommation.

Il y'a lieu toutefois de relever le cas particulier de la production laitière caprine qui s'effectue dans le cadre de système d'élevages extensifs localisés dans les zones de montagnes, steppiques et, marginalement, au niveau des oasis où elle constitue la source de lait principale, sinon unique, pour de nombreux ménages (FERRAH, 2005). A titre d'exemple et pour la wilaya de Djelfa, la production laitière entre 2008 et 2017 est rapportée dans le tableau 09.

Des pics de productions laitière ont été obtenus en 2015 et 2017 et qui sont le résultat d'une production en fourrage importante durant ces années.

**Tableau 09:** Evolution de la production laitière annuelle dans la wilaya de Djelfa (Litres) (DSA, 2018).

	<b>Brebis</b>	<b>Vaches</b>	<b>Chamelle</b>	<b>Chèvres</b>	<b>PCM*</b>
<b>2008</b>	28800000	14140000	673680	11610000	<b>21,02</b>
<b>2009</b>	32426400	21962000	682400	14034200	<b>20,31</b>
<b>2010</b>	39081800	21937000	990800	12630600	<b>16,92</b>
<b>2011</b>	40983440	22350000	1023280	12757280	<b>16,54</b>
<b>2012</b>	43549500	24768000	1024600	13345900	<b>16,14</b>
<b>2013</b>	46613100	24965000	1035300	14393600	<b>16,54</b>
<b>2014</b>	49227600	25401000	1034700	11792700	<b>13,48</b>
<b>2015</b>	51191810	28591000	988490	21138700	<b>20,74</b>
<b>2016</b>	52291630	29311000	982530	19880840	<b>19,40</b>
<b>2017</b>	51967000	27727000	1002000	21586000	<b>21,10</b>

**PCM\*** : Production laitière caprine par rapport à la production totale

### 2.2.2 Production de viande

En Algérie, la production de viande rouge provient essentiellement d'élevages extensifs. Elle se répartie comme suit :

- ⊕ Viande ovine : 56% ;
- ⊕ Viande bovine : 34% ;
- ⊕ Viande caprine : 08% ;
- ⊕ Viande cameline 02% qui reste très marginale car n'étant consommée que dans le sud du pays.

Les bilans de production en rapport avec le niveau de consommation sont difficiles à établir en raison des abattages, non contrôlés. La production de viande caprine a été estimée en 2005 à  $12.4 \times 10^3$  tonnes. Elle est beaucoup plus faible en tonnage que celle d'origine bovine et ovine (NADJRAWI, 2006).

Le tableau10, qui traduit l'évolution de la production de viande à Djelfa, laisse apparaitre que la production de viande caprine est beaucoup plus inférieure à celle ovine. Comparée à la production totale de viande, cette production a chuté en 2016 pour représenter uniquement en 2017 que 07.17% de la production totale de viande.

**Tableau 10:** Evolution de la production de viande dans la wilaya de Djelfa (en quintaux) (DSA, 2018).

	<b>Ovins</b>	<b>Bovins</b>	<b>Caprins</b>	<b>PCM*</b>
<b>2008</b>	204800	19460	25800	<b>10,32</b>
<b>2009</b>	235660	20490	26980	<b>9,53</b>
<b>2010</b>	249710	20840	28750	<b>9,61</b>
<b>2011</b>	289490	19150	29030	<b>8,60</b>
<b>2012</b>	336640	20730	32910	<b>8,43</b>
<b>2013</b>	367320	20380	35730	<b>8,44</b>
<b>2014</b>	387570	20500	37470	<b>8,41</b>
<b>2015</b>	439060	25000	40930	<b>8,11</b>
<b>2016</b>	464820	26390	38220	<b>7,22</b>
<b>2017</b>	480100	25100	39000	<b>7,17</b>

**PCM\*** : Production de viande caprine par rapport à la production totale.

### 2.2.3 Production de peaux et de poils

En Algérie, la production des peaux fraîches caprines a été estimée à 2.000 tonnes contre 25.000 tonnes pour les ovins (FAO, 1997).

Les peaux sont classées en fonction des défauts qu'elles présentent. Certaines races possèdent des poils longs, très fins qui sont très prisées et servent pour les nomades à la fabrication de tapis, de cordes et de vêtements.

La production de peaux et de cuir dans la wilaya de Djelfa durant la décennie 2004-2014(tableau 11), montre une nette évolution. Elle est passée de 2410qx en 2004 pour atteindre 7020qx en 2014. Cette augmentation suit celle du cheptel toutes espèces confondues.

En plus des peaux et des cuirs un sous produit intéressant et valorisant est obtenu, il s'agit du fumier, engrais organique par excellence. Il est obtenu en stabulation et permet une bonification des sols pauvres en matière organique (cas des sols sableux et limoneux) évitant ainsi une érosion des sols à court terme.

**Tableau 11** : Evolution de la production de peaux et de cuire dans la wilaya de Djelfa (DSA, 2015).

<b>Années</b>	<b>Production de peaux et de cuire (quintaux)</b>
	<b>Total (chèvres, ovins, bovins, camelins, équins)</b>
<b>2004</b>	2410
<b>2005</b>	250
<b>2006</b>	3730
<b>2007</b>	4110
<b>2008</b>	4000
<b>2009</b>	11340
<b>2010</b>	12400
<b>2011</b>	6640
<b>2012</b>	6930
<b>2013</b>	6980
<b>2014</b>	7020

### **C. Lait de chèvre.**

Le lait est un liquide physiologique complexe sécrété par les glandes mammaires des femelles des différentes espèces mammifères pour nourrir leurs petits. Ces laits présentent les mêmes caractéristiques que les autres laits (vache, brebis) et contiennent les mêmes nutriments (eau, protéines, lactose, matières grasses, vitamines et minéraux) (CHILLIARD et SAUVANT, 1987 ; MAHE, 1996 ; ALAIS, 1998).

Le lait de chèvre est considéré comme étant l'un des plus complets et des mieux équilibrés (JENOT et *al.*, 2000 ; DOYON, 2005). Une bonne connaissance des caractéristiques de ce lait et de sa valeur nutritionnelle pourrait faire de ce dernier un bon substitut du lait de vache (WEHRUMULLER et RYFFEL, 2007).

Comme le lait de vache, le lait de chèvre est un liquide blanc composé de lipides en émulsion sous forme de globules gras, de caséines en suspension colloïdale, de protéines diverses en solution aqueuses comme pour le lactose, les vitamines et les minéraux (FTLQ., 2002).

#### **1. Composition physicochimique du lait de chèvre.**

Le lait d'une manière générale se compose de trois phases :

- Une phase aqueuse contenant le lactose, les composants minéraux solubles, les protéines sériques, l'azote non protéique, la fraction soluble de la caséine et les vitamines hydrolysables ;
- Une phase micellaire ou colloïdale contenant les différents types caséines (protéine coagulable) et la fraction insoluble des composants minéraux ;
- Enfin la troisième phase comprend des éléments en suspension ou en émulsion tels que les globules gras, les leucocytes et les cellules microbiennes.

Des vitamines (A, B, C, D, E, K) et des systèmes enzymatiques (lactoperoxydase, xanthine oxydase, phosphatase, protéases, lysozyme, la lactase) font aussi partie de la composition biochimique et physicochimique du lait de chèvre. Ce dernier est particulièrement pauvre en vitamine A, ce qui lui confère une coloration plus blanche que les autres laits.

Les compositions globales du lait de chèvre et du lait de vache s'avèrent comparables. Les protéines, les lipides et le lactose se retrouvent en quantités presque équivalentes et offrent donc des apports énergétiques similaires.

Les composantes du lait varient en fonction de l'espèce, la race, des régimes alimentaires, des saisons et du nombre de lactation. Pour mettre en valeurs les différents laits et les comparer, il a été nécessaire de donner une moyenne pour les différents constituants. Les résultats de ces comparaisons sont présentés au tableau 12.

**Tableau 12:** Composition moyenne des laits de différentes espèces (DANIAUX, 2010).

<b>Composition</b>	<b>Lait de chèvre</b>	<b>Lait de vache</b>	<b>Lait de femme</b>
<b>Protéine %</b>	29 à 31	32 à 34	9 à 15
<b>Lipides %</b>	35 à 45	37 à 39	38 à 41
<b>Glucides (lactose)%</b>	41 à 44	48	70 à 72
<b>Matière minérale(*)%</b>	01	0.7	0.2

(\*) : JENSEN (1995).

Par ailleurs, il existe une nette différence dans la teneur en matière sèche des différents laits. Le lait de chèvre en contient environ 136 grammes par kilogramme (g/kg) de lait alors que celui de la vache n'en titre que 125 (BRUGERE, 2003).

### 1. Composition protéique.

Les matières azotées, à l'exception des matières non protéiques, sont présentes dans le lait majoritairement sous forme de caséines. Elles sont le principal facteur qui influence le rendement fromager (JENOT et *al.*, 2000).

La fraction protéique du lait se trouve dans la phase aqueuse, soit à l'état « soluble » : protéine du lactosérum (lactalbumine, lactoglobuline, sérum albumine soit à l'état de « suspension colloïdale » : micelles de caséines.

La fraction micellaire du lait diffère quantitativement et qualitativement selon les espèces. En revanche, dans une même espèce, d'un individu à un autre, elles sont pratiquement identiques (MARTIN, 1996 ; MORGAN et *al.* , 2003). En raison du polymorphisme génétique, il existe chez la chèvre, pour la caséine  $\alpha$ S1, sept formes protéiques associées à quatre niveaux de synthèse différents (MARTIN, 1996).

Les micelles de caséines et les globules gras de la matière grasse donnent au lait et aux produits laitiers (beurre, fromage, yaourt,...ect), leur texture, leur gout et leur saveur (WATTIAUX et HOWARD, 2006).

Il est intéressant de quantifier le taux protéique car il est le reflet de la concentration en caséine qui intervient dans la coagulation du lait. Les caséines de lait représentait 68 à 70% des protéines totales du lait de chèvres et près de 80% pour celui de vache (St GELAIS et *al.*, 2000). Ces différentes caséines ne forment pas toutes des micelles, en effet une partie est éliminée dans la phase aqueuse du lait, c'est pourquoi le pourcentage de caséine dans le lait est légèrement supérieur au pourcentage de protéines coagulables proprement dit. Par rapport aux matières azotées totales (MAT), le lait de chèvre comporte 75,6% de caséines dont seuls 70,9% sont coagulables, comme nous le montre la figure 12 (GRAPPIN et *al.*, 1981).

Comparativement au lait de vache, le lait de chèvre est plus riche en caséines  $\alpha$ S2 (chèvre 21% versus vache 10% de la matière azotée totales) et  $\beta$  (chèvre 48% versus vache 35%) mais il est plus pauvre en caséine  $\alpha$ S1. En ce qui concerne la caséine  $\kappa$ , les teneurs sont équivalentes (environ 15%) (St GELAIS et *al.*, 2000). Cette caséine  $\kappa$  jouant un rôle prépondérant dans la formation du caillé, la vitesse de coagulation sera la même pour le lait de chèvre que pour le lait de vache, pour des techniques similaires;

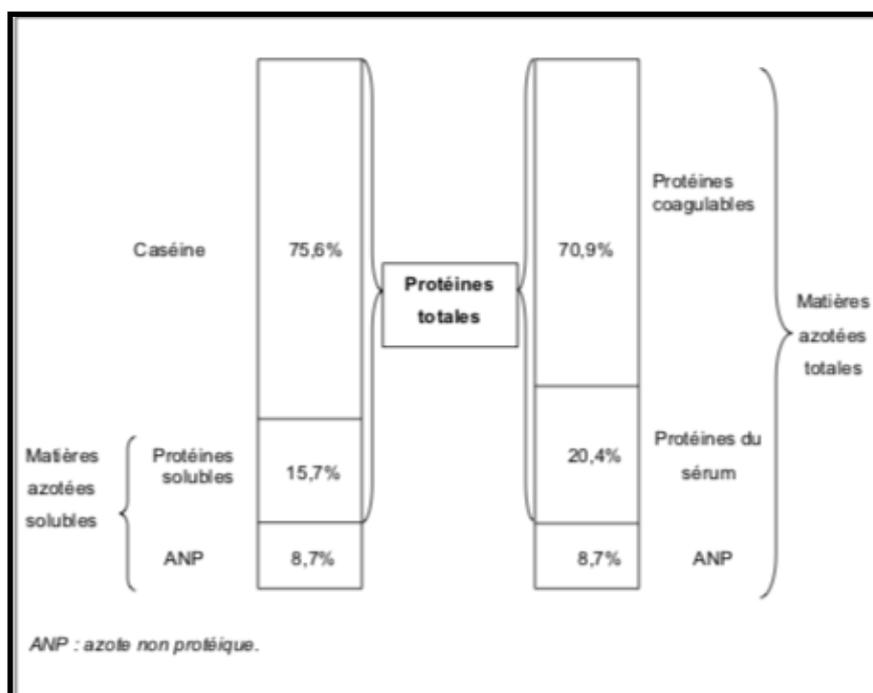


Figure 12 : Répartition des fractions azotées du lait de chèvre (GRAPPIN et *al.* 1981).

### 1.1.1 Caséines.

Les caséines représentent environ 80% des protéines du lait des ruminants d'élevage alors qu'elles ne constituent que 50% des lactoprotéines humaines. Par fractionnement 04 types ont été isolées :  $\alpha$ S1,  $\alpha$ S2,  $\beta$ ,  $\kappa$ , qui sont toutes phosphorylées (tableau 13). Pour les trois premières, qui ont des fonctions similaires, les sites de Phosphorylation sont regroupés par séries de 4 à 5 résidus de sérine phosphate qui constituent des ponts d'ancrage intermoléculaire, la liaison entre les chaînes protéiques étant assurées par un sel de calcium (phosphate de calcium colloïdal) (MARTIN, 1996).

**Tableau 13** : Caractéristiques des caséines caprines et bovines (MARTIN, 1996).

Caséines	$\alpha$ S1		$\beta$		$\alpha$ S2		$\kappa$	
	Caprins	bovins	Caprins	bovins	Caprins	bovins	Caprins	bovins
C : chèvre / v : vache								
Acides aminés (nombre)	199	199	207	209	208	207	171	169
% de la caséine totale	10*	38	48	38	20	11	22	13
Groupement phosphate	7/9	8/9	5/6	5	9/11	10/13	2/3	1/2

\* : la proportion de la caséine  $\alpha$ S1 dans la caséine totale varie, chez la chèvre de 0 à 25% selon le génotype, la valeur indiquée correspond à une moyenne.

Les caséines  $\alpha$ S1,  $\alpha$ S2 et  $\kappa$  sont insolubles en présence de phosphate de calcium colloïdal. C'est la caséine  $\kappa$ , qui ne comporte qu'un ou deux groupements de phosphate et pas de site de phosphorylation multiple, qui assure la stabilité et le maintien de l'édifice micellaire, sous forme d'une suspension colloïdale (MARTIN, 1996).

La caséine  $\kappa$  possède un caractère amphiphile c'est-à-dire que sa chaîne peptidique est formée de deux parties distinctes :

- La partie N-terminale (centaines de résidus) : **Paracaséine  $\kappa$**  : qui est très hydrophobe ;
- Le tiers C-terminal (64 résidus) : **Caséinomacropeptide CMP** : qui est hydrophile et possède une charge négative prononcée, renforcée par une glycosylation plus ou moins étendue. Ce CMP tapisse la surface de la micelle et qui par sa charge et son caractère hydrophile marqué, empêche la coalescence des particules micellaires (MARTIN, 1996).

La coagulation du lait est consécutive à la conjonction de deux types de phénomène : acidification et coupure par des protéases d'une liaison peptidique de la caséine  $\kappa$  qui libère le CMP. Cette protéolyse spécifique et limitée a pour conséquence de démasquer des sites par lesquelles les micelles modifiées vont pouvoir interagir entre elles, et se réunir pour finalement aboutir, par agrégation-gélification, à la formation d'un coagulum.

La caséine  $\beta$ , qui est le constituant protéique majeur du lait de chèvre, a longtemps été considérée comme étant monomorphe, mais diverses études ont montré qu'elle comporte quatre allèles différents. La caséine  $\alpha S2$ , comme la caséine  $\beta$ , est également polymorphe chez la chèvre. Trois variantes génétiques ont été dénombrés. Ils se différencient par de simples substitutions d'acides aminés. La diversité génétique des caséines observée dans l'espèce caprine, se rencontre également dans l'espèce bovine et ovine ; mais, la grande originalité de l'espèce caprine réside dans l'existence d'une variabilité quantitative associée. Cette situation offre la possibilité, par sélection, d'influer sur la composition protéique et par conséquent, les caractéristiques physicochimiques et organoleptiques qui peuvent être ainsi modulées (MARTIN, 1996).

### **1.1.2 Les protéines du lactosérum.**

Le lait contient un ensemble de protéines dites « solubles » car elles restent en solution dans le lactosérum après emprésurage et coagulation des caséines. Ces protéines solubles représentent, dans le lait de chèvre environ 20% des lactoprotéines. Ces protéines ont une structure globulaire. Deux d'entre elles sont majoritaire ; l' $\alpha$ -lactalbumine et la  $\beta$ -lactoglobuline. Cette dernière se présente dans le lait sous forme de dimères. Elle est absente du lait de femme. Elle serait impliquée dans le transport du rétinol, précurseur de la vitamine A, vers des récepteurs localisés sur la bordure en brosse duodénale (MARTIN,1996).

L' $\alpha$ -lactalbumine constitue l'une des deux sous unités du lactose synthétase. Elle assure la dernière étape de la biosynthèse du lactose, dans la cellule épithéliale mammaire. Il existe également un nombre important d'espèce quantitativement mineures, dont certains jouent un rôle essentiel dans la protection du petit. C'est le cas des immunoglobulines de type G (Ig G) très abondantes dans le colostrum de vache, de type A (IgA) qui assurent avec d'autres protéines telles la lactoferrine, la lactopéroxydase, et le lysozyme, une protection locale au niveau des muqueuses

mammaires (chez la mère) et buccales et intestinales (chez les jeunes). La lactoferrine, dont la quantité dans le lait humain est sensiblement plus importante, exerce, par sa capacité à chélater les ions  $Fe^{3+}$ , une activité bactériostatique. Elle jouerait également un rôle dans le transport du fer vers l'intestin où elle assurerait son absorption par l'intermédiaire de récepteurs spécifiques.

## 1.2 Composition lipidique.

Les matières grasses, sont en partie, élaborées dans la mamelle de la chèvre. On les trouve sous forme de globules gras en émulsion dans le lait. Elles ont un rôle déterminant dans les qualités organoleptiques des fromages. Elles assurent leur saveur et leur onctuosité (JENOT et *al.*, 2000).

La matière grasse du lait et les vitamines qui y sont solubles sont sous forme d'une émulsion, cette teneur en matière grasse peut varier largement avec l'espèce, la race ou le génotype des animaux, leur stade de lactation ou alimentation.

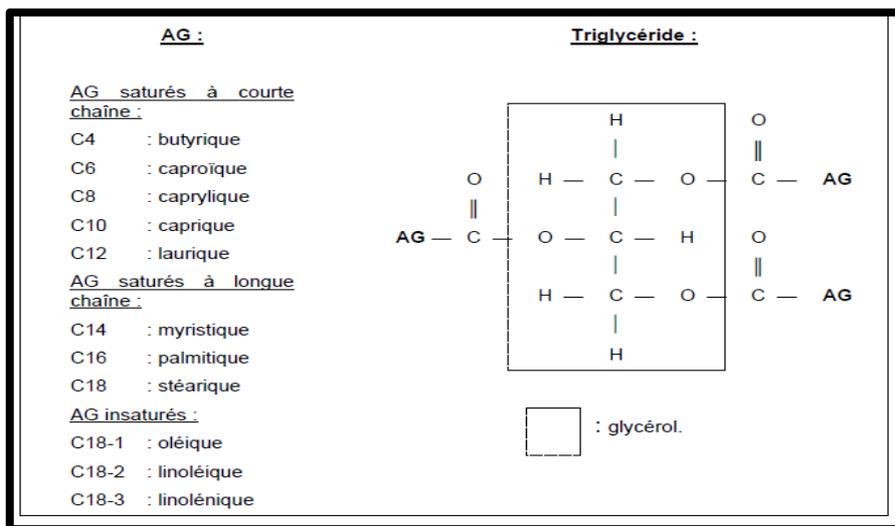
Le lait de chèvre contient en moyenne 35 à 40g/l de matière grasse. C'est le constituant le plus variable du lait. La matière grasse du lait se compose principalement de triglycéride (95%) et de phospholipides (1%), des cébrosides, du cholestérol (0.4%) et des acides gras libres (0.6%)(CHILLIARD, 1996 et FTLQ, 2002).

Le lait caprin est très pauvre en tocophérols et en carotène, ce qui explique sa faible coloration. Les globules gras du lait de chèvre ont un diamètre moyen comparable à ceux du lait de vache (3.5 $\mu$ m chez la chèvre et 2.5 à 4.6  $\mu$ m chez la vache) , mais avec un pourcentage plus important de globules de petits diamètres. L'absence d'agglutinines qui favorisent la formation de crème dans le lait de vache est un caractère du lait de chèvre. Ces deux particularités peuvent expliquer que le lait de chèvre est plus difficile à écrémer à froid (CHILLIARD, 1996).

Les lipides de lait de chèvre sont une composante importante de la qualité technologique et diététique des produits laitiers caprins. Ils peuvent modifier le rendement de transformation (fromage), la texture, la couleur et le goût des produits laitiers.

Les triacyl glycérols sont sujets à une hydrolyse enzymatique si le lait n'est pas bien conservé et libère des acides gras libres qui vont faire augmenter l'acidité du lait.

Le cholestérol du lait caprin se présente en grande majorité sous forme libre. Le lait caprin est un peu plus riche en acides gras à chaîne courte (C6, acide caproïque, C8, acide caprylique, C10, acide caprique) que le lait de vache. Ce dernier est en revanche, beaucoup plus riche en acide butyrique (C4) ; palmitique (16 :0) et oléique (C : 18). La composition des triacyl glycérol du lait de chèvre est présentée dans la figure 13.



**Figure 13 :** Teneur moyenne des acides gras (AG) composant les triacyl glycérol du lait de chèvre (St-Gelais, 2000).

Le lait de chèvre contient des quantités importantes de lipoprotéines lipase (LPL) comme le lait de vache et le lait humain. Celle-ci est liée au globule gras chez la chèvre, son rôle est l'hydrolyse des triacyl glycérol en acide gras libres. Une lipolyse excessive entraîne le rancissement du lait, mais il est probable qu'une lipolyse modérée contribue au goût « chèvre » par l'intermédiaire des acides gras libres à 6,8 et 10 atomes de carbones (CHILLIARD, 1996) (tableau 14).

**Tableau 14:** Composition lipidique des différents types de laits (PELLERIN, 2001).

Lipides totaux en %	Lait de chèvre	Lait de vache	Lait de femme
<b>Triglycérides</b>	95	98	97
<b>Cholestérol</b>	0.4	0.3	0.6
<b>Acides gras libres</b>	0.6	0.4	0.5
<b>Phospholipides</b>	1.0	0.9	1.1

### 1.3 Composition glucidique.

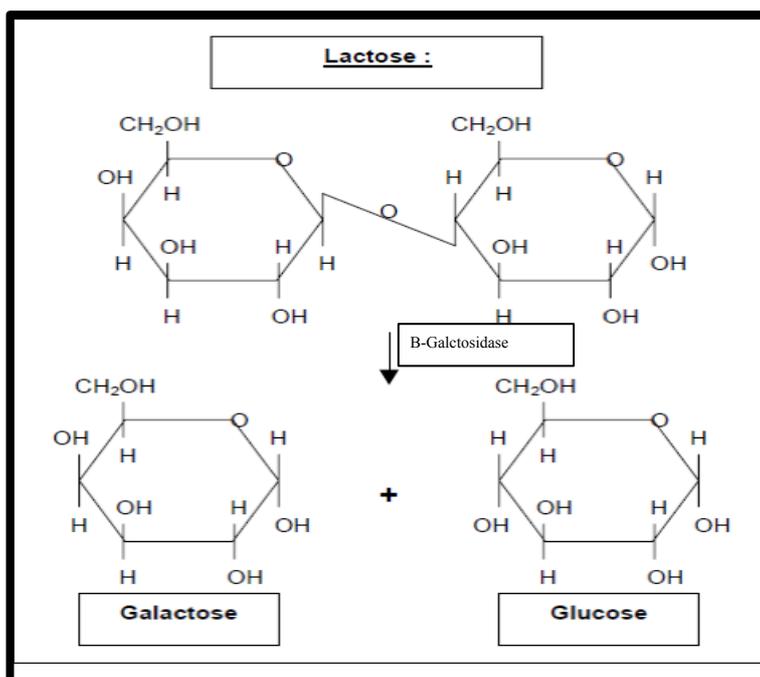
Les glucides du lait sont essentiellement constitués de lactose et de quelques autres sucres de faibles quantités. Le lactose est un disaccharide constitué de glucose et de galactose lié en  $\beta(1-4)$ .

La teneur moyenne en lactose du lait de chèvre est d'environ 50g/l (FTLQ, 2002). Son principal rôle est de servir de substrat aux bactéries lactiques dans la fabrication de produits utilisant un caillage lactique. Ces bactéries possèdent en effet une enzyme, la  $\beta$ -galactosidase, capable d'hydrolyser la molécule de lactose en une molécule de glucose et de galactose (figure 14). 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 du pH du lait. L'acidité ainsi obtenue est responsable de la déminéralisation des micelles et va conduire à la formation du 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 (St-GELAIS et *al.*, 2000).

### 1.4 Composition minérale.

Le lait est une bonne source de minéraux et d'oligoéléments. La quantité d'oligoéléments varie en fonction de période de la lactation, de la saison et de l'alimentation. Un des minéraux présent en grande quantité dans le lait est le calcium lié aux caséines sous forme phosphocaséinates.

La composition minérale du lait de chèvre est proche de celle du lait de vache. Le lait de chèvre est légèrement plus riche en Ca et P mais le rapport Ca/P est pratiquement le même. Les éléments Mg, K et Cl sont présents dans le lait en concentration nettement plus importantes que dans le lait de vache (tableau 15) (GUEGUEN, 1996).



**Figure 14 :** Structure du lactose et résultat de son hydrolyse enzymatique (St-GELAIS et al., 2000).

**Tableau 15 :** Composition minérale moyenne du lait de différentes espèces (éléments minéraux majeurs mg/l)(GUEGUEN, 1996).

	<b>Humain</b>	<b>Vache</b>	<b>Chèvre</b>	<b>Brebis</b>
<b>Calcium</b>	320	1200	1260	1950
<b>Phosphore</b>	150	920	970	1900
<b>Potassium</b>	550	1500	1900	1400
<b>Sodium</b>	200	450	380	460
<b>Chlore</b>	450	1100	1600	1100
<b>Magnésium</b>	40	110	130	180
<b>Rapport Ca : P</b>	2.1	1.3	1.3	1.3

Les teneurs en Ca, en P et en caséines d'un lait ont une influence sur son pouvoir tampon. On définit le pouvoir tampon comme étant la capacité d'une solution à résister à une diminution de pH même en ajoutant de l'acide. Un lait de chèvre faiblement tamponné verra donc son pH passer de 6,6 à 6 avec une faible formation d'acide lactique tandis qu'il en faudra une quantité plus conséquente pour obtenir la même

variation de pH sur un lait fortement tamponné, soit un lait riche en Ca, en P et en caséines.

St-GELAIS et *al.*(2000), note qu'en terme de fabrication fromagère, un lait faiblement tamponné coagulera plus rapidement qu'un lait fortement tamponné ; ou pour le même temps de coagulation il faudra moins d'agents coagulants pour le premier que pour le deuxième.

### **1.5 Composition vitaminique.**

La composition vitaminique du lait caprin comparée à celle du lait de vache est présentée dans le tableau 16. Cette composition diffère selon la nature du lait : entier ou écrémé, cru ou lait chauffé. La sensibilité de certaines vitamines à la chaleur et à la lumière est connue. La teneur en vitamines liposolubles d'un lait dépend de son taux en matière grasse (JAUBERT, 1996).

Les données du tableau 16, montre que le lait de chèvre est plus riche en rétinol que le lait de vache. Il se caractérise aussi par l'absence de précurseur carotène, ce qui est à l'origine de sa couleur blanche caractéristique. Les teneurs en vitamine D et E du lait caprin sont inférieures à celles du lait de vache. La vitamine D est connue pour son action essentielle dans l'absorption digestive et l'utilisation du Ca et P dans la formation des os alors que la vitamine E est connue pour son pouvoir antioxydant. Le lait de chèvre contient aussi trois fois plus de B3 (niacine) que le lait de vache, qui est un des constituants fondamentaux des coenzymes NAD-NADP.

### **1.6 La microflore du lait.**

Le lait contient trois catégories de micro-organismes (RICHARD, 1987 ; CORCY, 1991):

- Des bactéries: certaines sont utiles (voir tableau 17) et même nécessaires à la fabrication du fromage (bactéries lactiques). D'autres sont nuisibles voire pathogènes (voir tableau 17) ;
- Des moisissures, qui affectionnent les milieux acides. Elles sont utiles à l'affinage du fromage ;
- Des levures, qui transforment les sucres en éthanol.

**Tableau 16** : Composition vitaminique du lait de différentes espèces en mg/100g (JAUBERT, 1996).

Vitamines		Chèvre	Vache	Humain
<b>Vitamines liposoluble</b>				
A rétinol	mg	0.040	0.035	0.060
A carotène	mg	0.000	0.021	0.025
D	mg	0.060	0.080	0.055
E tocophérol	mg	0.040	0.110	0.230
<b>Vitamines hydrosolubles</b>				
B1 thiamine	mg	0.050	0.040	0.020
B2 riboflavine	mg	0.140	0.170	0.035
B3 niacine (PP)	mg	0.020	0.090	0.160
B5 acide pantothénique	mg	0.310	0.340	0.180
B6 pyridoxine	mg	0.050	0.040	0.010
B8 biotine	mg	2.000	2.000	2.700
B9 acide folique	mg	1.000	5.300	5.200
B12 cobalamine	mg	0.060	0.350	0.040
Acide ascorbique (Vit. C)	mg	1.300	1.000	4.000

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 et GERMAIN, 1998). L'augmentation des surfaces de matériel (machines 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 propice à leur développement (présence d'eau, d'azote, de carbone et de sels minéraux). Ce développement est aussi favorisé par le caractère légèrement acide du lait. En effet, le lait de chèvre présente une légère acidité qui se mesure en potentiel hydrogène (pH 6,6 environ) et plus souvent en degrés Dornic (°D). A sa sortie de la

mamelle, le lait est à 15°D environ. Cette mesure sert aussi à contrôler le processus de caillage du lait (CORCY, 1991).

**Tableau 17 :** Agents microbiens utiles à la fabrication fromagère (CORCY, 1991).

Bactéries	Levures	Moisissures
<p><i>Streptococcus thermophilus</i> : ferments du yaourt (température 45°C).</p> <p><i>Streptococcus lactis, cremoris</i> : ferments lactiques (température 20°C).</p> <p><i>Streptococcus diacetylactis</i> : ferments lactiques aromatiques.</p> <p><i>Leuconostocs</i> : facteur favorisant la production d'arôme et de gaz.</p> <p><i>Lactobacillus bulgaricus</i> : ferments du yaourt (température 45°C).</p> <p><i>Lactobacillus helveticus</i> : affinage des fromages.</p> <p><i>Lactobacillus lactis</i> : affinage des fromages</p>	<p><i>Candida</i> : affinage des fromages.</p> <p><i>Candida utilis et torulopsis</i> : facteurs d'affinage.</p>	<p><i>Penicillium album</i> : blanc bleuté.</p> <p><b>Penicillium glaucum ou roqueforti</b> : bleu, vert.</p> <p><i>Penicillium candidum ou caseicolum</i> : blanc.</p> <p><i>Geotrichum lactis</i> : blanc, jaune.</p>

### 1.7 Les systèmes enzymatiques du lait de chèvre.

Le lait de chèvre peut contenir aussi selon SYLVAIN (2004), une glutathion peroxydase, agent antioxydant qui agit conjointement avec le sélénium. « Le lait de chèvre contient presque autant de sélénium que le lait maternel et deux fois plus de glutathion peroxydase que le lait de vache. » ce qui confère un pouvoir particulier au lait de chèvre.

La xanthine oxydase sert à la dégradation des purines. Ce qui entraîne une augmentation d'acide urique dans le sang. « Le lait de chèvre contient beaucoup moins de xanthine oxydase que le lait de vache, ce qui peut être utile dans les cas de goutte ou chez les personnes qui ont tendance à avoir un taux élevé d'acide urique dans le sang. ».

Les lactopéroxydase, les lipases, lipases oxydase sont aussi des systèmes enzymatiques qu'on retrouve dans le lait de chèvre.

**Tableau 18:** Agents microbiens nuisibles à la fabrication fromagère (CORCY, 1991).

Bactéries	Levures	Moisissures
<p><i>Brevi bacterium</i>  <i>Linens et Erythrogènes</i> : coloration jaune orangée gluante sur fromage demi-affiné (défaut d'aspect et de présentation).                      Peut être dans certains cas recherché.  <i>Streptococcus faecalis, durans, liquefasciens</i> : excès de dégradation des matières azotées.  <i>Lactobacillus fermenti</i> : producteurs de gaz.  <i>Coliformes</i> : gaz (ouverture des caillés et fromages).</p>	<p><i>Rhodotorula</i> : coloration rouge de la croûte.  <i>Levures gonflantes</i> : production de gaz.</p>	<p><i>Penicillium funiculosum</i> : tâches violettes.                      Mucor ou poil de chat.  <i>Geotrichum ou « oïdium »</i> : peau de « crapaud »</p>

### 1.8 Qualité nutritionnelle du lait de chèvre.

Le lait de chèvre a certains attributs qui ont des particularités significatives pour la nutrition humaine. Les globules gras sont plus petits et la coagulation se développe plus rapidement en comparaison avec les laits de vache, buffle et brebis. Ce facteur le rend facilement digestible (AGANGA et al., 2002). Le niveau de sélénium du lait de chèvre se révèle significativement élevé que celui du lait de vache, il contient plus d'acide caprique, caprylique et autres acides gras à chaînes courtes. Ces avantages permettent de recommander le lait de chèvre aux personnes ayant des problèmes métaboliques tel que l'intolérance autres laits (KNIGHTS et GARCIA, 1997),

TOUHAMI (1996), rapporte que la digestibilité du lait de chèvre est supérieure à celle du lait de vache et que l'acceptabilité est identique. Il peut contribuer à l'amélioration de l'état nutritionnel des enfants souffrant de malnutrition.

## 2. Facteurs de variation qualitative et quantitative de la production laitière caprine.

La production qualitative et quantitative du lait de chèvre se trouve sous la dépendance d'un grand nombre de facteurs. Sa composition physicochimique varie sous l'effet de nombreux facteurs :

### 2.1 Facteurs liés à l'animal.

La maîtrise de certains facteurs tels que les facteurs génétiques et l'alimentation est très intéressante puisqu'elle peut permettre à l'éleveur d'agir sur la composition du lait et améliorer ses caractéristiques.

Les facteurs génétiques et alimentaires restent donc les principaux leviers d'action : mais si la sélection génétique a un effet à moyen et long terme, l'alimentation, elle, peut agir rapidement.

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

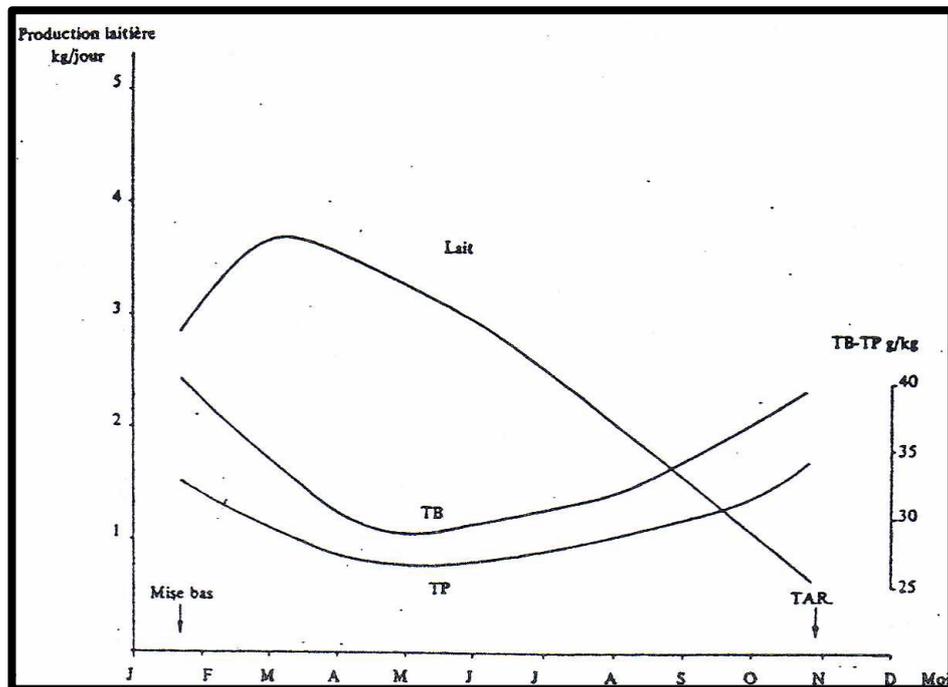
Les « Saanen » produisent une quantité de lait plus importante mais les taux protéiques et butyriques sont moins importants que dans le lait des « Alpines » qui, elles, ont une production laitière moins importante, mais des TB et TP plus élevés (tableau 19).

**Tableau 19** : Comparaison de la quantité du taux butyrique (TB), du taux protéique (TP) du lait des chèvres Alpine et Saanen (GAILLON et SIGWALD, 1998)

Race de chèvre	Saanen	Alpine
Quantité (Kg/lactation)	798	760
TB (g/l)	32.4	34.8
TP (g)	29.7	30.7

### 2.1.1 Facteurs liés au stade physiologique :

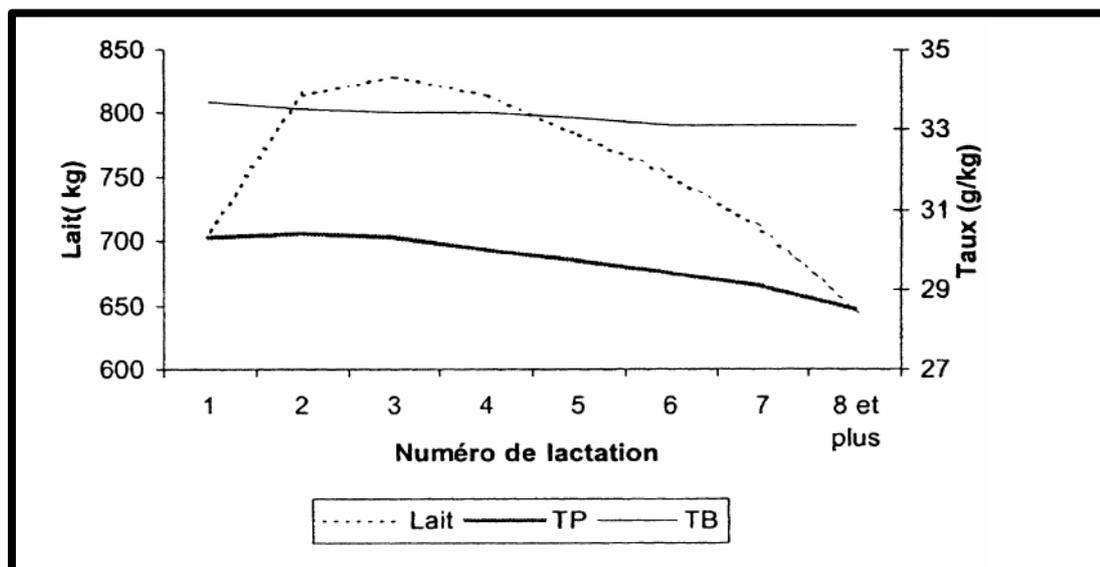
La production laitière ainsi que la composition chimique du lait évolue au cours de la lactation (figure 15). La production du lait augmente régulièrement pendant les premières semaines de la lactation, le pic de lactation est atteint entre la troisième et la huitième semaine. Puis vient une période de quelques semaines de stagnation, enfin la production décroît progressivement jusqu'au tarissement au bout de dix mois environ (LE JAOUEN, 1986). Le TP, le TB, les taux de matière azotée varient en sens inverse de la quantité de lait produite (GRAPPIN *et al.*, 1981).



**Figure 15 :** Evolution mensuelle des courbes de production laitière, de matière grasse et de matière protéique du lait de chèvre au cours de la lactation (LE JAOUEN, 1986)

### 2.1.2 Facteurs liés au Rang de lactation :

Le niveau maximal de production est atteint au bout de la troisième lactation (figure 16). A partir de la cinquième lactation, la quantité de lait produite diminue. Le TP diminue à partir de la troisième lactation alors que le TB reste pratiquement constant au cours des lactations successives (GAILLON et SIGWALD, 1998).



**Figure 16** : Résultats laitiers en fonction du numéro de lactation (GAILLON et SIGWALD, 1998).

### 2.1.2 Santé de l'animal :

La numération cellulaire dans le lait est un indicateur de la santé de la mamelle en particulier pour le lait de vache, pour le lait de chèvre cette numération cellulaire varie physiologiquement. Les cellules comptabilisées regroupent les polynucléaires, les cellules épithéliales et les lymphocytes. Chez la chèvre, le nombre de cellules dans le lait augmente progressivement à partir du mois de Mai et peut atteindre deux millions de cellules par millilitre au mois d'Octobre. Cette augmentation du nombre de cellules est principalement due à une diminution du volume de lait produit et donc une augmentation de la concentration des cellules, ce n'est donc pas forcément un signe de mammite. Les laiteries ont fixé comme norme 1,5 millions de cellules par ml, limite au dessus de laquelle il y a des pénalités (JAUBERT, 1993).

## 2.2 Facteurs extrinsèques.

De nombreux paramètres peu ou pas maîtrisables, indépendants de l'animal, peuvent influencer la composition du lait.

### 2.2.1 Climat et saison

La sensibilité des chèvres aux variations climatiques (température et pluviométrie) affecte les quantités alimentaires ingérées. De ce fait, la composition et la quantité de lait est modifiée. Ces perturbations sont encore plus importantes chez les

chèvres au pâturage (DE SIMIANE *et al.*, 1975). Ainsi, lorsque les températures sont inférieures à  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou supérieures à  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la production laitière diminue et le TP est peu affecté. Par contre pour des températures très basses le TB augmente alors qu'il diminue en cas de fortes chaleurs (LE JAOUEN, 1986). La composition du lait de chèvre varie aussi en fonction de la photopériode, sa richesse augmente lorsque les journées sont plus courtes (l'automne, l'hiver).

### **2.2.2 Traite**

La richesse du lait en matière grasse est différente entre les traites du matin et celles du soir. Le soir, les matières grasses sont présentes en plus grande quantité que le matin (LE JAOUEN., 1999). La traite doit être totale, en effet, CALDERON *et al.* (1984), ont démontré que la teneur en matière grasse est maximale en fin de traite. A la traite du soir, un tiers des matières grasses est libéré pendant le dernier quart de traite. Ainsi, si la traite de l'animal est partielle, une partie des matières grasses de l'animal reste dans la mamelle ce qui peut alors poser des problèmes au niveau de la santé de la mamelle.

### **2.2.3 Condition de logement.**

Comme en élevage de vache laitière, de bonnes conditions de logement sont indispensables afin d'assurer une hygiène satisfaisante de traite, de la mamelle. Comme nous l'avons souligné, la composition physico-chimique ainsi que la quantité de lait produit sont très variables et soumises à de nombreux facteurs. La composition microbiologique du lait est elle par contre soumise à des contraintes réglementaires très strictes.

### **2. 2.4 L'alimentation.**

Les facteurs alimentaires font varier le taux protéique de 1 point à 2 points, alors qu'ils peuvent modifier de 5 à 7 points la teneur du lait en matière grasse.

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 du taux butyreux (JENOT *et al.*, 2000).

### 3. Aptitude du lait de chèvre à a transformation fromagère.

La fabrication du fromage reste la forme principale de valorisation du lait de chèvre (figure 17). L'aptitude fromagère de ce lait est sous l'influence directe de sa composition physicochimique (qualité intrinsèque), qualité qui est sujette à de fortes variations, ce qui peut se répercuter défavorablement sur le produit final.

La faible teneur en protéines des laits de chèvre, notamment coagulables, constitue un défaut majeur, entraînant la production de caillés de texture friable, avec des pertes importantes et des rendements fromagers excessivement faibles (GROSCLAUDE *et al.*, 1994).

REMEUF (1993), montre qu'un gel présure obtenu avec des laits à faible teneur en caséines  $\alpha S1$  est moins ferme, ce qui marque l'importance de la fraction  $\alpha S1$ . Une carence dans cette dernière entraîne une diminution du rendement fromager suite aux pertes occasionnées de la matière sèche retrouvée dans le lactosérum.

Comparativement au lait de vache, le lait de chèvre au repos ne forme pas de crème (RUTGERS *et al.*, 2006 cité par MOUALEK, 2009). Il présente une résistance à l'écémage dû au faible diamètre des globules gras et à l'absence d'agglutinine dans ce lait (CHILLIARD, 1997).

La température de coagulation thermique du lait de chèvre est en moyenne de 134°C, ce qui reflète son inaptitude à subir un traitement type UHT (REMEUF, 1993).

L'une des particularités du lait de chèvre est qu'à faible teneur de caséine  $\alpha S1$ , celui-ci est affecté d'une très faible résistance au traitement thermique (MORA-GUTIERREZ *et al.*, 1993).

Tenant compte du fait que 75% de la production laitière caprine est concentré entre les mois d'avril et septembre contre seulement 25% entre octobre et mars (SAURAI, 1973), le problème de répartition de la production le long de l'année se pose (LEMELIN, 2005). Le report, qui consiste en la conservation du lait récolté pendant la période de lactation maximum pour l'utiliser au moment où la production est plus faible s'impose. Ce rapport s'effectue par une conservation prolongée du lait issu de la traite par le froid (réfrigération) ; soit par concentration (SAURAI, 1973) (MORGE *et al.*, 2007) ou par séchage (poudre de lait) (PORTMANN, 1970). Une conservation sous forme de caillé égoutté et congelé entre -18°C et -22°C pendant 4 à 8

mois est aussi envisageable pour parer à la baisse de production durant la période octobre-mars (MORGE et *al.*, 2007).

L'impact le plus important de la réfrigération du lait au-delà de 6 mois, est la modification de la matière grasse par lipolyse ainsi qu'une forte oxydation donnant lieu à des défauts de goût, allant du « rance » au « métallique » en passant par des goûts de « savon », de « poisson » ou alors de « suif » (CALVO,2000).

Le lait de chèvre a un comportement technologique différent de celui du lait de vache, en raison de sa forte variabilité protéique. Néanmoins, même à teneur égale de caséine, le lait de chèvre n'a pas le même comportement que le lait de vache vis-à-vis de la présure. Le gel formé est moins ferme, plus friable. Il est caractérisé par un temps de prise plus court et une vitesse de raffermissement plus grande et surtout un rendement moindre, particulièrement pour les laits à faible teneur en caséines  $\alpha$ S1 (LE JAOUEN et *al.*, 1990). La grande taille des micelles caprines explique la faible fermeté du gel du fait de la corrélation négative entre le diamètre des micelles et la fermeté du gel (LE JAOUEN et *al.*, 1990 ; PIERRE et *al.*, 1998 cité par BENYOUB, 2016).

#### **4. Succédanés de la présure dans la transformation fromagère.**

L'utilisation d'un substitut à la présure pour la fabrication de fromage répond à une demande du marché toujours plus importante avec l'augmentation de la quantité de fromage produit. La majorité de ces substituts sont d'origine fermentaire, et certains fromages artisanaux sont aujourd'hui produits avec des coagulants végétaux.

Une recherche de littérature a permis de mettre en évidence des plantes ayant un caractère coagulant le lait. Le cardon (*Khouchef* ou *Kernoun berri* en Arabe) fait partie de ces plantes, il est connue sous une multitude de noms dont nous ne mentionnerons que ceux qui sont véritablement des synonymes et non pas ceux qui lui ont été faussement attribués. Les noms communs du cardon sont : artichaut sauvage, chardon de castille ou encore cardon de Tours qui en fait, n'est autre chose que la variété de cardon la plus connue.

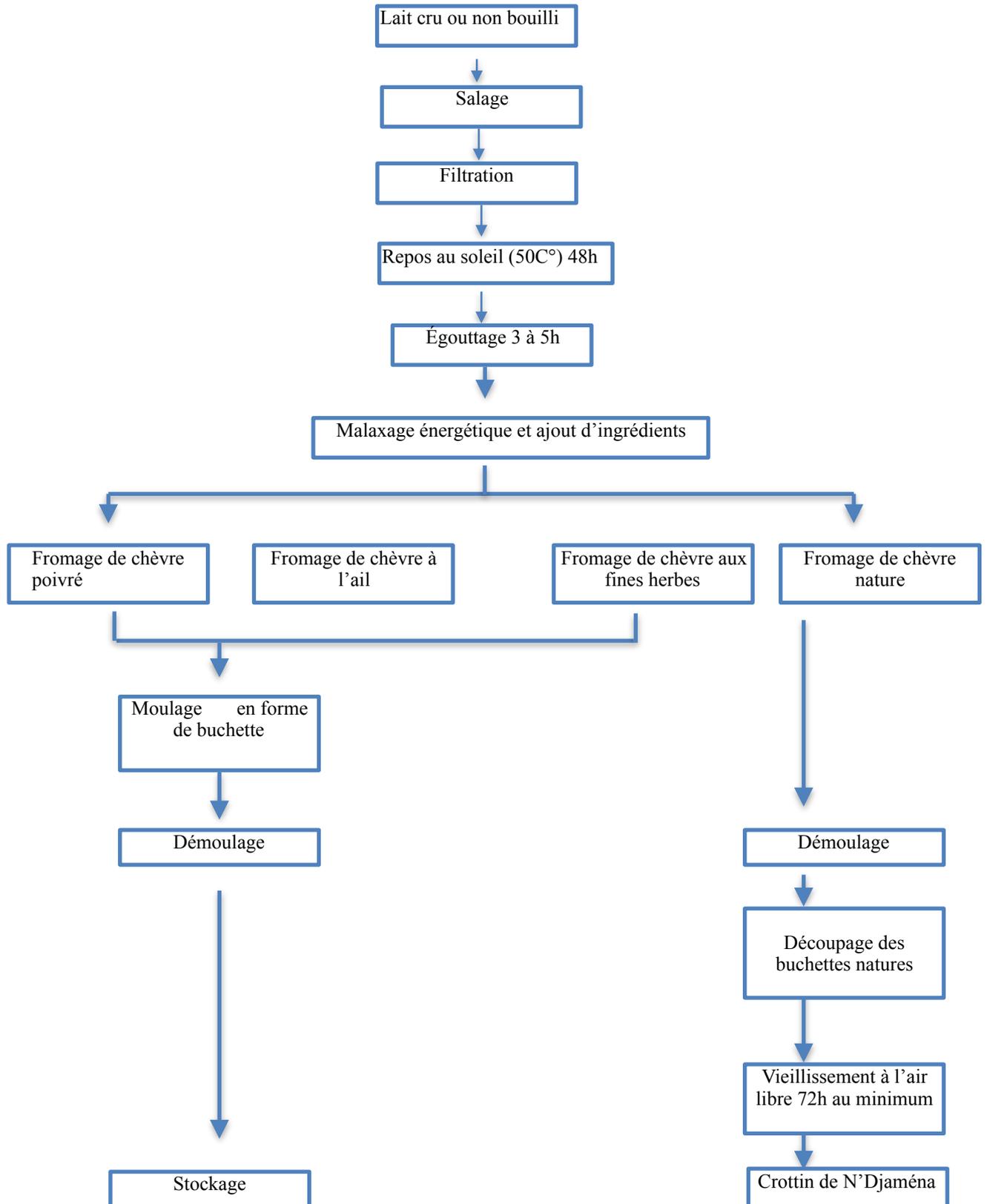


Figure 17 : Fabrication de fromage de chèvre (BERRASSAL et al., 2002).

Le nom spécifique du cardon est *Cynara cardunculus* L. On peut aussi rencontrer le nom scientifique beaucoup moins fréquent de *Cynara sylvestris*, ( CHRISTEN *et* VIRASORO, 1935 ; GRISVARD *et* CHAUDUN, 1964 ; CAMPOS *et al.*, 1990).

Le cardon est de façon générale une plante spontanée, épineuse à fleure violettes typique du pourtour méditerranéen. QUEZEL *et* SANTA (1963) ; BAYER *et al.* (1990), rajoutent que c'est une plante vivace, robuste, raide, dressée d'une taille de 80 à 150cm, Elle ne forme la première année qu'une rosette de feuilles stériles. Elle diffère de l'artichaut par ses feuilles profondément divisées en lobes qui se terminent par des épines et par les bractées d'involucre finissant par une pointe dure et aigue.

Sa systématique selon DOBIGNARD *et* CHATELAIN (2013), se présente comme suit :

Classe: Magnoliopsida;

Famille: Asteraceae;

Genre : *Cynara*;

Espèce : *Cynara cardunculus*;

Sous espèce: *Cynara cardunculus* sub sp. *flavescens*.

## **D. Généralités sur les propriétés de surface des solutions organiques et non organiques.**

Les propriétés de surface regroupent les propriétés émulsifiantes et moussantes (BOUQUELET, 2008). Ses systèmes sont des produits complexes "multiphasiques" composés de protéines, de polysaccharides, d'eau, ainsi que, spécifiquement pour les émulsions, de lipides et de surfactants de faible poids moléculaire.

Leur stabilité à long terme est essentielle pour la qualité du produit. La maîtrise de cette stabilité est difficile à maîtriser car ces systèmes sont gérés par un nombre important d'interfaces.

### **D.1 Propriétés émulsifiantes**

Les propriétés émulsifiantes sont définies par la capacité émulsifiante (quantité d'huile pouvant être émulsifiée par unité de masse de protéine avant inversion de phase) et sa stabilité (aptitude à garder l'émulsion inchangée pendant un certain temps). Ces propriétés sont dues à la faculté de réduire les tensions interfaciales entre composants hydrophiles et hydrophobes dans une matrice.

Selon CHEFTEL et LORIENT (1982), Les propriétés émulsifiantes sont directement liées à la solubilité de la protéine dans l'eau. Les protéines ayant ces propriétés de surface auront un potentiel d'utilisation important dans les aliments contenant eau et graisse (charcuterie, viande, salade, condiment). Ce sont surtout les protéines de soja, de levure, les caséinates et de plus en plus les protéines de lactosérum qui sont étudiées.

#### **1. L'émulsion**

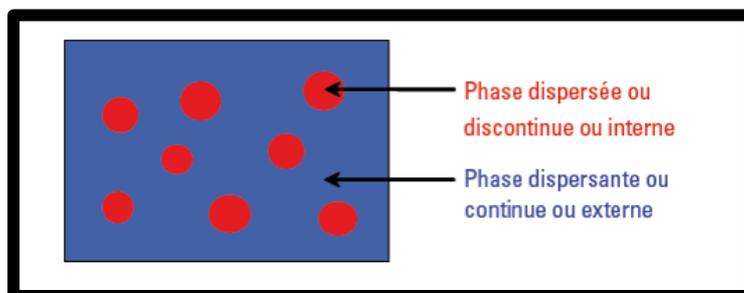
##### **1.1 Définition**

Une émulsion est, selon la définition courante une dispersion d'un liquide en fines gouttelettes dans un autre liquide, les deux liquides étant non miscibles. Le liquide sous forme de gouttelettes est qualifié de phase dispersée, phase discontinue ou phase interne ; l'autre liquide est appelé phase dispersante, phase continue ou phase externe (figure 18) (OLIVIER, 2004).

##### **1.2 Constituants d'une émulsion**

D'après CHENAIS (1981), les émulsions sont des systèmes hétérogènes formés d'au moins trois phases : la première est une phase dispersante appelée aussi externe ou continue, elle est formée du liquide présent en plus grande proportion dans lequel la seconde phase

dispersée dite phase interne ou discontinu constituée par les particules du second liquide est dispersée sous forme de gouttelettes souvent sphériques de différentes tailles. Ces deux phases sont séparées par une troisième interfaciale formée d'un ou de plusieurs agents émulsifiants et stabilisants.



**Figure 18:** La phase dispersée et phase dispersante d'une émulsion (OLIVIER, 2004).

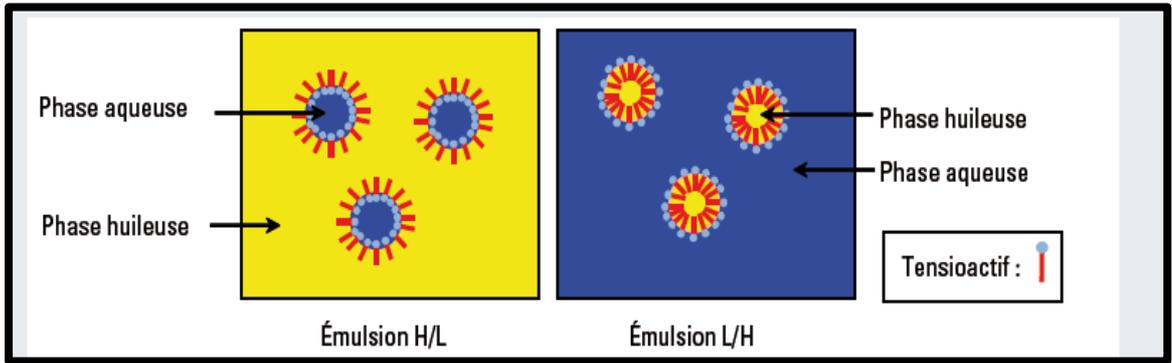
### 1.3 Classification.

#### 1.3.1 Selon la nature de la phase dispersée

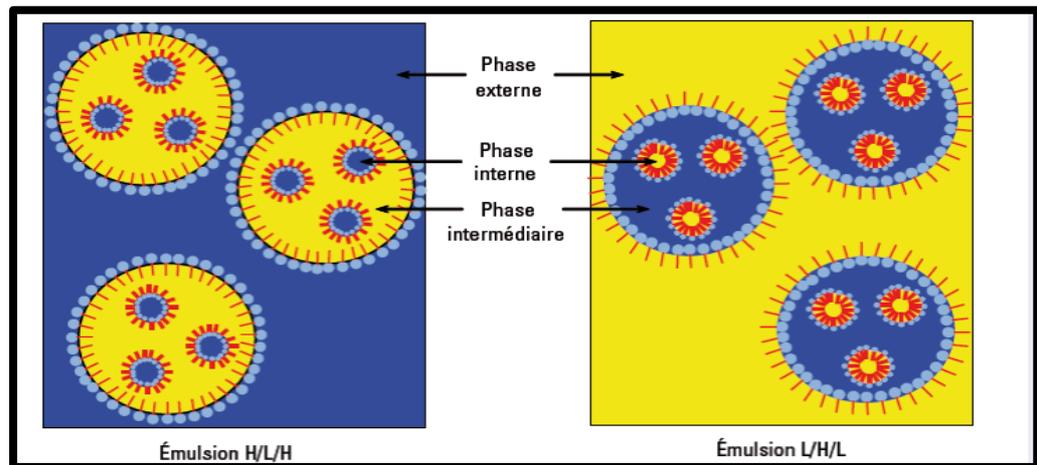
PORTIER (2008), rapporte que selon la nature de la phase dispersée (eau ou huile), on distingue deux formes d'émulsion (figure 19) :

- Emulsion huileuse où la phase dispersée est l'eau (E/H). Dans cette émulsion l'eau est sous forme de gouttelettes stabilisées et dispersées par l'émulsifiant dans la phase huileuse qui est continue. Les émulsions E/H se conservent plus longtemps car les gouttelettes d'eau sont « protégées » par l'huile ;
- Emulsion aqueuse ou la phase dispersée est l'huile (H/E). Dans cette émulsion l'huile est sous forme de gouttelettes entourées par l'émulsifiant et l'eau qui constitue la phase continue. Ce type d'émulsion a un fort pouvoir hydratant.

Selon GUERY (2006), Il existe des émulsions doubles appelées aussi multiples (Eau/Huile/Eau ou Huile/Eau/Huile). Ces émulsions sont particulières, dans le sens où la phase dispersée est elle aussi une émulsion. Ces systèmes présentent un intérêt technologique puisqu'ils offrent la possibilité d'encapsuler des matériaux hydrophiles dans les gouttes d'eau internes (PAYS, 2000).



a/ Types d'émulsions simples.



b/ Types d'émulsions doubles

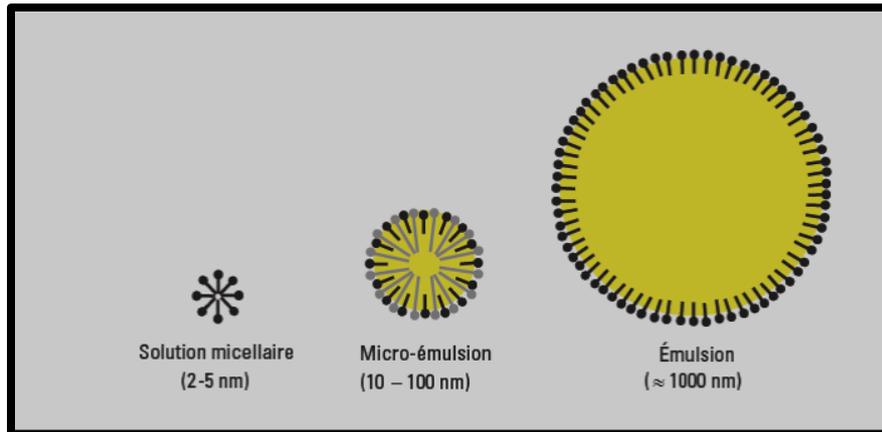
Figure 19: Types des émulsions (OLIVIER, 2004).

### 1.3.2 Selon la stabilité des émulsions

MEKHALDI et TOBAL (1998), ont confirmé que la stabilité est l'une des propriétés qui permettent la classification des émulsions. De la même manière DALMAZZONE (2000) et CHITOUR (2004) ont précisé qu'un système est classé comme émulsion s'il atteint un minimum de stabilité.

### 1.3.3 Selon la finesse des émulsions

Les émulsions sont classées en fonction de leur finesse. Pour PORE (1995) la distinction entre une émulsion, une solution micellaire et une microémulsion se fait par la taille des particules dispersées (figure 20).



**Figure 20 :** Structure d'une solution micellaire, d'une microémulsion et d'une émulsion conventionnelle (OLIVIER, 2004).

#### 1.4 Etude schématique de la structure des émulsions.

Les travaux de PORE (1995), montrent que les deux types d'émulsion (E/H et H/E) se caractérisés par une orientation particulière des molécules émulsifiantes. C'est à la même conclusion qu'est parvenu CHITOUR (2004) qui note que dans les émulsions huileuses la partie hydrophobe de la molécule d'émulsifiant se trouve dans la phase dispersante (huile) et inversement dans l'autre type d'émulsion.

#### 1.5 Propriétés des émulsions

Les émulsions sont caractérisées par leur viscosité qui dépend bien évidemment de la viscosité des deux liquides en présence.

Quand la phase dispersante est en net excès, la viscosité de l'émulsion se rapproche de la viscosité de cette phase.

La Conductivité est aussi un paramètre important dans la caractérisation d'une émulsion. Les émulsions H/E sont conductrices de l'électricité alors que les émulsions E/H ne le sont pas. Le diamètre des gouttelettes qui constitue l'émulsion est un critère de classification (OLIVIER, 2004). On passe des microémulsions aux émulsions grossières avec l'augmentation de diamètre (figure 21).

### 1.5.1 Diamètre des gouttelettes

L'analyse sensorielle d'une émulsion s'effectue au niveau de l'aspect de la texture. Elle se base sur une note attribuée au produit pour huit descripteurs différents (opaque, filant, glissant, savonneux, frais, collant, gras) (GADONNA *et al.*, 2006).

Toutefois BENAZI (1992), considère que l'aspect d'une émulsion est lié au diamètre des gouttelettes qui la constitue (figure 19). Généralement les émulsions sont des liquides opaques plus ou moins colorées.

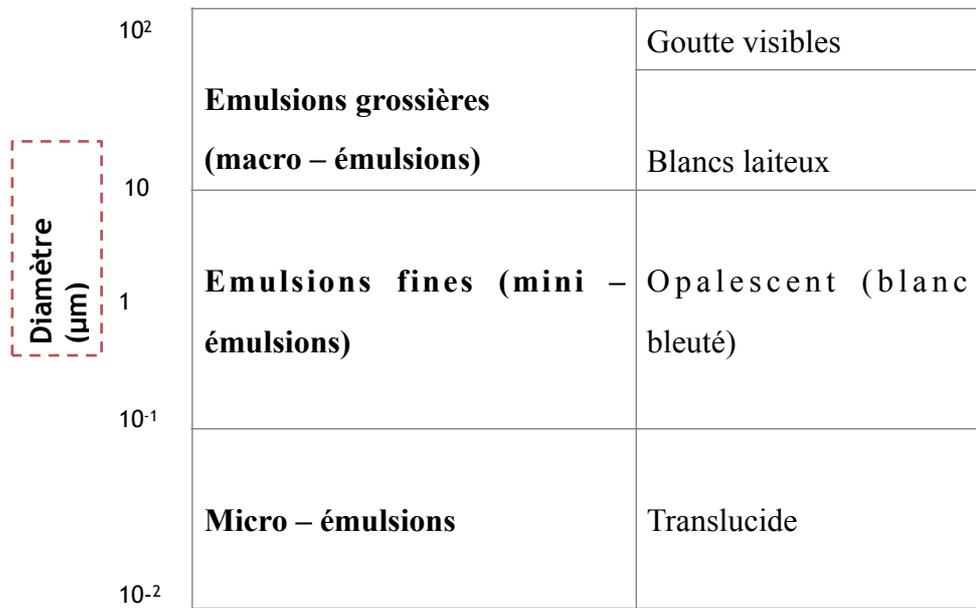


Figure 21 : Aspect des émulsions (OLIVIER, 2004).

### 1.5.2 Tension interfaciale

La tension interfaciale est définie comme étant la force nécessaire pour rompre la surface entre deux liquides non miscibles. Elle peut être utilisée pour en faire ressortir les facteurs qui régissent les équilibres des phases, tels que les interactions en milieu soluble en miscibilité et les transferts de matière entre les deux phases liquides brutes en contact. (SUBHASH *et AYIRALA*, 2006).

### 1.5.3 Fabrication des émulsions.

La préparation des émulsions se fait par dispersion de l'une des phases dans l'autre par agitation, mécanique en général, le ou les émulsifiants ainsi que les autres constituants étant dissous ou dispersés dans l'un ou l'autre liquide. Lorsque les phases sont traitées à chaud, la

température choisie doit être compatible avec la stabilité des constituants. Afin de créer une dispersion liquide-liquide, deux principales conditions sont nécessaires:

#### **1.5.3.1 Activité de surface.**

WALSTER et ROSS (1993), ont montré que pour créer une émulsion, le système doit contenir une substance qui abaisse la tension superficielle d'un liquide ou la tension interfaciale entre deux liquides non miscibles.

L'émulsifiant permet la production d'émulsion en abaissent l'énergie libre au niveau de la nouvelle interface DICKINSON et TANAI (1992).

#### **1.5.3.2 Création de gouttelettes dispersées dans une phase continue.**

Pour créer des gouttelettes dispersées dans une phase continue il faut augmenter l'aire interfaciale (WALSTER et ROSS, 1993), cette surface interfaciale augmente exponentiellement lorsque le diamètre des gouttelettes diminue. La diminution du diamètre des gouttelettes dispersées, nécessite en général l'utilisation des mélangeurs rapides, des homogénéisateurs ou des systèmes à ultrasons. L'agitation ou l'homogénéisation est à la base de la formation des émulsions. Cette opération se fait généralement avec des paramètres qui sont fixés au départ pour aboutir au type d'émulsion recherchée.

#### **1.5.4 Stabilité et instabilité des émulsions.**

D'après BOUQUELET (2008), une émulsion sera stabilisée par une tension interfaciale faible et un faible diamètre des gouttelettes caractérisées par une identité de charge. Ceci permettra la formation d'une couche interfaciale résistante surtout en présence d'une forte viscosité du milieu (figure 22).

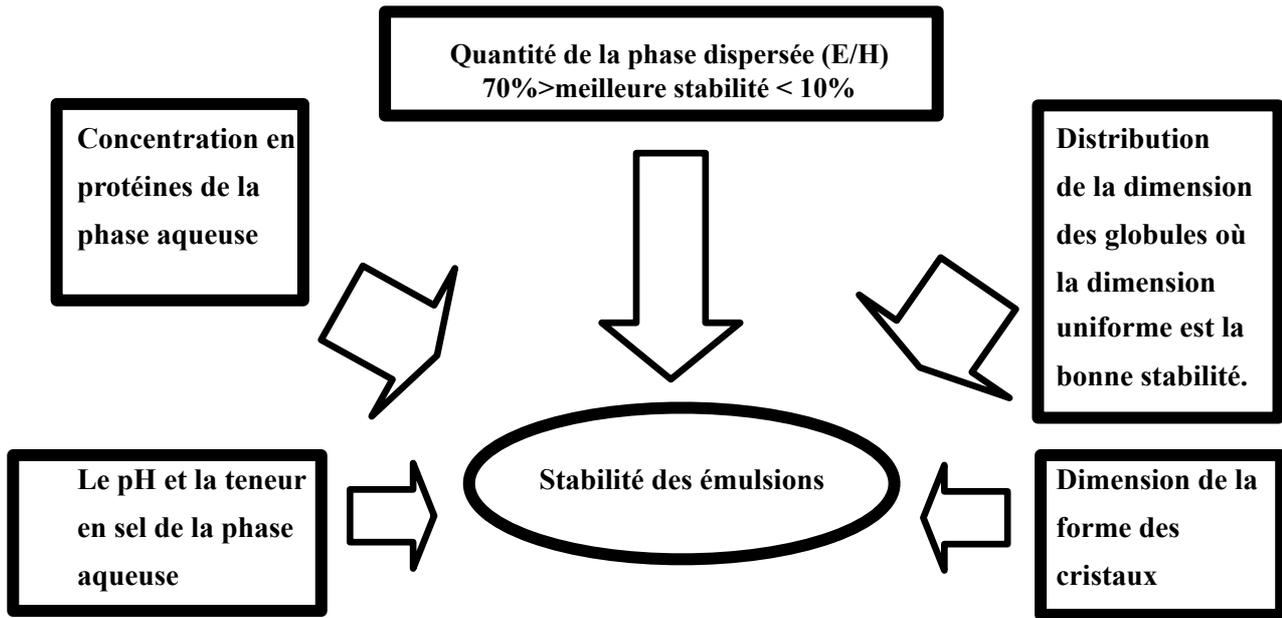


Figure 22 : Facteurs liés la stabilité des émulsions (FAUR , 1992).

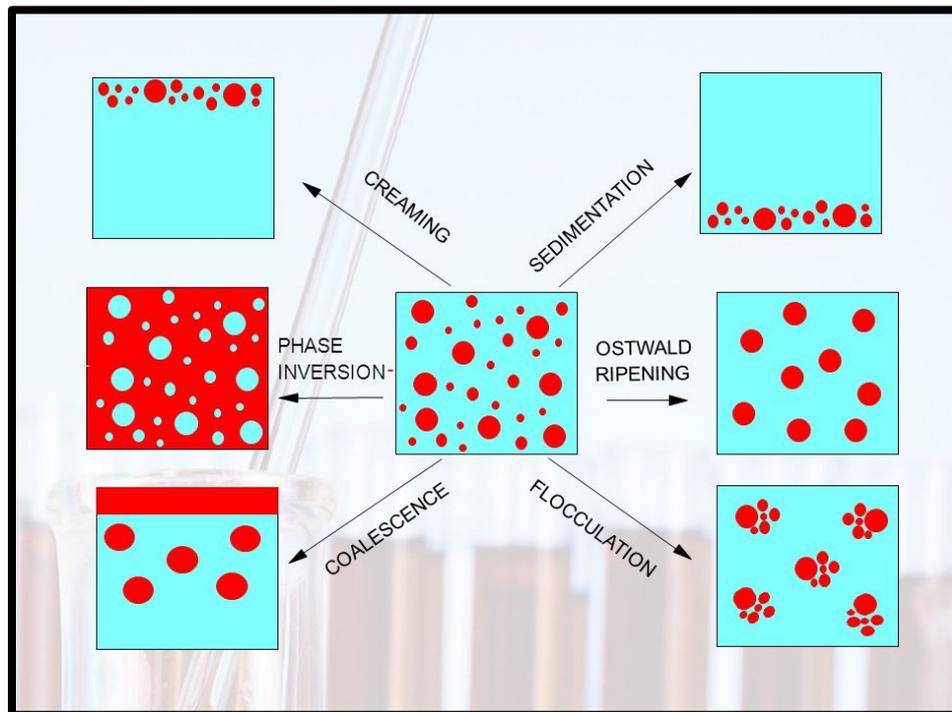
GIRARD (2000), rapporte que la stabilité des émulsions peut être évaluée de différentes façons. L'observation visuelle des émulsions au long d'un entreposage d'une durée déterminée peut permettre de voir l'apparition de phases lipidique ou aqueuse.

Tout liquide pris séparément à tendance à réduire autant que possible sa surface de contact avec l'air ou avec un autre liquide non miscible ce qui à terme entraîne une déstabilisation de l'émulsion. Cette déstabilisation est favorisée par la centrifugation et les chocs thermiques.

D'après GIRARD (2000), CHITOUR (2004) et BOUQUELET(2008), l'instabilité des émulsions peut être caractérisée par les phénomènes suivants (figure 23):

- **Un crémage** qui est une séparation des gouttelettes de la phase dispersante due à la différence de densité (il y a remontée ou sédimentation de l'une des phases),
- **Une floculation** qui est une association réversible des gouttelettes les unes aux autres due à la suppression des charges de surface des gouttelettes (à partir d'une certaine taille les flocules entraînent le crémage),
- **Une coalescence** qui est due à une fusion des gouttelettes ayant pour conséquence une augmentation de leur diamètre Ce phénomène survient suite à la floculation ou au crémage des gouttelettes.

- ▣ Le phénomène de **maturation d'OSTWALD** ; la taille des gouttelettes augmente sous l'effet d'un transfert de masse depuis la phase continue dans la phase dispersée. L'échange de la matière grasse entre globules gras dépend de sa solubilité dans la phase continue.
- ▣ **L'inversion des phases** ; lors d'une inversion des phases, il y'a un changement brutal du sens des émulsions, par exemple une émulsion H/E devient E/H.



**Figure 23:** Schéma des mécanismes de déstabilisation des émulsions (BLECKER, 2004).

GIRARD (2000), rajoute que l'apparition d'une phase lipidique est indicatrice de coalescence alors que l'apparition d'une phase aqueuse au bas d'une émulsion est plutôt un indice de floculation. La mesure de la charge protéique qui est le dosage des protéines adsorbées par unité de surface des gouttelettes d'huile permet de comparer la susceptibilité de différentes émulsions à la coalescence. Aussi que la viscosité apparente augmente en présence d'une floculation et diminue lors de l'apparition d'une coalescence.

### 1.5.5 Les émulsifiants.

Selon PORTIER (2008), un émulsifiant est une molécule dite amphiphile, elle possède une partie hydrophile et une partie lipophile hydrophobe ; grâce à sa double affinité, il s'accumule aux interfaces afin de réduire la tension de surface, ce qui permet la création des

émulsions (ROUX, 2003). En abaissant l'énergie libre interfaciale, on confère une certaine stabilité à la gouttelette en formant à sa surface une couche adsorbée protectrice (DICKINSON, 1998). Selon VAUTION (1983), la préparation d'une émulsion repose sur le choix d'un émulsifiant approprié pour répondre aux différentes exigences et contraintes telles que le type d'émulsion recherchée, la composition qualitative et quantitative des phases de l'émulsion ainsi que l'exigence de stabilité physique selon la destination de l'émulsion.

#### **1.5.5.1 Classification des émulsifiants.**

Selon leur nature, plusieurs types d'émulsifiants peuvent se présenter :

##### **1.5.5.1.1 Emulsifiants naturels.**

BANAT (2000), a accentué que malgré les couts de production encore élevé, les émulsifiants dérivés de sources naturelles présentent des avantages sur les agents émulsifiants synthétisés chimiquement, les bioémulsifiants sont en effet biodégradables et non toxiques.

La lécithine est l'une qui trouve de plus en plus d'application comme émulsifiants naturel, et dépasse largement le cadre de l'alimentation. On la trouve généralement dans le soja et dans le jaune d'œuf (ROUX, 2003).

##### **1.5.5.1.2 Emulsifiants de synthèse.**

Selon la nature du pôle hydrophile, on distingue 04 types d'émulsifiants :

- ☒ Emulsifiants anioniques : la partie hydrophile est chargée négativement (anion).
- ☒ Emulsifiants cationiques : la partie hydrophile est chargée positivement (cation).
- ☒ Emulsifiants Zwitterioniques amphotères : comportant deux charges, une positive et une négative, la charge globale est nulle (FRELICHOWSKA, 2009). selon BRANCO (1989), ce pôle hydrophile est anionique en milieu alcalin et cationique en milieu acide ;
- ☒ Emulsifiants non ioniques : la molécule ne comporte aucune charge nette.

#### **1.5.5.2 Critères de choix des émulsifiants.**

Selon VAUTION (1983), la préparation d'une émulsion repose sur le choix d'un émulsifiant approprié pour répondre aux différentes exigences et contraintes telle que :

- Le type d'émulsion recherchée : H/E ou E/H ; microémulsion, suspension ;
- La composition qualitative et quantitative des phases des émulsions ;
- L'exigence de stabilité physique selon la destination de l'émulsion.

### **1.5.5.3 Intérêt des émulsifiants.**

#### **1.5.5.3.1 En domaines industries alimentaires.**

D'après DICKINSON (1989), les émulsions recouvrent un grand nombre de produit alimentaire, dont les uns sont des émulsions (E/H) tel que la margarine le beurre, la vinaigrette traditionnelle, tandis que les autres sont de types (H/E) tels que la mayonnaise, les crème glacées, le lait...etc. Les émulsifiants peuvent être aussi valorisés dans la fabrication des produits cosmétiques.

## **D.2/ Propriétés moussantes**

### **2.1 Définition**

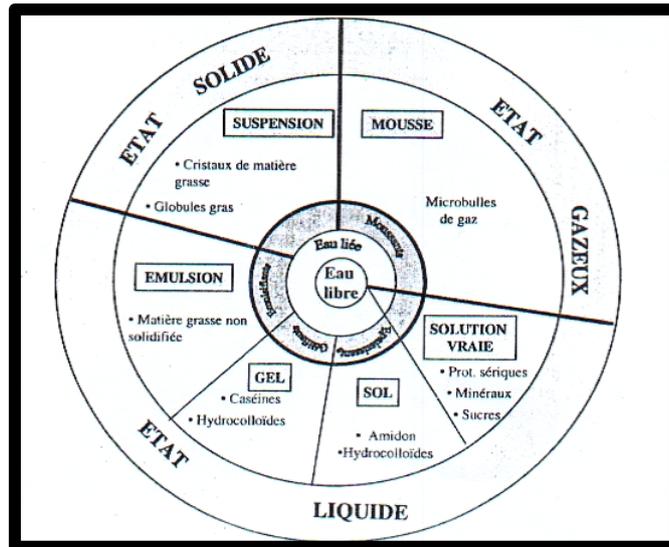
Les mousses sont des dispersions de bulles de gaz dans une phase continue (liquide, semi solide ou solide) LINDER et SCHER (2004). Elles peuvent être produites par introduction de bulles de gaz dans un liquide (bullage) mais, dans la majorité des cas, les mousses sont formées par battage. La formation de mousse requiert donc la présence d'agents tensioactifs qui s'adsorbent à l'interface eau-air (AXELOS et *al.* 2006).

D'après LINDEN et LORIENT (1994), les protéines de lactosérum, les micelles de caséine ont des bonnes propriétés moussantes.

BOURRIOT (2002), définit la mousse comme une dispersion air - liquide constituée par un ensemble de bulles de gaz séparées par des lames minces de liquide et formées par la juxtaposition de bulles qui donne un gaz dispersé dans un liquide.

De même BOUQUELET (2008), a noté qu'il existe aussi des mousses solides pour lesquelles une phase solide ou un gel remplace le liquide une fois la dispersion réalisée.

LINDER et SCHER (2004), notent que dans le cas du lait, nous avons un système très complexe du fait de la nature même du lait, qui est à la fois une suspension et une émulsion. La figure 24, qui suit illustre très bien cette complexité :



**Figure 24:** La mousse laitière (LINDER et SCHER, 2004).

## 2.2. Constituants d'une mousse.

Comme pour les émulsions, les mousses sont constituées par trois phases, selon CHEFTEL et LORIENT (1982) ; GONZALEZ *et al.*, (2004) ces phases sont : une phase dispersante ou continue formée de liquide, dans laquelle une deuxième phase est dispersée formée par les bulles de gaz, généralement les mousses sont caractérisées par l'importance de cette phase, qui peut atteindre plus de 90% du volume de la mousse, ces deux phases sont séparées par une phase interfaciale qui est un espace entre les bulles de gaz caractérisée par la présence des agents de surface, ceux-ci abaissent la tension interfaciale et forme une barrière entre les bulles de gaz.

## 2.3. Classification des mousses.

Selon les travaux de GONZALEZ *et al.* (2004), LINDER et SCHER (2004), les mousses sont classées selon la forme des bulles et la cinétique de formation des bulles.

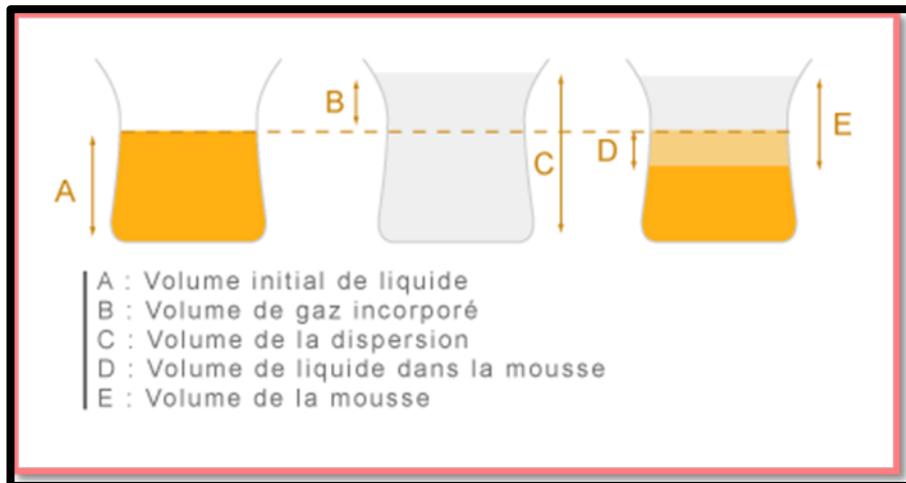
## 2.4. Propriétés particulières des mousses.

D'après CHITOUR(2004), les mousses sont caractérisées par un ensemble de paramètres microscopiques qui sont : le diamètre des bulles, leur densité, leur volume et leur écoulement.

## 2.5 Création des mousses

BOUQUELET (2008), a noté que lors de la fabrication de la mousse, on remarque dans un premier temps une augmentation de volume par intégration de gaz (expansion) et

dans un deuxième temps (à l'équilibre) une diminution de volume de la phase liquide au profit de la phase mousse (figure25).



**Figure 25:** Production d'une mousse en milieu liquide (BOUQUELET, 2008).

La formation des mousses nécessitent un certain nombre de paramètre qui peuvent être physiques (agitation surtout), physicochimiques (pH, T°, nature des bases) et chimiques (réactions chimiques appropriées) (CHITOUR, 2004).

## 2.6 Stabilité et instabilité des mousses.

### 2.6.1 Stabilité des mousses protéiques.

Selon CHITOUR (2004), Les mousses qui offrent une très grande surface interfaciale sont très facilement déstabilisées. BOUQUELET (2008), a montré que la stabilisation est d'autant plus efficace que le film protéique à l'interface gaz/liquide est plus épais, cohésif, élastique, continu et imperméable au gaz.

Ce même auteur suggère qu'afin d'obtenir une bonne capacité moussante (mousse légère et expansée) il faut que la protéine soit soluble dans la phase liquide et au même temps capable de migrer rapidement dans la phase continue et peut se déplisser très rapidement de façon à s'adsorber facilement au niveau de l'interface Gaz/liquide. Il est donc très difficile de trouver une protéine qui puisse à la fois donner une mousse abondante et stable.

### 2.6.2 Instabilité des mousses.

D'après CHEFTEL et LORIENT (1982), les mécanismes d'instabilité des mousses sont multiples :

- ❑ Drainage ou écoulement du liquide de la lamelle.
- ❑ Diffusion du gaz des petites bulles vers les grosses bulles, cette diffusion étant rendue possible par la dissolution du gaz dans la phase aqueuse.
- ❑ Rupture de la lamelle liquide séparent les bulles de gaz

Les principaux facteurs qui ont une influence sur la stabilité et l'instabilité des mousses sont résumés au tableau 20.

## **2.7 Inconvénients dus à la présence des mousses dans le lait.**

Les mousses permanentes métastables dont la durée de vie se mesure en jour sont les plus problématiques pour les industriels du lait, notamment pour la technologie fromagère type présure ou le temps de coagulation est faible, ce temps limite ne permet pas à la mousse de disparaître naturellement (GONZALEZ *et al.*, 2004).

## **2.8 Quelques applications de moussage**

D'après CHITOUR (2004), l'intérêt industriel du pouvoir moussant semble avoir été surestimé car il a été parfois identifié à tort avec l'action détergente.

Les mousses alimentaires les plus connues sont, la crème fouettée, les soufflés, les pâtes levées comme la brioche, le pain, les crèmes glacées (BOUQUELET, 2008).

## **2.9 Propriétés de surface de quelques protéines du lait**

BOUQUELET (2008), a indiqué que quelque soit l'origine des protéines, natives ou dénaturées elles vont intervenir dans la stabilisation des émulsions et la fabrication de mousse.

### **2.9.1 Propriétés émulsifiantes**

D'après CHEFTEL et LORIENT (1982), les propriétés émulsifiantes sont dues à la faculté de réduire les tensions interfaciales entre composants hydrophiles et hydrophobes d'un aliment. Les mêmes auteurs ainsi que LORIENT *et al.* (1991), ont tiré de leurs travaux que les propriétés émulsifiantes sont définies par la stabilité (aptitude à garder l'émulsion inchangée pendant un certain temps), une comparaison entre les propriétés de quelques protéines du lait, a montré que les caséines ont d'excellentes propriétés émulsifiantes surtout à pH neutre et alcalin, tandis que les protéines de lactosérum ont des bonnes propriétés émulsifiantes sauf à pH 4 à 5. D'autres auteurs, notamment CAYOT et LORIENT (1998), ont constaté également que les caséinates de sodium et les concentrés des protéines sériques possèdent une activité émulsifiante assez voisine et en même temps supérieure à celle du lait écrémé séché.

**Tableau 20:** Principaux facteurs influençant l'instabilité des mousses (CHEFTEL, 1992).

<b>Stabilité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ La rigidité du film interfacial.</li> <li>☐ la viscosité de la phase liquide.</li> <li>☐ la présence des particules solides.</li> <li>☐ La présence des protéines solubles (augmente le pouvoir moussant), et les protéines insolubles (augmente la viscosité).</li> <li>☐ Protéines de lactosérum accroissent l'épaisseur et la rigidité des films de protéines adsorbés à l'interface air/liquide.</li> <li>☐ Les sucres améliorent la stabilité du moussage, et augmentent sa viscosité.</li> </ul>
<b>Instabilité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Désorption de l'agent moussant par un agent non moussant plus fortement adsorbé.</li> <li>☐ Ajout de fines gouttelettes de liquides insolubles dans l'eau.</li> <li>☐ Les sels altèrent les propriétés moussantes.</li> <li>☐ Les lipides altèrent sérieusement les propriétés moussantes des protéines.</li> </ul>

### 2.9.2 Propriétés moussantes

D'après LINDEN et LORIENT (1994), les protéines de lactosérum, les micelles de caséine ont des bonnes propriétés moussantes. Néanmoins BOUQUELET (2008), a indiqué que les caséines donnent des mousses abondantes à grosses bulles polyédriques instables. Le lysozyme donne une mousse moins abondante mais beaucoup plus stable (aspect crémeux avec petites bulles). Les protéines globulaires de haute masse moléculaire donnent des films épais à mousse stable car il y a la formation d'une multicouche de protéine partiellement dénaturée à l'interface. De même CHEFTEL et LORIENT (1982) ; LORIENT *et al.* (1991), ont considéré que les caséines et les protéines de sérum ont un bon foisonnement, néanmoins les caséines présentent une faible stabilité des mousses par rapport aux protéines de sérum.

---

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

---

## II. Matériel et Méthodes

Les différentes analyses réalisées dans cette étude, ont été menées au niveau des deux laboratoires : Laboratoire de recherche de chimie organique et de substances naturelles et au laboratoire de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université Ziane Achour à Djelfa.

### 2.1 Matériel.

#### 2.1.1 Matière première

##### 2.1.1.1 Le lait

Le lait employé est un lait de mélange collecté à partir des chèvres des populations «Arbia », « Makatia », « m'Zab » et « Kabyle » (figure 26) vivant dans leur milieu naturel (Djelfa, Ghardaïa et Tizi-Ouzou). Le lait est acheminé dans une glacière au laboratoire où les différents échantillons (40 échantillons de chaque race) sont analysés. A l'arrivée un écrémage partiel à 1500 tours / min pendant 15 min est effectué.



Race Arbia



Race Makatia



Race m'Zab



Race Kabyle

**Figure 26:** Les races caprines Algériennes.

### 2.1.1.2 Enzymes coagulantes.

#### 2.1.1.2.1 Le *Cynara cardunculus*.

Pour coaguler le lait caprin, nous avons utilisé un extrait enzymatique du *Cynara cardunculus* autrement appelé « cardon » et la présure animale.

Afin d'obtenir une activité coagulante optimum et un meilleur rendement d'extraction, ces fleurs doivent être récupérées à un stade avancé de floraison (violet foncé), à partir de capitules frais et bien développés (TSOULI, 1974 ; ROSEIRO et *al.*, 2003). Les capitules (figure 27) de *Cynara cardunculus* ont été récoltés la fin du mois de juin. La récolte était effectuée au niveau des champs de la wilaya de Djelfa située au centre de la steppe de l'Algérie.



**Figure 27 :** *Cynara cardunculus*.

#### 2.1.1.2.2 La présure :

Nous avons utilisé une présure en poudre commerciale de force 1/100.000 à 520 mg de chymosine /1 g de poudre de présure. La poudre de présure est conservée à 4°C. A partir de cette poudre, nous avons préparé une solution mère par reconstitution à raison de 01 g / 100 ml d'eau distillée. Cette solution est conservée à 4°C.

## **2. Méthodes d'analyse.**

### **2.1. Caractérisation du lait de chèvre.**

Dans le but de caractériser le lait de chèvres utilisé dans notre travail, et afin d'évaluer l'efficacité de notre technique fromagère employée, quelques analyses physicochimiques ont été réalisées :

#### **2.1.1. Le pH.**

A l'arrivée au laboratoire, une détermination du pH est réalisée à l'aide d'un pH-mètre selon la méthode AFNOR (1986).

#### **2.1.2. La densité.**

La détermination précise de la densité du lait et du lactosérum a été effectuée à l'aide d'un pycnomètre du liquide Selon la norme AFNOR (NF 60-214 1969).

#### **2.1.3. Détermination de l'extrait sec total.**

Le principe de cette méthode consiste en une dessiccation à l'étuve pendant 03 heures à  $103 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  d'une quantité déterminé de lait écrémé jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

#### **2.1.4. Détermination de la teneur en lactose.**

La détermination du lactose est réalisée selon la norme de BERTRAND (1988) (norme FIL-IDF1974/28A).

#### **2.1.5. Détermination de l'azote.**

L'azote est dosé selon la norme FILIDF1962/20. La teneur en protéines est obtenue par multiplication du taux d'azote total par un facteur de conversion égal à 6.38 (MATHIEU, 1998).

#### **2.1.6. Détermination de la matière grasse.**

La matière grasse est déterminé par la méthode de GERBER (norme AFNOR : NFV04-210 1974)

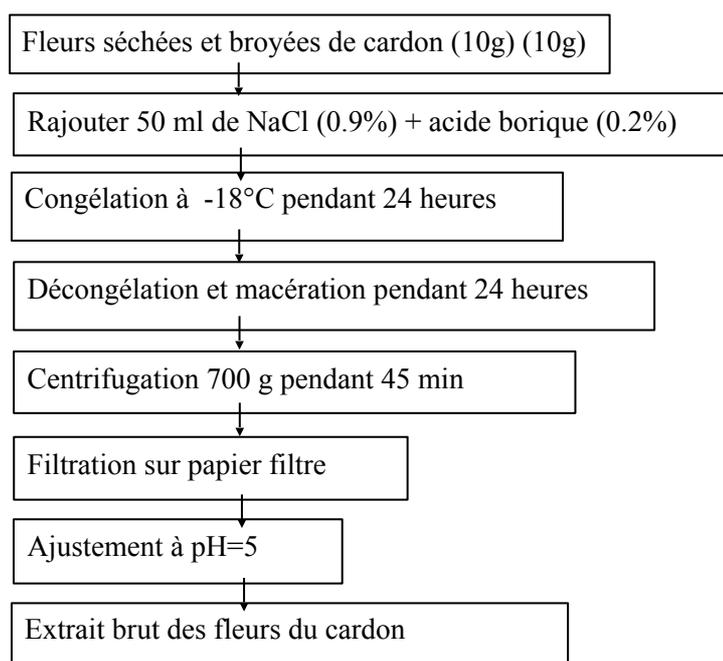
### **2.2. Extraction du système enzymatique des fleurs de *Cynara cardunculus*.**

L'extraction du système enzymatique des fleurs sèches du cardon peut se faire selon plusieurs protocoles; il peut s'agir d'une extraction aqueuse par macération des fleurs soit dans de l'eau (FERNANDEZ et *al.*, 2008 ; AQUILANTI et *al.*, 2011), dans une solution saline (TSOULI, 1974 ; MARTINS et *al.*, 1996) ou dans une solution tampon (SOUSA et MALACATA, 2002 ; LAMAS et *al.*, 2001). L'extraction alcoolique

par macération dans de l'éthanol (CHRISTEN et VIRASORO ,1935 ; TSOULI, 1974). Ou une extraction sous azote liquide (VERISSIMO et *al.*, 1996).

Dans cette étape nous avons opté pour le mode d'extraction tel que décrit par TSOULI (1974) (figure 28) : Une quantité de 10g de fleurs séchées sont broyées dans un volume de 50ml d'une solution de NaCl à 0.9%, qui favorise par osmose le passage de l'enzyme contenue dans les cellules végétales vers la solution. On y ajoute quelques gouttes d'acide borique à 0.2% comme antiseptique.

Afin d'obtenir une lyse des structures cellulaires végétales, la préparation est congelée à  $-18^{\circ}\text{C}$  pendant 24heures. Après décongélation, la matière végétale est mise en macération pendant 24 heures sous agitation douce. La préparation est filtrée à travers un filtre à gaz. La phase liquide obtenue est centrifugée à 700g pendant 45 minutes. Le surnageant une fois filtré est récupéré et son pH est ajusté à 5 pour assurer une bonne stabilité de l'extrait enzymatique (MORSLLI et *al.*, 1985).



**Figure 28:** Obtention de l'extrait brut des fleurs du cardon (TSOULI, 1974; MORSLLI et *al.*, 1985).

## 2.2.1. Caractérisation de l'extrait des fleurs *Cynara cardunculus*.

### 2.2.1.1. Le rendement d'extraction

Le rendement de l'extraction R est défini comme étant le rapport de la masse de l'extrait filtré après évaporation du solvant et la masse de la poudre des fleurs de *Cynara cardunculus* employée lors de l'extraction. Ce rendement est donné en pourcentage selon la formule :

$$R_{\text{Ex}} = (\text{Masse}_{\text{Ex brut}} / \text{Masse}_{\text{Cynara cardunculus}}) \times 100.$$

### 2.2.1.2. Détermination de l'activité coagulante

L'activité coagulante d'un extrait enzymatique est exprimée soit en l'unité d'activité coagulante (U.A.C.) nommée aussi unité présure (U.P.) selon la méthode de BERRIDGE (MARTINS et *al.*, 1996 ; LIBOUGA et *al.*, 2006), ou par la notion de force coagulante définie par SOXHLET (TSOULI, 1974 ; NOUANI et *al.*, 2009). Les deux méthodes se basent sur la mesure du temps de floculation, qui consiste en un intervalle de temps compris entre le moment de l'emprésurage et l'apparition des premiers flocons de caséines visibles à l'œil nu (ALAIS, 1984).

L'unité d'activité coagulante (U.A.C.) ou "unité présure" (U.P.) est définie comme étant la quantité d'enzyme par millilitre d'extrait enzymatique qui provoque la floculation de 10 ml de substrat de BERRIDGE en 100 sec à 30 °C (RAMET, 1997).

Elle est calculée par la relation suivante :

$$UP = 10 \times V / Tc \times Q \quad \text{où :}$$

**UP** : Unité d'Activité Coagulante ou unité de présure

**V** : Volume de lait utilisé (ml)

**Q** : Volume d'extrait coagulant (ml)

**Tc** : Temps de coagulation en seconde.

L'activité coagulante peut être également exprimée en (force coagulante de SOXHLET (F)), selon la relation suivante :  $F=UP/0,0045$  (BOUDIER et LUQUET, 1981).

#### **2.2.1.3. Etude de l'activité protéolytique.**

L'activité protéolytique est déterminée en mesurant les unités aspartyl-protéases selon la méthode décrite par GREEN et STACKPOOLE (1975) citée dans MOUZALI (2001) utilisant la caséine du lait comme substrat. Son principe consiste à mesurer l'accroissement des produits d'hydrolyse obtenus par action enzymatique sur la caséine solubilisée dans l'acide trichloracétique (T.C.A.) à 12%.

Lors de notre étude, l'évaluation du taux de dégradation du substrat (caséine) pendant la réaction d'hydrolyse est réalisée par le dosage de la tyrosine soluble dans le T.C.A. à 12% spectrophotométrie UV à 280nm. Le mélange réactionnel est constitué de 02 ml de la solution de caséine 1% (01g de caséine dans 100 ml du tampon acétate de sodium, pH=5,2) et de 01 ml de d'extrait enzymatique de *Cynara cardunculus*. Le mélange est incubé à 35°C pendant 01 heure, la réaction est stoppée par ajout de 05 ml de T.C.A. à 12% et dont le rôle est la défécation de tous les macros peptides en ne laissant en solution que ceux à faible poids moléculaire. Après un temps de repos de 15 min, les protéines solubles sont dosées par la mesure de l'absorbance à 280nm. La richesse en peptides à bas poids moléculaire du filtrat obtenu est proportionnel à l'activité protéolytique.

Notons que la concentration des préparations coagulantes, a été ajustée de façon à obtenir des temps de coagulation de grandeur comparable soient voisins de 5 minutes, selon les conditions standards de mesure de l'activité coagulante.

Les résultats s'expriment en µg de tyrosine libérés par ml d'extrait enzymatique et par heure d'hydrolyse. Une courbe d'étalonnage est réalisée à partir de solution en tyrosine dont la concentration est comprise entre de 10-100 µg/ml.

L'activité protéolytique de l'extrait de la fleur est ensuite comparée à celle de la présure, prise comme référence.

#### **2.2.1.4. Dosage des protéines par la méthode de LOWRY.**

Le dosage des protéines totales a été réalisé selon la méthode décrite par LOWRY et *al.*,(1951). La quantité des protéines totales contenues dans l'extrait

enzymatique est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage représentant la variation de l'absorbance par rapport à des concentrations de sérums albumines (BSA) bovines dans les limites d'utilisation de la loi de Beer - Lambert

### **2.2.1.5. Détermination du profil électrophorétique.**

Comme toute technique électrophoretique, l'électrophorèse SDS-PAGE (sodium dodecylsulfate polyacrylamide gel electrophoresis) repose sur la séparation des protéines en conditions dénaturantes, en présence du SDS détergent anionique. Cette séparation se fait uniquement en fonction du facteur taille.

Le protocole que nous avons suivi s'applique aux gels coulés à l'aide du système Biorad « mini Protean tetra Cell », et qui comprend un protocole de coloration au bleu de coomassie (SCHAGGER, 2006). La SDS-PAGE utilise un système polyphasique comprenant deux types de gel superposés (annexe 01): un gel de concentration (0.9ml d'Acrylamide, 2.25ml du Tampon Tricine 3X, 5.9ml d'eau, 38 $\mu$ l d'Ammonium persulfate (10%) et 11 $\mu$ l de TEMED) et un gel de séparation à 16% acrylamide (0.3ml d'Acrylamide, 2.6ml du Tampon Tricine 3X, 600 $\mu$ l de Glycérol, 1.35ml d'Eau, 38 $\mu$ l d'Ammonium persulfate (10%) et 11 $\mu$ l de TEMED).

Après l'extraction et afin d'identifier les protéines responsables de l'activité coagulante, on a procédé comme suit : un tampon de solubilisation composé de 394 mg du Tris HCL, 1g de SDS, 5ml de glycérol, 750 $\mu$ l de  $\beta$ -mercaptoéthanol 4.25ml d'Eau et une pointe de spatule du Bleu Bromophénol) (0.4 volumes échantillon pour un volume de tampon) est ajouté. Un chauffage à 90C° pendant 10 minutes est effectué. Quand la polymérisation est réalisée, le gel est placé dans une cuve d'électrophorèse. Du tampon cathode au centre (dilué 10 fois 10X) (le gel doit être bien immergé) est versé suivi de celui de l'anode ensuite (dilué 10 fois par rapport au tampon anode 10X) à l'extérieur jusqu'au remplissage de la cuve, les échantillons sont ensuite déposés dans les puits (0.5 $\mu$ l à 25 $\mu$ l de dépôt par puits) en laissant le premier puits pour le dépôt du marqueur de poids moléculaire. La migration a duré 30 à 45 minutes pendant environ une heure sous un potentiel de 180V.

A la fin de la migration, les protéines sont fixées dans une solution composée de 205 ml d'Isopropanol, 100 ml d'Acide acétique et 650 ml d'Eau. Le gel est ensuite

coloré à l'aide d'une solution contenant 100ml d'Acide Acétique, 900ml d'Eau et 60mg de bleu de Coomassie G250. La durée de coloration peut durer 2heures à une nuit.

Après la coloration le gel doit être décoloré pendant 02 heures dans une solution qui comprend 100ml d'Acide acétique et 900ml d'eau. L'identification des fractions protéiques et la détermination de leur poids moléculaire se fait par comparaison avec le marqueur du poids moléculaire.

#### **2.2.1.6. Purification et fractionnement de l'extrait enzymatique.**

Dans le but de purifier d'avantage l'extrait brut coagulant, nous avons adopté la méthode de séparation chromatographique sur colonne en utilisant la diéthylaminoéthyl cellulose (DEAE –cellulose) qui est une résine échangeuse d'anions. Cette technique présente, d'après BENGANA (2001), l'avantage d'être non dénaturante et donne d'excellents résultats sur les extraits coagulants bovins. Pour notre extrait enzymatique de *Cynara cardunculus* nous avons adopté la même méthode de séparation.

Le diéthylaminoéthyl cellulose est une résine chargée positivement utilisée en chromatographie échangeuse d'ions, permettant la séparation spécifique de certaines molécules. Les différentes protéines, emprisonnées par la colonne, sont relâchées spécifiquement et recueillies dans des tubes au fur et à mesure que l'on augmente la concentration saline, ce qui permet la purification de celles-ci. Le principe consiste à fixer les protéines par l'intermédiaire de leurs charges négatives, sur les charges positives de la DEAE, puis de les décrocher par passage de tampons ayant des concentrations croissantes en chlorure de sodium. Nous avons appliqué la méthode de ROTHE *et al.* (1976), sur une colonne (1.0 x 10cm) où le gel est coulé et ensuite équilibré par passage d'environ 10 fois son volume avec du tampon phosphate de sodium pH 5,5. Environ 10 ml d'extrait brut, de pH ajusté à 5,5 (avec du tampon phosphate dissodique (01M) est déposé en haut de la colonne. Des fractions de 02 ml sont collectées par le passage sur la colonne d'un gradient discontinu de concentration croissante (0 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 ; 0,9 ; 1,0 M/l) en NaCl avec un débit d'élution de l'ordre de 50 ml/h. Puis ces fractions subissent une estimation de l'absorbance par la spectrophotométrie à une longueur d'onde 280 nm et une caractérisation d'activités coagulantes par la méthode de BERRIDGE (1945) modifiée

par COLLIN *et al.* (1977) pour sélectionner les fractions actives en les comparant avec ceux caractérisant l'extrait brut.

### 2.3. Pratique fromagère et évaluation de son efficacité

Pour démontrer la possibilité d'utiliser l'extrait de fleurs de *Cynara Cardunculus* comme agent coagulant dans la transformation fromagère et faire ressortir la meilleure race de chèvre locale donnant le rendement fromager le plus élevé ; nous avons préparé un fromage avec le lait des races caprines algériennes avec un succédané végétal de la présure et de la présure native.

Nous avons chauffé une quantité de lait (200ml) de chaque race à 42 °C, on a additionné l'extrait enzymatique *Cynara cardunculus* ensuite on la placée sur un agitateur magnétique chauffant jusqu'à coagulation (à la même température). Après 24 heures, une synérèse naturelle des coagulums et des lactosérums a été effectuée. On a poursuivi la même technique avec la présure animale (Figure 29)

Les produits obtenus (fromage et lactosérum) sont conservés à basse température (5 à 8°C) jusqu'à utilisation. Dans le but d'éviter toutes sortes de contamination nous avons procédé à une stérilisation du milieu de travail et du matériel.

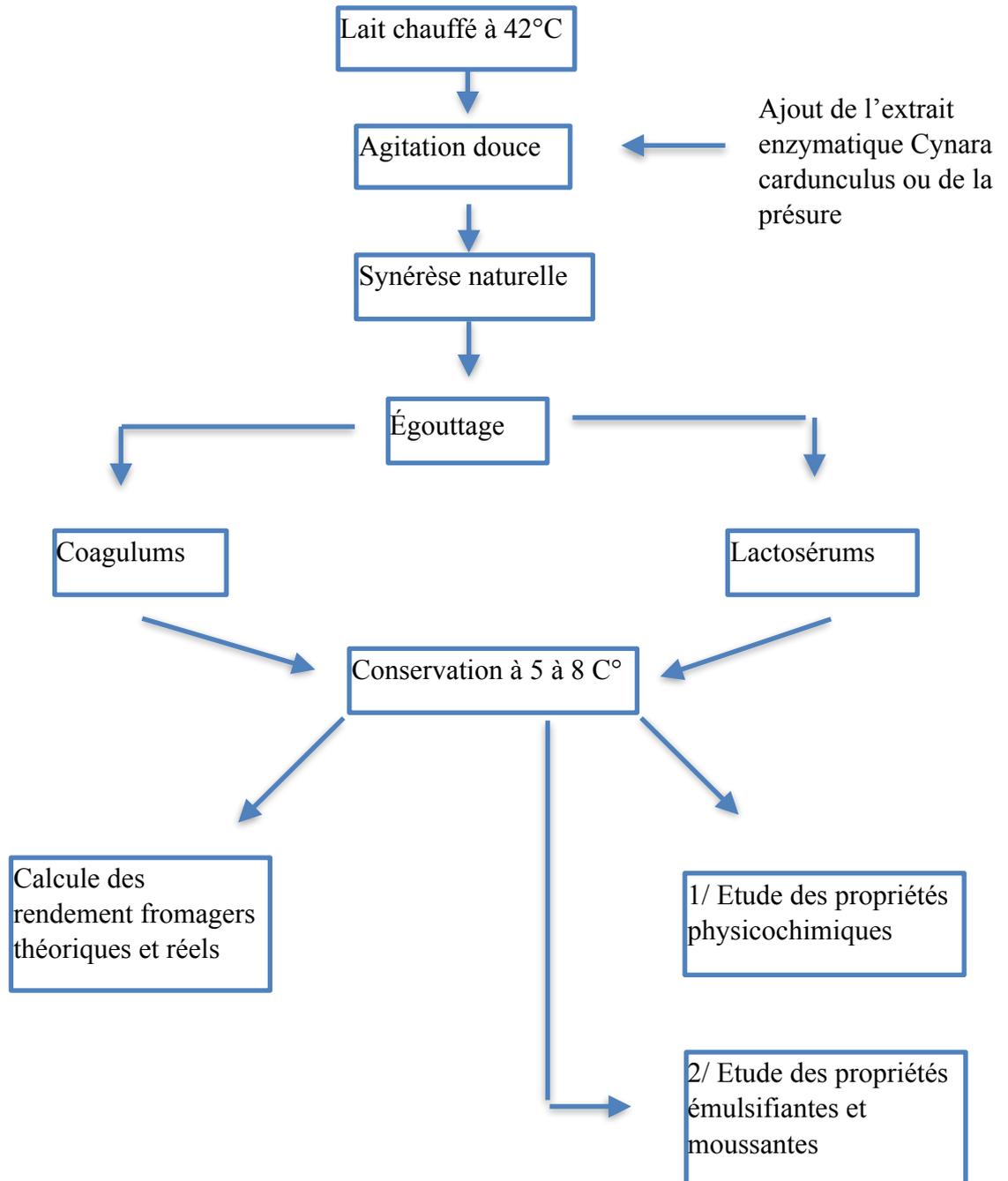
Afin d'évaluer l'efficacité de la pratique fromagère nous nous sommes référés à la comparaison entre les deux rendements fromagers réels et théoriques. Le premier correspond au poids fromager obtenu après égouttage alors que le deuxième est une valeur calculée par une formule dépendante de deux paramètres biochimiques représentés par les taux protéique et butyreux du lait préalablement mesurés, cette équation est donnée par CUVILLIER (2005).

**Le rendement théorique = K x (0.093TB+0.38TP) Où :**

TB : taux butyreux TP : Taux protéique K : coefficient d'ajustement (K= rendement réel/0.093TB+0.38TP).

Le calcul des coefficients d'ajustement (K) de chaque race nous a permis de comparer les rendements fromagers réels et théoriques à partir de la composition physicochimique de leur lait, sans inclure l'effet des conditions d'élevage et la

répartition géographique différente et de prendre en considération uniquement de l'effet « race ».



**Figure 29** : Coagulation du lait de chèvre.

#### **2.4. Amélioration des aptitudes à la coagulation du lait de chèvre.**

Pour mieux caractériser l'extrait des fleurs du cardon, nous avons essayé de déterminer les conditions optimales de l'activité coagulante avec les laits des races qui ont données le meilleur rendement fromager, en faisant certains paramètres tel que le pH, la température et la concentration en  $\text{CaCl}_2$  du lait qui influent sur le rendement fromager.

La température optimale d'activité des enzymes coagulantes toute origine confondue se situe dans les limites comprises entre 40-45°C. Au-dessus de la limite (supérieur à 45°C), il se produit une dénaturation progressive de l'enzyme qui devient complète vers 65°C. D'après les travaux de RAMET (1993), la correction de température admissible est en général assez étroite et se situe entre +3 et +5°C. Dans notre cas nous avons adopté cette règle pour déterminer la température optimale de coagulation en débutant la gamme de températures par une valeur égale à 32°C.

Pour essayer d'obtenir le meilleur rendement fromager, nous avons procédé à la détermination du pH optimal de coagulation. La modification des valeurs du pH d' emprésurage est effectuée par l'ajout de concentrations croissantes d'un sel de calcium  $\text{CaCl}_2$  tout en suivant la variation des valeurs du pH des laits. La présence de calcium ionisé est indispensable à l'accomplissement de la phase secondaire de la coagulation qui conduit après protéolyse spécifique de la  $\kappa$ -caséine par l'enzyme coagulante à l'agrégation des micelles pour former un réseau constituant le coagulum (WEBB *et al.*, 1974; RAMET, 1985). Pour permettre une répartition homogène du sel de calcium dans toute la masse du lait et pour assurer la modification souhaitée de l'équilibre salin, nous avons ajouté le sel de calcium, au minimum 30 minutes avant l'apport de l'enzyme coagulante.

#### **2.5. Analyses de la microflore du lait et des fromages fabriqués**

La charge microbienne du lait et des fromages obtenus tant sur l'aspect qualitatif que quantitatif nous renseigne sur l'état hygiénique des produits. Il s'agit généralement de la recherche et du dénombrement de la flore mésophile totale (FAMT) (qualité globale), des coliformes totaux, fécaux, des streptocoques fécaux et des *Clostridium*s

(qualité hygiénique) ; la recherche des Salmonelles et des *Staphylocoqus dorés* (*S.aureus*) par contre nous renseigne sur l'état sanitaire des produits.

C'est le lait de la race Arbia (40 chèvres) qui a constitué le matériel expérimental. Les chèvres étaient caractérisées par un même stade de lactation et conduites en un élevage semi-intensif. Elles ont été vaccinées contre la brucellose avant leur puberté, et étaient négatives à la tuberculination et issues d'un troupeau indemne de maladies contagieuses.

La collecte du lait a été étalée sur une période de deux mois où nous avons pris des laits individuels. Notons que la traite était effectuée dans de très bonnes conditions hygiéniques.

Les 40 échantillons obtenus (de 250 à 500 ml) ont été prélevés le matin manuellement dans des flacons stériles et bien fermés suivant les conditions stérilisantes de HOGAN et *al.*, (1999) dans le but de réduire tout risque de contamination. Les prélèvements de lait ont été placés dans une glacière munie d'accumulateurs de glace et ont été acheminés au laboratoire afin de les analyser.

Des l'arrivée des échantillons de lait au laboratoire, une prise de pH a été faite à l'aide d'un pH mètre. L'évaluation de la qualité microbiologique du lait de chèvre et des 40 fromages obtenus après la coagulation par l'extrait de *Cynara cardunculuss*, était basée sur la recherche et le dénombrement de :

- La flore mésophile aérobie totale (FAMT) qui est un bon indicateur de contamination et de la qualité des produits (propreté) ; cette flore a été dénombrée sur gélose PCA incubée 72 h à 30°C;

- Les coliformes totaux et fécaux indicateurs de contamination fécale ; ils ont été recherchés sur gélose lactosée et citratée au désoxycolate (DCL) incubée 24 heures à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux;

- Les *streptococcus fécaux* dénombrés en milieu liquide par la technique du NPP (nombre le plus probable) qui se fait en deux étapes :

- Test de présomption (recherche des streptocoques sur milieu de Rhothe avec incubation à 37°C pendant 24 à 48 h);

- Et test de confirmation (sur milieu Eva Litsky incubé à 37°C pendant 24 h).

Les staphylocoques dorés (*S. aureus*) ont été dénombrés sur de la gélose de Baird Parker additionnée au jaune d'œuf et au tellurite de potassium et incubée 48 heures à 37°C.

Pour les salmonelles, on a réalisé un pré-enrichissement sur milieu sélénite-cystéine 18 heures à 37°C, suivi d'un enrichissement sur bouillon sélénite-cystéine 18 heures à 37°C, puis l'isolement a été réalisé sur une gélose Hektoen et l'identification sur un milieu incliné TSI avec une incubation de 24 heures à 37°C.

Les clostridium sulfitoréducteurs ont été dénombrés en utilisant de la gélose Viande foie avec une incubation à 37°C pendant 16 h.

Chaque analyse a été répétée 03 fois et sa moyenne a été retenue. Rappelons que pour les produits liquides, dans notre cas le lait de chèvre, celui-ci a constitué d'emblée la solution mère ; après on a procédé aux dilutions décimales. Pour les produits solides (fromage de chèvre), on a pris 25 g, on les a introduit aseptiquement dans un bocal stérile contenant au préalable 225 ml de TSE (tryptone sel eau), et après homogénéisation, la suspension a constitué la première dilution. Pour l'interprétation des résultats des analyses microbiologiques nous nous sommes référés à l'arrêté interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 23 juillet 1994 du Journal officiel de la république Algérienne n° 035 du 27-05-1998 fixant les spécifications microbiologiques auxquelles doivent satisfaire certaines denrées alimentaires.

## **2.6. Caractérisation des lactosérums.**

La coagulation du lait caprin engendre une séparation bien distincte des deux phases : liquide (lactosérum) et solide (coagulum). Notre travail dans une deuxième phase s'est orienté vers la détermination de quelques caractéristiques physicochimiques des différents lactosérums obtenus à savoir leur volume, leur densité, leur concentration en extrait sec et leur pH.

### **2.6.1. Volume du lactosérum.**

La détermination du volume du liquide dégagé de la synérèse spontanée du lactosérum est basée sur l'utilisation d'une pipette pour extraire le sérum qui est déposé dans une éprouvette graduée afin de mesurer ce paramètre.

### **2.6.2. Densité du lactosérum.**

La densité d'un corps est le rapport entre sa masse volumique et la masse volumique d'un corps de référence. Dans notre cas nous avons employé l'eau dont la masse volumique est égale à 1 comme corps de référence. La détermination précise de la densité du lactosérum est effectuée à l'aide d'un pycnomètre par pesées successives dont il est impératif de conserver le même pycnomètre pour mesurer la masse d'eau et la masse d'échantillon selon la norme AFNOR (NF 60-214 1969).

### **2.6.3. Indice de réfraction du lactosérum.**

L'indice de réfraction d'une matière, est un nombre qui caractérise le pouvoir qu'a cette matière, à ralentir et à dévier la lumière. Il renseigne sur la teneur en matière sèche d'une solution. Ce paramètre, d'après GOMEZ (2009), permet la détermination du degré de pureté d'un liquide. Ce test est effectué selon la norme AFNOR (NF60-22,1968).

### **2.6.4. Concentration du lactosérum.**

Selon FRIEDLI (2002), le terme de concentration d'une solution est utilisé pour désigner la quantité relative ou absolue de solutés dissous dans une quantité donnée de solvant. Ce paramètre selon la même technique adoptée pour le lait et qui consiste à mesurer les indices réfractométriques et de lire les correspondances.

### **2.6.5. pH du lactosérum.**

Il est mesuré en utilisant un pH mètre numérique de type HANNA HI 9321.

## **2.7. Etude des propriétés émulsifiantes des différents lactosérums.**

### **2.7.1. Préparation et étude des émulsions.**

Pour évaluer les propriétés émulsifiantes du lactosérum caprin, nous avons adopté une méthodologie comparative basée sur l'étude des propriétés émulsifiantes du lactosérum et de la lécithine qui est un émulsifiant très utilisé dans le domaine agroalimentaire. Des caséinates de sodium à 1% sont utilisées comme stabilisant par la préparation de trois émulsions en utilisant comme phase lipidique l'huile d'amande

douce. Les compositions des émulsions retenues qui nous ont permis de réaliser les analyses de stabilité en fonction du temps sont portées dans le tableau 21.

Chaque mélange est transvasé dans un bûcher est homogénéisé par agitation pendant 30 min à 30°C pour former une émulsion mère qui fera l'objet de différents tests.

**Tableau 21:** Composition des différentes émulsions préparées en%.

Composition (%)	HA/E/ CS+LEC	HA/ LSC <sub>Ar</sub>	HA/ LSC <sub>Mk</sub>	HA/ LSC Mz	HA/ LSC Ka	HA/ LSP <sub>Ar</sub>	HA/ LSP <sub>Mk</sub>	HA/ LSP <sub>Mz</sub>	HA/ LSP <sub>Ka</sub>
Huiles	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Eau	94.5	0	0	0	0	0	0	0	0
Lactosérums	0	95	95	95	95	95	95	95	95
Emulsifiant	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
Stabilisant	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0

**HA/E/CS+LEC** : émulsion huile d'amande douce dans l'eau en présence de lécithine et de caséinates de sodium;

**HA/LSC<sub>Ar</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Arbia issus de la coagulation par *Cynara cardunculus* ;

**HA/LSP<sub>Ar</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Arbia issus de la coagulation par présure animale ;

**HA/LSC<sub>Mk</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Makatia issus de la coagulation par *Cynara cardunculus* ;

**HA/LSP<sub>Mk</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Makatia issus de la coagulation par présure animale ;

**HA/LSC<sub>Mz</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race M'Zab issus de la coagulation par *Cynara cardunculus* ;

**HA/LSP<sub>Mz</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race M'Zab issus de la coagulation par présure animale ;

**HA/LSC<sub>Ka</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Kabyle issus de la coagulation par *Cynara cardunculus* ;

**HA/LSP<sub>Ka</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Kabyle issus de la coagulation par présure animale ;

### 2.7.2. Observations au microscope optique.

L'observation microscopique se fait par une goutte prélevée de chaque émulsion mère préparée qui ensuite déposée sur une lame de verre. Une goutte de bleu de méthylène (hydrosoluble) ou de rouge de soudan est ensuite ajoutée afin de déterminer la nature de l'émulsion formée. Le tout est ensuite étalé à l'aide d'une lamelle couvre objet.

La préparation est ainsi prête à l'observation microscopique. Des photos des différentes émulsions ont été prises grâce à un montage de microphotographies.

### 2.7.3. Estimation du nombre de gouttelettes lipidiques

Le dénombrement des gouttelettes dispersées est une estimation qui repose sur le comptage microscopique de ces globules. Le dénombrement des gouttelettes est effectué selon l'équation suivante :

$$\text{Nombre de gouttelettes} = 400 \times \text{Nombre des gouttelettes par champ}$$

Où :

Nombre de surfaces de  $1\text{cm}^2 = 4$  ( $S_1, S_2, S_3, S_4$ )

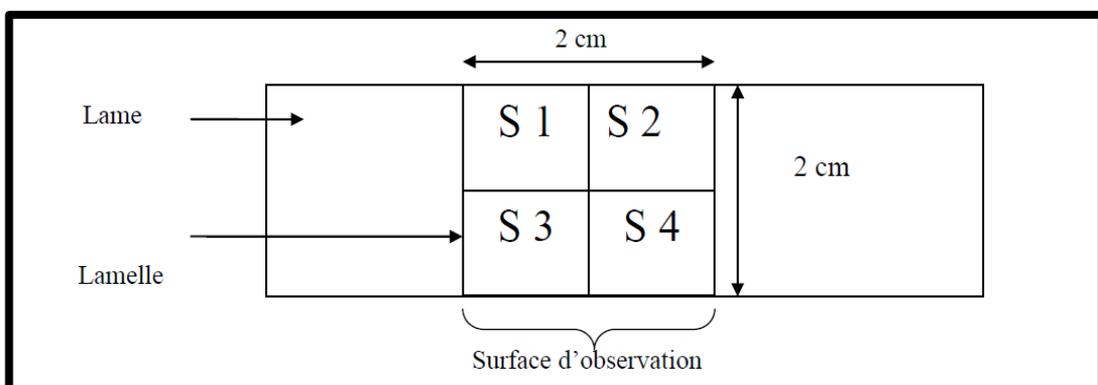
Surface totale =  $4\text{ cm}^2$

Dépôt par surface =  $0.01\text{ml/ cm}^2$

Dépôt total =  $0.04\text{ml}$

Nombre de champs par surface = 100 champs

Nombre de champs total = 400 champs.



#### 2.7.4. Evaluation du diamètre des gouttelettes des émulsions.

Selon TOURAINE et DRAPRON (1987), il faut se déplacer au hasard sur la surface du rectangle et réaliser 10 déterminations successives pour avoir une répartition statistique représentative.

Nous avons utilisé un microscope lié à un ordinateur afin de déterminer le diamètre moyen des gouttelettes et ceci après la prise des photos qui ont été traitées avec le logiciel (MOTIC version 2.0).

#### 2.7.5. Calcul de la surface interfaciale

L'évaluation de la surface interfaciale des émulsions repose sur la détermination du diamètre moyen des gouttelettes (TOURAINE et DRAPRON, 1987). Nous avons calculé la surface interfaciale (S) selon l'équation donnée par ces mêmes auteurs:

$$S=6V/d \text{ (m}^2\text{)}$$

Où :

d: Diamètre moyen des gouttelettes ( $\mu\text{m}$ ) ;

V : Volume de la phase dispersée;

S : Surface totale.

#### 2.7.6. Evaluation de la stabilité des émulsions.

A partir de l'émulsion mère, nous avons préparé deux dilutions successives ; la première est une dilution au 1/20<sup>ème</sup> ; la seconde est obtenue après homogénéisation par retournement manuellement (5 fois) en pratiquant une dilution de 1/5 de la première solution.

Une lecture au spectrophotomètre à 500 nm est effectuée sur cette deuxième solution contre un essai à blanc (remplie d'eau distillée).

Cette deuxième dilution est conservée pendant 24 heures au cours desquelles nous avons mesuré l'absorbance à un intervalle de temps régulier (toutes les deux heures). A partir des valeurs enregistrées nous avons déterminé la stabilité des émulsions (S) en pourcentage (%) et l'index de stabilité (IS) qui donne le nombre d'heures nécessaires pour la déstabilisation totale de l'émulsion, ces deux paramètres sont donnés par les formules.

$$IS = \frac{AT_0}{AT_0 - AT} \times (T - T_0) \quad S(\%) = \frac{100 AT}{AT_0} \quad \text{Où :}$$

$AT_0$  : Absorbance à  $T = 0$  h et  $AT$  : Absorbance à  $T$  donné.

## 2.8. Etude des propriétés moussantes.

L'étude des propriétés moussantes est basée sur une méthodologie comparative à celles des propriétés moussantes du lait entier, écrémé et du lactosérum par la fabrication des mousses. L'étude de leurs stabilités en fonction du temps se fait comparativement à un étalon (blanc d'œuf) qui est caractérisé par d'excellentes propriétés moussantes.

### 2.8.1. Etude du pouvoir moussant du lait caprin et ses dérivés.

L'étude du pouvoir moussant d'une solution est fondée sur l'estimation de deux principaux paramètres qui sont la capacité moussante et la stabilité de la mousse, pour cela il est nécessaire de faire mousser cette solution afin de créer une interface gaz-liquide.

Dans notre travail nous avons assuré le moussage de nos échantillons liquides de laits et de leurs dérivés par l'emploi de divers appareils d'agitation tels que: un homogénéisateur rotatif dont la vitesse est de 4000 tours/min, un agitateur à hélice qui tourne à une vitesse de 1200 tours/min et un autre de type magnétique. Dans le but de déterminer et aussi de comparer le pouvoir moussant de ces différents échantillons, le choix de l'intensité d'agitation appliquée est porté sur l'aspect des mousses.

### 2.8.2. Fabrication des mousses.

Un volume de 50 ml ( $V_0$ ) mesuré à l'éprouvette graduée est prélevé et placé dans un bécher en verre de 1 litre; ce volume est fouetté pendant exactement 5 minutes. Le volume maximal ( $V_m$ ) atteint par la mousse est ensuite noté.

La capacité moussante (CM) est mesurée par le foisonnement exprimé en pourcentage comme indiqué sur la formule suivante:

$$CM(\%) = \frac{Vm - V_0}{V_0} \times 100$$

Où :

$V_0$  : volume de l'état liquide

$V_m$  : volume maximal atteint par la mousse.

Cette stabilité moussante (S) représente la propriété d'une mousse à rester stable et inchangée. Un temps de déstabilisation ( $T_1$ ) totale de la mousse est aussi mesuré. Il qualifie le temps retour complet à l'état liquide ( $V_0$ ). Ce temps de déstabilisation ( $T_1$ ) est comptabilisé à partir de l'arrêt de fouettage jusqu'à ce que le volume initial ( $V_0$ ) (50ml) soit de nouveau obtenu au niveau de bécher. La stabilité se mesure soit en secondes ( $T_1$ ) si le temps de stabilité est inférieur à 30mn ou par le pourcentage du volume relargué à  $T_1=30mn$ .

$$S(\%) = \frac{V_{30}}{V_m} \times 100$$

Où :

$V_{30}$  : volume relargué à 30mn ;

$V_m$  : volume maximal atteint par la mousse

### 3. Analyses statistiques.

Dans le but de comparer les valeurs obtenues lors des tests effectués, nous avons adopté une analyse de la variance; la différence est considérée comme significative au seuil de 5%. La détermination des traitements (moyennes) homogènes nécessite une comparaison multiple des moyennes par le test de Newman- Keuls.

La comparaison à un standard (étalon) était faite afin de comparer les différents paramètres étudiés à savoir ceux des émulsions.

---

## **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

---

### 3. Résultats et discussion.

#### 3.1. Caractéristiques physicochimiques du lait de chèvre.

Le tableau 22 rassemble la composition physicochimique du lait des chèvres : Arbia, Makatia, M'Zab et Kabyle. Les moyennes et les écarts types des principales caractéristiques physicochimiques du lait des quatre races de chèvre utilisées lors de notre étude sont répertoriés.

**Tableau 22:** Analyses physicochimiques du lait des quatre races de chèvres.

Races Paramètres	Valeurs moyennes			
	Arbia	Makatia	M'Zab	Kabyle
Extrait sec total (g/l)	120.1±0.56	110.40±0.36	124.14±0.06	122.13±0.12
Densité à 25 °C	1.0273±0.01	1.0267±0.0004	1.0329±0.01	1.0416±0.001
pH à 25°C	6.50±0.08	6.53±0.05	6.58±0.04	6.55±0.04
Matière grasse (g/l)	21.70±0.26	28.15±0.22	22.30±0.15	22.10±0.26
Matière protéique (g/l)	35.40±0.17	34.15±0.28	39.50±0.35	37.60±0.64
Lactose (g/l)	52.13±0.28	48.70±0.70	42.97±0.74	46.6±0.01
Matière minérale (g/l)	8.03±0.08	8.13±0.38	8.00±0.53	7.33±0.58

##### 3.1.1. La matière sèche.

Elle représente toutes les composantes du lait ramenée à l'unité de volume (L). Le tableau 22, montre une certaine différence dans le taux en moyennes des caractéristiques physicochimiques entre les différentes races, le taux de matière sèche le plus élevé est donné par la race m'Zab avec (124.14%) alors que le plus bas est obtenu par la race Makatia avec (110.40%).

Les taux de matière sèche enregistrés chez les deux races Arbia et Makatia sont comparables à ceux rapportés par LAHRECH (2001), qui note les taux de 13.19% et 12.60% respectivement pour les deux races citées précédemment.

Nos résultats sont par contre plus faibles que ceux obtenus par BRUGERE (2003) qui sont de l'ordre de 136g/Kg.

Entre espèce et en comparaison avec le lait de vache, ce même auteur a donné Un taux de 125g/Kg qui s'avère très proche du taux de matière sèche du lait de nos chèvres.

L'effet race, le mode de conduite des troupeaux, le niveau d'alimentation et le niveau de lactation qui sont des principaux facteurs de variation de la production et la composition du lait peuvent être à l'origine de la variation des taux de matière sèche des différents laits.

### **3.1.2. La densité.**

Elle nous renseigne aussi d'une façon indirecte sur la teneur en extrait sec du lait. Les valeurs de densité des laits de nos races varient de 1.0273 à 1.0416, valeurs comparables à ceux données par HENNANE (2012) qui a rapportée les densités de lait de chèvre comprises entre 1,026 et 1,04. Ces résultats portent sur des laits individuels, laits de troupeaux et laits de mélanges. La saison, et le stade physiologique de la race sont aussi des facteurs qui influent ce paramètre.

La densité est sous la dépendance de deux facteurs principaux: la teneur en matière sèche dégraissée et celle de la matière grasse. Elle diminue généralement avec l'augmentation du taux butyreux. Cette hypothèse est confirmée chez la race Makatia qui possède le taux butyreux le plus élevé par rapport aux autres races. Avec 28,15 g/l cette densité n'est que de 1.0267.

WANGOH (1997) a rapporté aussi que la densité et l'acidité semblent dépendre de la race et du type d'élevage. SIBOUKEUR (2007), ajoute un autre paramètre dans la variation de la densité du lait entre espèces et l'attribue à la fréquence d'abreuvement.

### **3.1.3. Le pH.**

Le pH traduit l'acidité du lait. Il est sous l'influence de la lipolyse et l'activité lactasique endogène ou exogène. Le pH des laits frais obtenus varie de 6.50 à 6.58, cette variation probablement liée à la variance génétique comme indiqués par MOUALEK (2009), qui rapporte que le lait de chèvre en raison d'un polymorphisme génétique important de ses protéines, se démarque par une variabilité du pH suivant le type génétique en question.

REMEUF *et al.* (1989), rajoutent que le pH du lait de chèvre se caractérise par des valeurs allant de 6.45 et 6.90 avec une moyenne de 6.70, valeur très peu différente du pH du lait bovin qui est de 6.6

### 3.1.4. Matière grasse.

C'est la fraction la plus variable dans la composition du lait. La mesure de la matière grasse ou du TB est généralement couplée à celle de la matière protéique ou du TP dans les laboratoires d'analyses laitières. Les résultats du tableau 17, montrent que le taux de matière grasse au sein de nos races variant entre 21.70 g/l pour la race Arbia à 28.15g/l pour la race Makatia.

Ces taux s'avèrent faibles par rapport à ceux rapportés par BRUGERE (2003) avec 34.4g/kg et 40.4g/Kg respectivement pour le lait de chèvre et de vache.

Cette infériorité dans le taux butyreux des laits caprins comparativement aux autres espèces, idée largement répandue se confirme aussi pour nos races puisque le taux le plus élevé n'atteint pas 28.2g/l.

Dans une étude antérieure, LAHRECH(2001), rapporte des taux de matière grasse de 43.1% et 44.6% respectivement pour la race Makatia et Arbia et qui sont supérieurs à ceux obtenus pour ces deux races lors de notre étude.

Cette différence des taux entre races et espèces reflète une forte variabilité des taux de matière grasse du lait caprin.

### 3.1.5. Matière protéique.

Pour la production fromagère, c'est le taux de caséines qui intéresse généralement les producteurs. En effet c'est la coagulation totale ou partielle de cette fraction protéique qui influe sur le rendement fromager. Cette caséine forme au cours du processus de fabrication forme de petits conglomerats avec le calcium et le phosphore, appelés submicelles, qui vont ensuite se lier entre elles et former ainsi le caillé du lait.

Les valeurs moyennes des protéines totales pour chaque échantillon de lait de chaque race passent 39.5g/l pour la race M'Zab à 34.15g/l pour la race Makatia. Les laits des races Kabyle et Arbia occupent des rangs intermédiaires avec respectivement 37.60g/l, 35.4g/l.

Nos résultats laissent entrevoir une nette supériorité des taux protéiques enregistrés par nos races par rapport aux taux apportés par LAHRECH(2001) (avec 24.8% et 34.4% pour les races Arbia et Makatia) et par (MOUALEK, 2009) (26.1g/l à

27.8g/l). Cet écart peut être dû à la différence des conditions d'élevage et la saison de collecte ainsi qu'à l'effet racial.

BRUGERE (2003), rapporte que Le lait de chèvre contient en moyenne 30,8 g/kg de protéines totales alors que le lait de vache en contient 32 g/kg.

Certains chiffres avancés par différents auteurs reflètent de fortes concentrations en protéines totales du lait caprin comme nous avons noté dans notre cas. Ces concentrations vont de 34.2g/l (DIAZ-CARILLO *et al.*, 1993), en passant par 34.5g/l (DECANDIA *et al.*, 2007), et 37g/l (BERGER *et al.*, 2004) et culminant avec 38.4g/l (ZAHRADDEEN *et al.*, 2007).

### **3.1.6. Lactose.**

C'est le sucre caractéristique du lait, il est synthétisé dans la mamelle à partir du glucose. Il provient essentiellement de la néoglucogenèse (85% d'origine hépatique, 15% rénale) et reste le substrat essentiel de la fermentation du lait. Les valeurs moyennes obtenues varient selon les races et sont de : 42.97g/l, 46.6g/l, 48.7g/l et 52.13g/l respectivement pour les races M'Zab, Kabyle, Makatia et Arbia.

Ces taux de lactose enregistrés sont comparables à ceux donnés par (HENNANE, 2012) qui rapporte les concentrations du lactose de 44 à 47 g/l. Selon ce même auteur, ce taux ne varie pas excessivement durant la période de lactation.

Nous remarquons en plus que la race Arbia a donnée le taux le plus élevé par rapport aux autres races, et que cette valeur atteint celle du lait de vache qui titre 48 g/l (MORRISSEY, 1995);

### **3.1.7. Taux de cendres.**

Il nous renseigne sur la teneur en substances minérales du lait. Le lait apporte de nombreux minéraux. Les plus importants sont: Le calcium, le potassium, le chlore, le phosphore, le sodium et le magnésium. Ils sont pour une partie à l'état dissous et pour une autre à l'état colloïdal associés aux caséines au sein des micelles (MAHAUT *et al.*, 2000) .

Les teneurs en cendres des échantillons analysés sont de l'ordre de : 8.13g/l pour la race Makatia, 8.03g/l pour la race Arbia, 8.00 g/l pour la race M'Zab et 7.33g/l pour la race Kabyle.

Nos taux se rapprochent de la moyenne donnée par KERN (1954), qui rapporte que la fraction minérale du lait caprin ne représente qu'une faible portion de celui-ci, en moyenne 8% de la matière sèche contre 7% pour le lait de vache.

### **3.2. Caractérisation de l'extrait des fleurs de *Cynara cardunculus*.**

#### **3.2.1 Rendement d'extraction**

L'évaluation du rendement de l'extraction dans son aspect quantitatif et qualitatif est une étape très intéressante. Elle justifie le choix de la méthode d'extraction pour déterminer le coût, ainsi que l'efficacité du mode opératoire mis en œuvre. La méthode d'extraction de TSOULI (1974), appliquée sur la poudre des fleurs de *Cynara cardunculus*, nous a permis d'obtenir un rendement d'extraction de 29.08%.

Ce taux est nettement supérieur à celui trouvé par BOUDJENAH (2012), qui a obtenu un rendement d'extraction égal à 22% pour un extrait d'origine animale (caillette de dromadaire). Cet aspect uniquement quantitatif ne renseigne pas sur l'efficacité effective des agents coagulants extraits.

#### **3.2.2 Activité coagulante.**

L'extrait liquide des fleurs de cardon obtenu se caractérise par une couleur brunâtre et un pH égal à 5. Son activité coagulante brute est de 0.40 UP pour un temps de floculation de 4min et 16 sec (256 sec).

En terme de force coagulante, l'extrait des fleurs de cardon se caractérise par une force coagulante de 89.03, valeur supérieure à celle du proventricule de poulet qui de l'ordre de 60.71 (HAMIDI, 2015)

Dans la pratique, le temps de floculation est une partie du temps de coagulation total. Ce dernier désigne le temps qui s'écoule depuis l'addition d'enzyme coagulant jusqu'au moment de tranchage du coagulum formé. La durée du temps de floculation influence celle de la coagulation qui influence, à son tour, la durée totale du processus de transformation du lait.

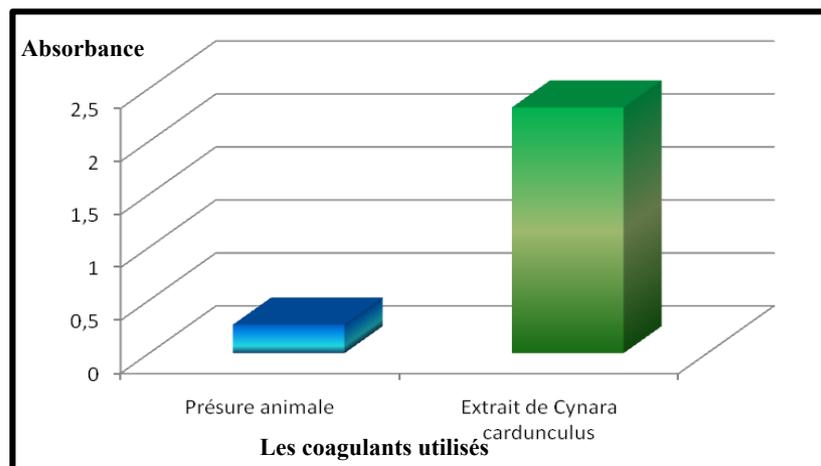
MOUZALI (2001), rajoute à ce propos que l'activité coagulante de l'extrait de *Cynara cardunculus* diffère selon les procédés d'extraction qui peuvent influencer sur la concentration protéique et la nature des protéines. Les protéines extraites comportent en plus de celles recherchées des protéines coagulantes d'autres types de protéines.

Certains procédés utilisés (extraction alcoolique ou aqueuse) permettent en plus de l'extraction un lavage des extraits obtenus ce qui en fait des extraits purs comparativement à la technique d'extraction sous azote liquide.

### 3.2.3. Activité protéolytique.

La présure est considérée comme étant l'agent de coagulation de référence fréquemment utilisé en industrie fromagère pour la fabrication surtout de fromage de pâte dure. Son utilisation comme témoin pour évaluer l'activité coagulante du *Cynara cardunculus* s'impose.

Les résultats de l'activité protéolytique du cardon est portée sur la figure 30.



**Figure 30:** Activité protéolytique de l'extrait enzymatique *Cynara Cardunculus* comparée à celle de la présure.

Plusieurs enzymes protéolytiques, qu'elles soient animales, végétales ou microbiennes, sont capables d'hydrolyser la caséine, provoquant ainsi la coagulation du lait. Toutefois cette condition est insuffisante pour une utilisation large de ces coagulases en industrie fromagère. Elles sont généralement associées avec de la présure.

En pratique, les coagulasses doivent présenter une activité limitée de protéolyse mais capable d'agir sur toutes les protéines du lait pendant l'affinage. En effet si celle-ci est excessive, elle entraîne une baisse du rendement fromager suite à une forte attaque des caséines avec libération de peptides à bas poids moléculaire solubles dans le sérum. Les conséquences qui en découlent un ralentissement de l'égouttage, l'apparition de goût amer.

RAMET (1997), note à ce propos qu'en industrie fromagère, on recherche toujours à ce que les enzymes coagulantes utilisées aient une activité coagulante élevée associée à une activité protéolytique faible

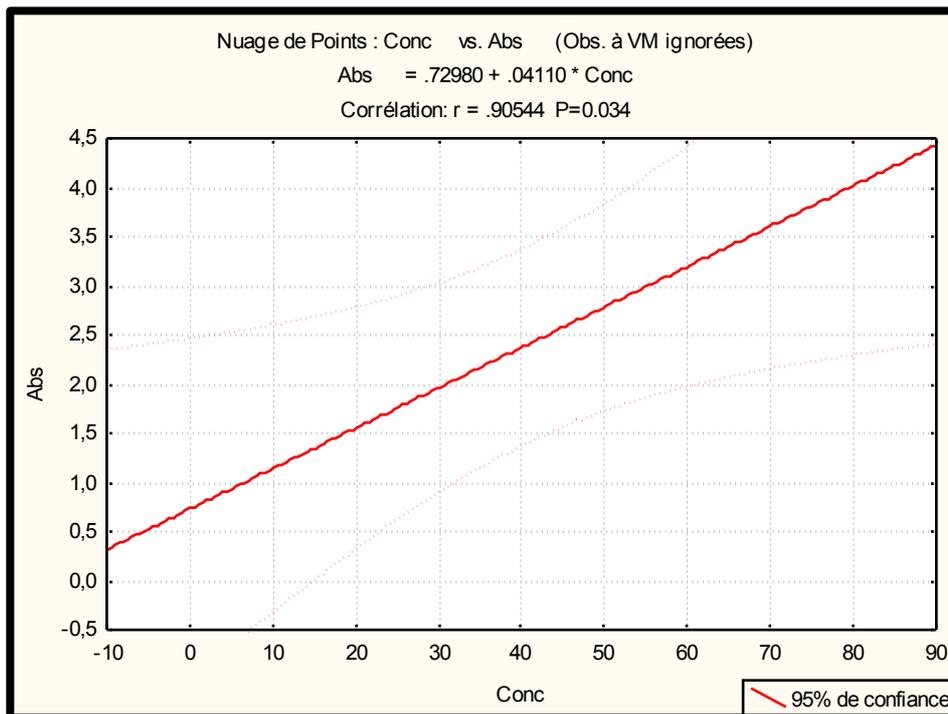
L'étude de l'activité protéolytique de l'extrait brut de la fleur de cardon comparée à celui de la présure animale comme indiqué sur la figure 30 fait ressortir, que l'extrait de fleurs de *Cynara cardunculus* est doté d'une activité protéolytique plus intéressante que celle de présure animale. Cette supériorité peut être expliquée par la nature des protéases présentes dans l'extrait en sont à l'origine.

Dans une étude antérieure, CORDEIRO *et al.* (1992), sur l'activité coagulante et protéolytique des cynarases purifiées par rapport à la chymosine ont noté une activité protéolytique excessive avec l'extrait brut coagulant du *Cynara* plus particulièrement avec la cynarase 3.

Cette activité protéolytique excessive de l'extrait coagulant selon ces mêmes auteurs, est due principalement à l'activité non spécifique des cynarases sur les autres caséines du lait ( $\alpha$ S,  $\beta$ ,  $\sigma$  caséines), malgré sa spécificité d'hydrolyse envers la caséine K. l'obtention d'une faible activité protéolytique avec la chymosine est probablement due au fait que cette enzyme montre une grande spécificité d'action envers la liaison peptidique de la caséine K (Phe<sub>105</sub>-MET<sub>106</sub>). Ces conclusions vont dans le même que celles rapportées par BARBOSA (1983), qui rapporte une forte activité protéolytique pour les protéases microbiennes et comparativement aux protéases d'origine animale.

#### **3.2.4. Teneur en protéines de l'extrait enzymatique.**

La teneur en protéine est déterminée grâce à une courbe d'étalonnage en utilisant l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéine étalon. La figure (31) représente la courbe d'étalonnage des protéines par la méthode de LOWRY *et al.* (1951).



**Figure 31:** Courbe d'étalonnage pour dosage des protéines par la méthode de LOWRY *et al.* (1951).

L'albumine sérique bovine (BSA) est utilisée comme protéine étalon.

Avec : Abs : absorbance, Conc : concentration.

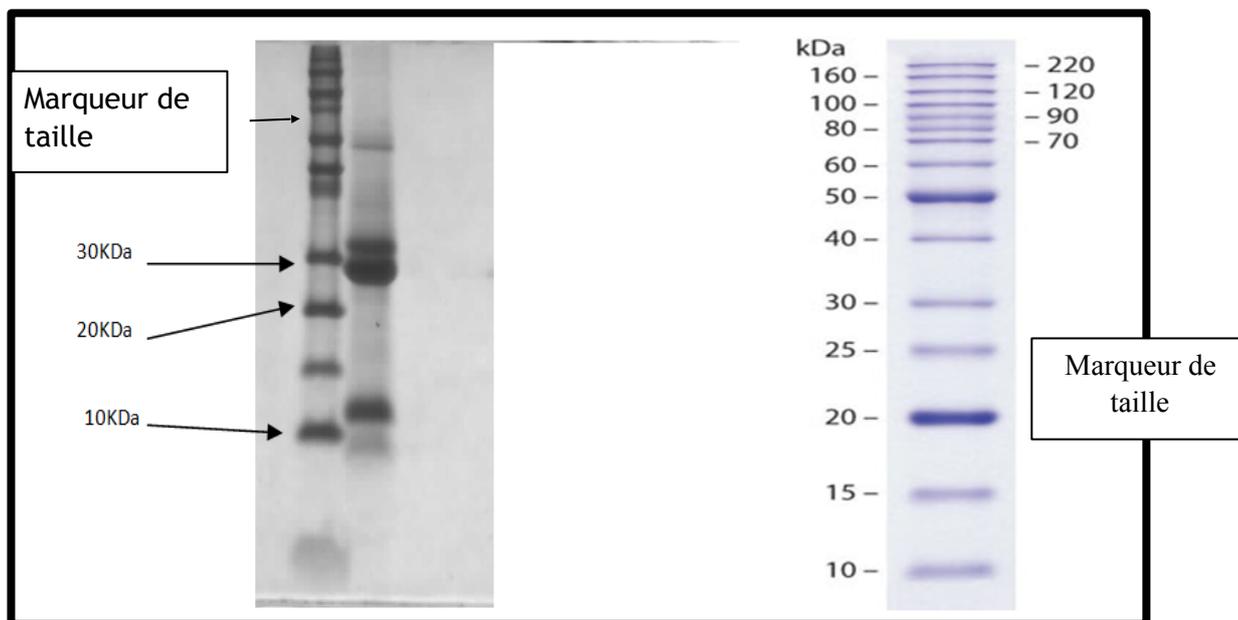
Cette figure fait ressortir un coefficient de corrélation ( $r = 0.90544$ ) avec une équation Absorbance =  $0.72980 + 0.4110 \cdot \text{con}$  qui nous permis de calculer la concentration en protéines de notre extrait enzymatique et qui est de l'ordre de 5.53 mg/ml.

Cette concentration est très inférieure à celle notée par ZIKIOU (2013), et qui est de l'ordre de 26 mg/ml. Ce dernier auteur a utilisé l'acétate de sodium (0.1M à pH=5) avec un broyage et macération pendant 24h à l'obscurité. Le mode d'extraction, l'aspect végétal le type de technique analytique sont des facteurs qui peuvent influencer sur ces teneurs protéiques.

### 3.2.5. Profil électrophorétique.

Dans le but de visualiser et d'identifier les bandes protéiques de l'extrait des fleurs du *Cynara cardunculus*, l'électrophorèse SDS-PAGE a été effectuée. Le profil électrophorétique de l'extrait est présenté dans la figure 32.

La détermination expérimentale du poids moléculaire des protéines de l'extrait se fait en comparant leur mobilité électrophorétique avec celle de protéines de poids moléculaires molaires connus ayant migrées en parallèle. Dans notre cas on a utilisé un marqueur Invitrogen (Norvex Sharp).



**Figure 32** : Profil électrophorétique sur SDS-PAGE de l'extrait enzymatique de *Cynara cardunculus* comparé à celui des marqueurs de taille.

Dans le profil de l'extrait végétal, on remarque la présence de 04 bandes, deux sont très intenses et caractérisées par des poids moléculaires d'environ 13KDa et 29KDa. Ces deux bandes peuvent correspondre aux poids moléculaires des deux peptides composant la cardosine A. En effet VERISSIMO et al. (1996), rapportent que la cardosine A comporte deux sous unités ayant une masse moléculaire autour de 15 à 31 KDa.

Les deux bandes restantes sont moins intenses et présentent un poids moléculaire de 32KDa et 09KDa, elles s'apparentent aux peptides de la cardosine B. Nos résultats corroborent ceux rapportés par SILVA et MALCATA (1999), qui accordent les poids des deux peptides de la cardosine B à 14 et 34 KDa. Une cinquième bande qui avait un poids de 80 KDa a été observée sur le profil électrophorétique

Le profil électrophorétique de l'extrait enzymatique *Cynara cardunculus* réalisé montre que les enzymes présentes majoritairement dans l'extrait sont : la cardosine A

qui comporte deux sous unités ayant une masse moléculaire autour de 13KDa et 29KDa et la cardosine B qui se compose de deux peptides avec des poids de 32KDa et 09KDa.

### 3.2.6. Purification de l'extrait enzymatique.

La purification des extraits, réalisée par chromatographie sur DEAE-cellulose a permis d'éluer des fractions de 02ml chacune.

#### 3.2.6.1. La spectrophotométrie

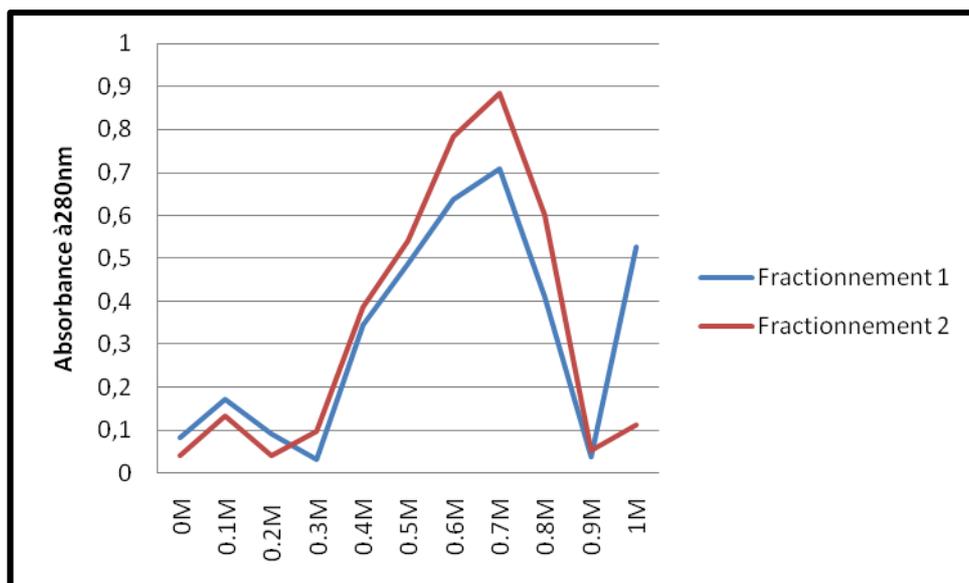
Pour détecter les fractions les plus actives, nous avons mesuré par spectrophotométrie UV à 280nm leurs absorbances correspondantes. Les résultats obtenus sont présentés sur le (Tableau 23).

**Tableau 23:** Absorbances des différentes fractions éluées.

[NaCl] en mol	0M Abs	0.1M Abs	0.2M Abs	0.3M Abs	0.4M Abs	0.5M Abs	0.6M Abs	0.7M Abs	0.8M Abs	0.9M Abs	1M Abs
<b>Fraction 1</b>	0,084	0,173	0,093	0,033	0,345	0,486	0,637	0,707	0,411	0,039	0,526
<b>Fraction 2</b>	0,042	0,134	0,043	0,099	0,388	0,543	0,784	0,885	0,601	0,053	0,114

Les valeurs représentées sur le tableau 18, montrent que les valeurs d'absorbance les plus importantes sont obtenues pour les fractions éluées à des concentrations molaires comprises entre 0.4M et 0.8M.

Les deux essais effectués présentent les mêmes tendances. Ils indiquent un même intervalle de coagulation (figure 33)



**Figure 33:** Courbes représentant les différentes valeurs d'absorbance des essais.

### 3.2.6.2. Estimation du temps de floculation des fractions obtenues par chromatographie sur DEAE cellulose.

Selon la méthode décrite par de BERRIDGE (1945) et modifiée par COLLIN et *al.*, (1977), nous avons pu estimer le temps de coagulation du lait des chèvres (Makatia et Arbia) par les fractions purifiées et ensuite les comparer avec ceux obtenus sur un lait coagulé avec l'extrait brut. Un lait additionné d'une solution de NaCl à 0.1M et un lait chauffé à 30°C sans agent coagulant. Les résultats obtenus sont indiqués le tableau 24.

L'activité coagulante la plus intéressante est celle retrouvée dans la fraction éluée à 0.5M. La fraction éluée à 0.6M se classe en deuxième position suivie par celle obtenue avec 0.4M.

Le temps de floculation le plus important se retrouve lors de l'usage de l'extrait brut. Le temps de 90s en moyenne obtenu pour les laits des deux races étudiées est très largement inférieur à celui obtenu sur des laits coagulés avec la meilleure fraction éluée soit 323s.

Les valeurs obtenues montrent aussi que le lait de race Makatia s'adapte mieux à la coagulation que celui de la race Arbia. Cette tendance s'est confirmée ultérieurement par l'obtention d'un bon rendement fromager.

**Tableau 24:** Temps de floculation des laits coagulés avec les fractions purifiées et ceux des témoins avec ou sans agent coagulant(en sec):

Les préparations	0.1M	0.2M	0.3M	0.4M	0.5M	0.6M	0.7M	0.8M	0.9M	1M	Témoins		
											Lait + EB	Lait +Na Cl	Lait chauffé à 30° C
Temps de floculation de lait de chèvre Arbia (sec)	NC*	NC*	NC*	1517	369	387	NC*	NC*	NC*	NC*	92	NC*	NC*
	NC*	NC*	NC*	1280	445	600	NC*	NC*	NC*	NC*			
Temps de floculation de lait de chèvre Makatia (sec)	NC*	NC*	NC*	1285	323	384	NC*	NC*	NC*	NC*	88	NC*	NC*
	NC*	NC*	NC*	1084	352	660	NC*	NC*	NC*	NC*			

NC\* : non coagulé.

CHRISTEN et VIRASORO (1935), travaillant sur un lait de vache ont montré une activité coagulante de lait de vache pour des fractions éluées à 0.1M et avec de temps de coagulation est 7'47".

Sur des purifications similaires d'extraits de caillettes bovines, BENGANA (2001) a obtenu des fractions actives à des teneurs en NaCl correspondants à 0.3M pour la chymosine et à 0.5M pour la pepsine. En utilisant un tampon pipérazine, FOX et *al.*, (1975) avaient préalablement élués la chyomsine à 0,2M en NaCl et la pepsine en augmentant la teneur en chlorure de sodium dans le tampon à 0,4M. La déférence entre ces données et nos résultats réside dans le fait que l'origine est un facteur très important qui influe sur les activités coagulantes.

D'après tous ces tests effectués, nous pouvons conclure que la fraction de dilution 0.5M obtenue c'est la fraction active qui contient l'enzyme coagulante. La méthode d'extraction employée a contribué à purifier d'avantage notre extrait coagulant par le phénomène de relargage « salting out » ce qui confirme nos résultats .Le

relargage est du essentiellement à la compétition entre les ions salins ajoutés et les autres solutés dissous pour la solvataion des molécules. Il s'ensuit que les interactions soluté-soluté sont plus fortes que les interactions soluté -solvant, d'où la précipitation du soluté.

### 3.3. Qualité microbiologique du lait et du fromage caprin.

Les principaux résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le lait et fromage caprin sont portés sur le tableau 25 :

**Tableau 25** : Résultats des analyses microbiologiques des laits et des fromages caprins.

<b>Germes</b>  <b>Echantillons</b>	<b>Lait cru germe /ml</b>	<b>Fromage germe/ ml</b>	<b>Limites microbiologiques (JORA, 1998).</b>
<b>Flore aérobie mésophile totale (FAMT)</b>	2,1.10 <sup>4</sup> ±0.35.10 <sup>4</sup>	2,31.10 <sup>4</sup> ±0.22.10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup> pour le lait cru
<b>Coliformes totaux</b>	Absence	< à 10	10 pour le fromage frais
<b>Coliformes fécaux</b>	Absence	Absence	10 <sup>3</sup> pour le lait cru Absence pour le fromage frais
<b>Streptocoques fécaux</b>	Absence	Absence	Absence
<b>Clostridium sulfito- réducteurs.</b>	Absence	Absence	50 pour le lait cru
<b>Staphylococcus aureus</b>	Absence	Absence	Absence pour le lait cru et 10 pour le fromage frais
<b>Salmonella</b>	Absence	Absence	Absence

#### 3.3.1. Qualité microbiologique générale.

Le lait comporte un nombre de microorganismes (qui ne dépasse pas 10<sup>3</sup> germes / ml) lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (CUQ, 2007). Il s'agit essentiellement de la flore endogène constituée principalement de germes saprophytes des pis et des canaux galactophores.

Le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale ne reflète que la qualité microbiologique générale d'un produit naturel (GUIRAUD, 1998). Cette flore

dénombrée est de  $2,10 \pm 0,35 \cdot 10^4$  germes /ml pour nos échantillons de laits, ce qui est inférieur aux taux publiés par les normes Algériennes.

Pour FARRIS (2009), un lait de chèvre de très bonne qualité microbiologique contient moins de  $10^5$  germes/ml qui correspondent à un taux très largement supérieur à celui retrouvé dans notre cas.

Pour les fromages caprins analysés nous avons enregistré une moyenne  $2,31 \pm 0,22 \cdot 10^4$  germes/ml. Il faut noter cependant que les FAMT ne font pas partie des critères interprofessionnels de la qualité du fromage frais et que le législateur algérien ne définit pas de seuil limite pour apprécier la qualité de ce produit.

### **3.3.2. Qualité hygiénique**

Un certain nombre de tests indicateurs de l'hygiène générale des aliments ont été énoncés par JOFFIN C et JOFFIN JN (1999), il s'agit du dénombrement de la flore indicatrice d'une mauvaise qualité générale et d'un non respect des "bonnes pratiques". Ces tests regroupent en particulier le dénombrement de bactéries indicatrices de contaminations fécales :

#### **3.5.2.1. La flore coliforme.**

Un bon indice de contamination fécale est celui qui est mis en évidence par le dénombrement des coliformes. L'analyse de lait ne révèle aucune présence de bactéries coliformes totaux et fécaux. L'amélioration des conditions environnantes de coagulation (stérilisation par une lampe UV) a contribué à réduire le nombre de coliformes totaux jusqu'à un taux inférieur aux normes Algériennes. Ceci va nous permettre de classer le lait et le fromage obtenu dans la gamme des produits de qualité hygiénique normale ou acceptable.

Selon LARPENT (1990), la présence des coliformes totaux n'est pas obligatoirement une indication directe de contamination fécale. Certains coliformes sont, en effet, présents dans les résidus humides rencontrés au niveau de l'équipement laitier.

MAGNUSSON *et al.*, (2007), rapportent que si les litières sont fortement souillées elles contiennent plus de coliformes et la prévalence de mammites, dans ce cas, augmente. D'autres sources de contaminations sont également à considérer telles que

les mauvaises conditions de transport et le manque d'hygiène pendant la traite, ce qui n'était pas notre cas.

### **3.3.2.2. Streptocoques fécaux:**

Leur présence n'indique pas toujours une contamination fécale, car se sont des germes qu'on trouve fréquemment dans les produits « manipulés » ou transformés tel que le lait. Leur absence dans le lait et le fromage étudié est un bon indice d'hygiène.

Nos résultats s'avèrent satisfaisantes due à l'absence de ces germes dans nos échantillons.

### **3.3.2.3. Clostridium sulfito-réducteurs.**

Le *Clostridium sulfito-réducteur* est responsable des gastro-entérites diverses. Il se retrouve dans le sol, les eaux et dans l'intestin de l'homme et des animaux.

Les clostridiiums sont des bacilles sporulés capables de survivre dans un environnement très hostile. Ils peuvent contaminer n'importe quel type d'aliment ou matériel si les conditions d'hygiène et de stérilisation ne sont pas respectées (LIBRES, 2002).

Plusieurs espèces sont pathogènes surtout le *Clostridium tetani* et *Clostridium botulinum* et le *Clostridium perfringens*. Le plus redouté en fromage est le *Clostridium tyrobutyricum*.

Lorsqu'ils sont présents seuls, ils n'indiquent pas une contamination fécale mais associés à *E. coli* et aux streptocoques fécaux ils deviennent de bons indicateurs GUIRAUD (1998). Les normes algériennes fixent un nombre de 50 pour le lait et 200 germes pour le fromage. L'absence de ce type de germes dans notre cas est critère de bonne qualité hygiénique.

La présence de certains germes en plus de ceux déjà cités comme par exemple *Salmonella aureus* et *Salmonella typhi* et *paratyphi* sont des indicateurs directs de la santé animale.

Le staphylocoque doré ou *Staphylococcus aureus*, d'après DODD et BOOTH (2000), est considéré comme une bactérie pathogène majeure, causant des infections mammaires ; ces dernières s'accompagnent d'une augmentation de la perméabilité entre le compartiment sanguin et le lait qui a pour conséquence des modifications dans la composition du lait.

L'absence de *Staphylococcus aureus* dans les échantillons de lait caprin analysés nous conduit à dire que le lait étudié a présenté une bonne qualité sanitaire. C'était un lait recueilli dans de très bonnes conditions d'hygiène de traite et provenant de chèvres en bonne santé (absence de mammites) parce que la principale source de contamination est, en premier lieu la mamelle. Les infections mammaires à staphylocoques sont à l'origine de la contamination du lait ; d'autres sources de contaminations sont également à considérer. La machine à traire est un exemple à citer (THIEULON, 2005).

FLORAND (1988), rajoute à ce propos que d'autres germes pathogènes (proteus, klebsiella, pseudomonas) peuvent être présents originellement dans le lait suite à la traite d'un animal atteint d'une mammite.

L'analyse des laits étudiés n'a révélée aucune présence de *Staphylococcus aureus* dans le lait caprin analysé ce qui nous conduit à dire que le lait est de bonne qualité sanitaire. Pour les fromages, la présence de troubles dans les tubes d'analyse, nous a poussés à réaliser un test de confirmation par ensemencement sur la gélose Chapman. Les résultats obtenus n'ont révélés aucune présence de *Staphylococcus aureus*.

Ces résultats laissent entrevoir une bonne conduite d'hygiène au cours des différentes manipulations du lait ainsi qu'une bonne santé des animaux mis en expérience.

Concernant le genre *Salmonella*, sa principale source de contamination serait l'excrétion fécale de salmonelles, sa dissémination dans l'environnement, puis la contamination des mamelles et du matériel de traite (GUY, 2006).

La recherche de ce groupe microbien pathogène dans le lait et le fromage s'est révélée négative ce qui nous conduit à dire que les produits analysés présentent une bonne qualité sanitaire.

L'extrait enzymatique de cardon *Cynara cardunculus* utilisé comme coagulant n'a pas influé sur la qualité sanitaire du produit. Cette plante médicinale notamment par l'huile de ses graines qui, comme le chardon-Marie (*Silybum marianum*), contient de la silymarine qui est hépatoprotectrice et détoxifiante. LAHSISSENE et al., (2009) rajoutent à ce propos que la consommation des côtes, crues ou cuites de cette plante, est considérée comme excellente pour le foie.

HMAMOUCI (1999), note aussi que le cardon est utilisé comme cholagogue, cholérétique et diurétique. MOUZALI (2001), indique aussi d'après son étude microbiologique sur *Cynara cardunculus*, que cette qualité est fortement dépendante du mode de récupération de la matière première utilisée, de l'hygiène tout au long de l'expérience (transformation fromagère) et du type d'extraction mis en jeu.

### 3.4. Pratique fromagère et évaluation de son efficacité.

L'utilisation des deux types de coagulants : l'extrait végétal à base de *Cynara cardunculus* et la présure animale avec des laits partiellement écrémés provenant de quatre races caprines, nous a permis d'obtenir des poids des fromages différents. La coagulation de chaque lait, a abouti à la formation de deux phases, une solide (coagulum) et liquide (lactosérum). Après séparation et égouttage, le poids des fromages a été noté.

Les premiers résultats ont montré que la cinétique de coagulation effectuée par l'extrait végétal est beaucoup plus lente que celle faite à base de présure. Les poids les plus importants sont retrouvés chez la race Makatia, suivie de la Kabyle et de l'Arbia. La race M'Zab est classée la dernière.

SOUSA et MALCATA (1997), BARBOSA et *al.* (1976), confirment nos résultats en rapportant que le caillage est plus long qu'en présure animale. Les caillés obtenus sont moins fermes, plus acides que ceux obtenus avec de la chymosine.

Les poids des fromages les plus élevés sont obtenus avec les laits de la race Makatia soit: 13.06g pour la présure et 11.41g pour le *Cynara cardunculus* (figure 34).

Notons que les races caprines algériennes ont des berceaux différents ou les deux races Arbia et Makatia se localisent dans la région steppique tandis que la race Kabyle, elle se trouve au niveau des montages kabyles dans le nord et pour la race M'Zab, elle peuple les oasis du Sahara algérien et en s'appuyant sur la composition physicochimique des laits utilisés pour la coagulation du lait de chèvre, nous avons pu calculer les rendements théoriques pour chaque race avec les deux types coagulants.

Le calcul des coefficients fromagers (rendement théorique / rendement réel) entre les races révèle que: la race Makatia a donnée les meilleurs coefficients pour la présure animale et l'extrait végétal avec respectivement 0.84 et 0.73. La même tendance

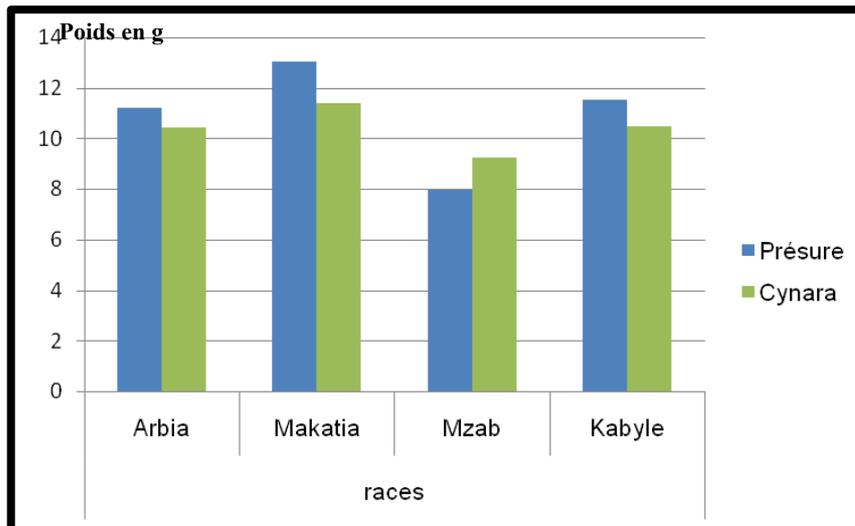
a été enregistrée chez la race Arbia avec des coefficients respectifs de 0.72, et 0.67 pour la présure animale et l'extrait végétal. Cela nous permet de dire que le lait de la race Makatia est plus adapté à la coagulation par l'extrait de *Cynara Cardunculus* ainsi qu'avec la présure animale et ceci comparativement aux autres races.

En général, les coefficients obtenus sont intéressants sur le plan technologique et nécessitent une optimisation par apport à certaines améliorations dans des laits utilisés dans le fromage : tel que l'ajout du sel et l'ajustement de la température adéquate pour la coagulation.

Nos résultats se rapprochent à ceux de BARBOSA et *al.* (1976), qui enregistrent un fromage avec un poids de 11.86g avec l'extrait de *Cynara cardunculus* et 14.26g pour la présure animale.

Des études comparatives de ces enzymes coagulantes extraites du *Cynara cardunculus* et de la présure animale ont indiqué de grandes similarités dans le mécanisme de la coagulation du lait et plusieurs variétés de fromages préparées avec ces extraits se rapprochent sur tous les aspects à ceux obtenus avec la présure animale, BARBOSA et *al.* (1976) ; VERISSIMO et *al.* (1995) ; SOUSA et MALCATA (1997), rapportent que cet extrait qui se caractérise par la présence des cardosines A et B (cardosine A a une action similaire à celle de la chymosine alors que la cardosine B agit comme une pepsine), a une action plus large et moins spécifique que celle de la chymosine. de cette action va découler une baisse des poids des fromages et suite à une solubilisation partielle des caséines et l'apparition d'un goût d'amertume prononcé en raison des peptides à bas poids formés.

SOUSA et MALACATA (2002); ROSEIRO et *al.* (2003); rapportent aussi que les poids des fromages réalisés par l'extrait des fleurs *Cynara Cardunculus* étaient relativement faibles.

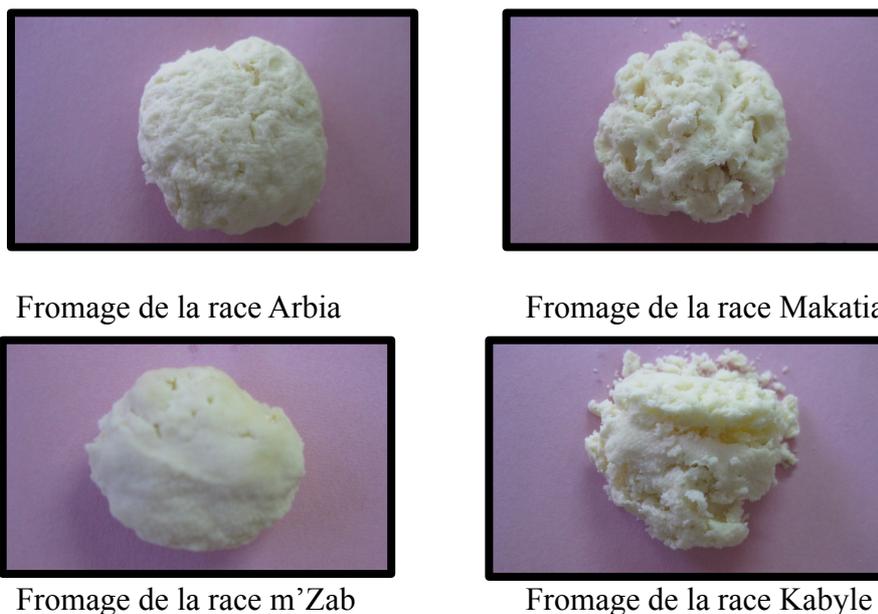


**Figure 34:** Poids des fromages obtenus par l'extrait de *Cynara cardunculus* et de la présure animale chez les quatre races caprines (g).

L'analyse de la variance, a dévoilé que les valeurs des coefficients calculés laissent apparaître une différence hautement significative témoin des affinités différentes des laits caprins employés et coagulés avec la présure animale et l'extrait de *Cynara cardunculus*. Le facteur race, l'effet coagulant ainsi que l'effet combiné race \* coagulant ont montré des effets significatifs sur les poids des fromages (Annexes 2 : tableau 2.1).

#### 3.4.1. Propriétés organoleptiques des fromages caprins obtenus.

L'utilisation de l'extrait enzymatique des fleurs de *Cynara cardunculus* a donné des fromages avec une couleur blanchâtre (figure 35). Aucun changement n'a été signalé et leur couleur est resté comparable à celle du lait mis en œuvre et aux fromages réalisés avec de la présure animale.



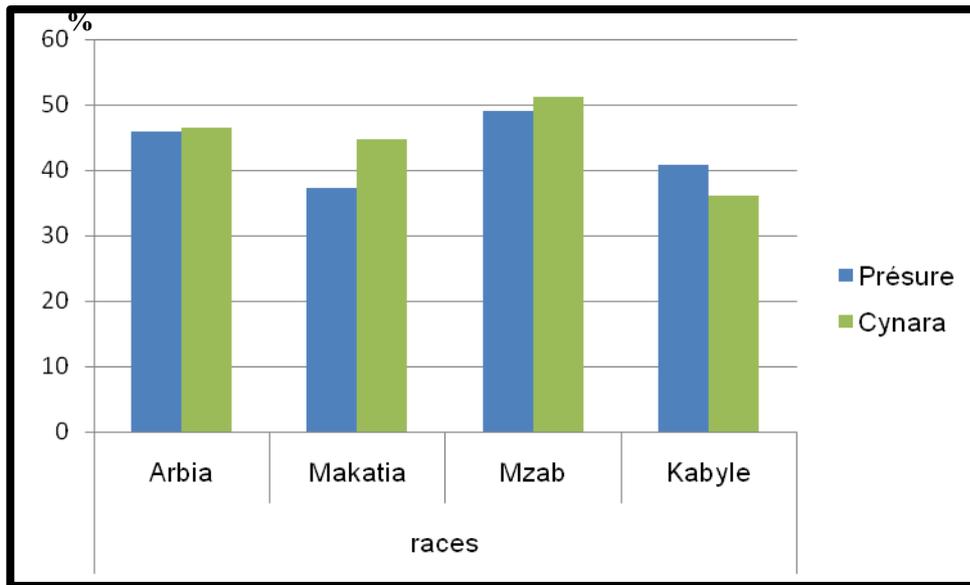
**Figure 35** : Les fromages de lait des races caprines Algériennes obtenus par coagulation avec l'extrait *Cynara cardunculus*.

Concernant la texture des coagulums obtenus, on a constaté et après un égouttage et une synérèse complète à une température de 42°C, qu'ils présentaient une texture plus au moins ferme que celle des fromages obtenus par la présure animale.

L'analyse des valeurs de ce paramètre fait ressortir que les fromages des quatre races, présentent des taux de matière sèche comparable (figure 36), la même tendance était constatée entre les types de coagulants.

Selon RAMET (1993), plus la teneur en matière sèche du lait est élevée, plus grande sera la fermeté. Tous les composants de la matière sèche ne participent pas de la même manière à la formation du coagulum. Le taux de caséine joue un rôle majeur ; plus il est important, plus les propriétés rhéologiques sont améliorées. En terme de valeur, le taux de l'extrait sec total est plus prononcé chez la race M'Zab et Arbia.

En général, les défauts les plus marqués reconnus à tous les fromages fabriqués avec l'extrait coagulant de fleur de cardon, particulièrement lors de la période d'affinage sont l'amertume, une texture défectueuse (texture molle et perte de forme).



**Figure 36 :** Extrait sec total des fromages obtenus par l'extrait de *Cynara cardunculus* et la présure animale chez les quatre races caprines (%).

### 3.5. Amélioration des aptitudes à la coagulation du lait de chèvre.

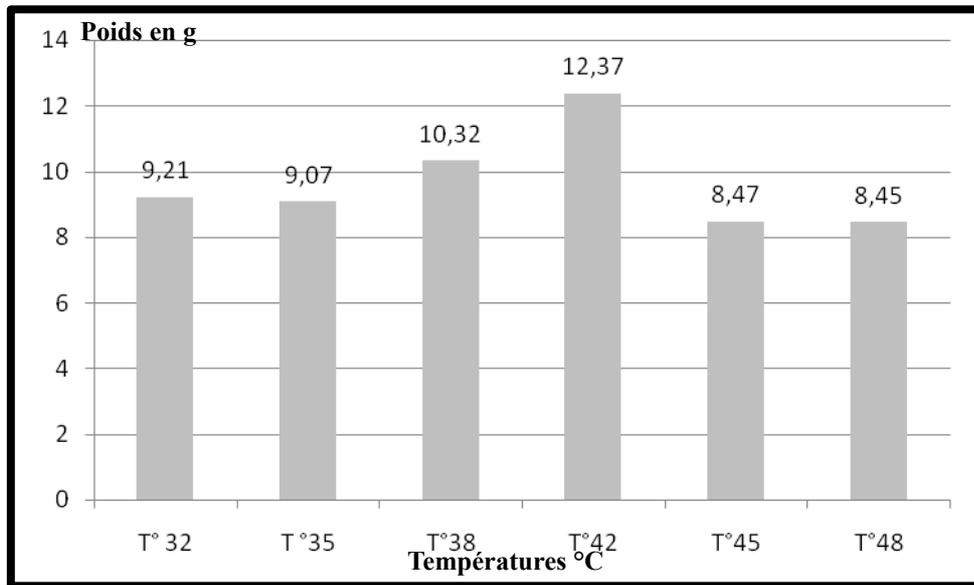
#### 3.5.1. Optimisation de la température de coagulation.

La température optimale est déterminée par la mesure de l'activité coagulante des préparations enzymatiques sur un lait maintenu à des températures allant de 32 à 48°C. Ces limites de températures correspondant aux T° optimales des différentes protéases quelques soient leur origines. Et après avoir les rendements fromagers les plus élevés, les deux races Arbia et Makatia ont été choisies, nous avons procédé ensuite à des améliorations qui ont portées sur des variations de la température, des taux de sel CaCl<sub>2</sub> ajustés et de pH.

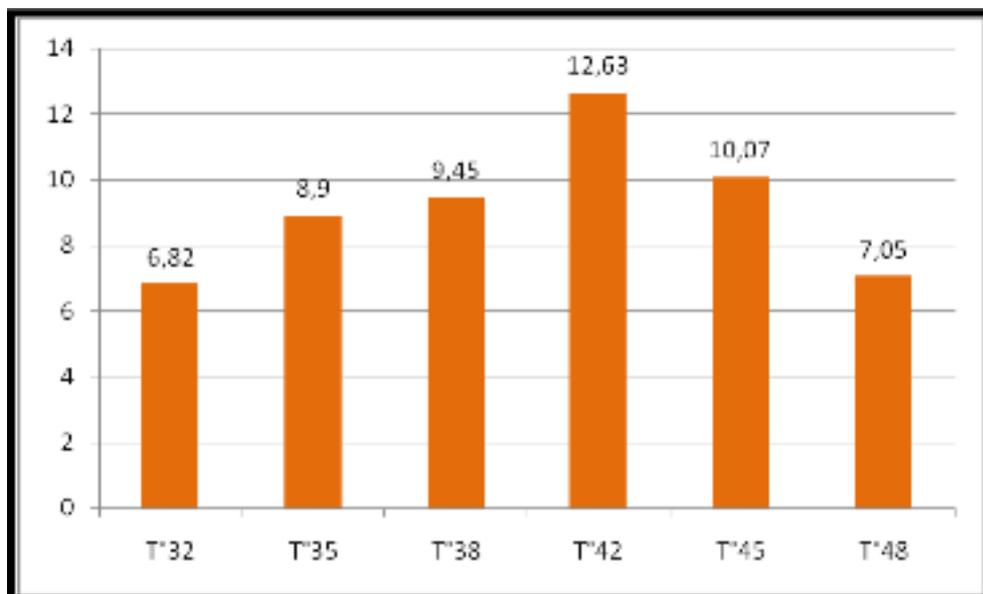
Les résultats des poids des fromagers des deux races Arbia et Makatia en fonction de variation de la température de coagulation sont portés sur les figures (37, 38) et font ressortir que l'activité de l'extrait enzymatique de *Cynara cardunculus* varie avec la température.

La température de 42°C correspond à la valeur optimale de travail pour les enzymes coagulantes quelque soit la provenance du lait. Pour la race Arbia, le poids augmente avec la hausse des températures jusqu'à atteindre le maximum à 42°C. Au-delà le poids a tendance à diminuer pour atteindre les niveaux les plus bas. Pour la race

Makatia, l'effet est similaire sauf qu'à 45°C, le poids reste toujours supérieur à ceux obtenus avec les autres de niveaux de températures appliquées.



**Figure 37** : Poids des fromages de la race Arbia en fonction de la température de la coagulation (g).



**Figure 38** : Poids des fromages de la race Makatia en fonction de la température de la coagulation (g).

L'analyse de variance montre un effet hautement significatif de la température sur les poids des fromages pour les races Arbia et Makatia. Un effet significatif des deux facteurs combinés race – température est aussi observé. Par contre aucun effet

significatif du facteur race n'est observé dans notre cas. Il paraît que les deux races parviendraient d'un même ancêtre (annexe 3: tableau 3.1).

Nos résultats corroborent ceux rapportés par plusieurs auteurs, et qui précisent que les protéases d'origine végétales sont très thermostables, et qu'elles ont généralement une température optimum d'activité beaucoup plus élevée que celle des protéases d'origine animale (ROSEIRO et *al.*, 2003; SIDRACH et *al.*, 2005; CHAZZARRA et *al.*, (2007) ; CLAVERIE et HERNANDEZ, 2007).

### 3.5.2. Optimisation du pH de coagulation.

L'addition du chlorure de calcium au lait, pratique courante en fromagerie, a pour effet de réduire le temps de coagulation et accroître la fermeté de coagulum (ECK, 1997).

Dans le but de déterminer les meilleures conditions d'activités enzymatiques, nous avons examiné l'effet de l'ajout de solution de chlorure de calcium (CaCl<sub>2</sub>) à des concentrations croissantes. L'apport d'un sel de calcium provoque une nette baisse des valeurs de pH des laits mis en œuvre, cette variation est portée sur les tableaux 26, 27.

**Tableau 26** : Variation des valeurs de pH du lait Arbia en fonction de la concentration en chlorure de calcium ajouté.

<b>CaCl<sub>2</sub> ajouté au lait (g/l)</b>	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
<b>pH à l'emprésurage</b>	6,29	6,11	6,00	6,02	5,81	5,66
<b>Fromages obtenus</b>	FRA1	FRA2	FRA3	FRA4	FRA5	FRA6

**Tableau 27** : Variation des valeurs de pH du lait Makatia en fonction de la concentration en chlorure de calcium ajouté

<b>CaCl<sub>2</sub> ajouté au lait (g/l)</b>	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
<b>pH à l'emprésurage</b>	6.17	6.12	6.00	5.91	5.86	5.82
<b>Fromages obtenus</b>	FRM1	FRM2	FRM3	FRM4	FRM5	FRM6

Les figures 39 et 40, montrent l'influence de la concentration en CaCl<sub>2</sub> sur l'activité coagulante de l'extrait des fleurs de cardon.

D'après ces résultats, nous constatons que dans l'intervalle de concentration du lait en  $\text{CaCl}_2$  utilisé en fromagerie (0,3 à 0,4g/l), l'activité coagulante augmente en fonction de la concentration en  $\text{CaCl}_2$  avec un maximum à 0,3g/l pour les deux races.

L'addition du sel avec des concentrations croissantes a contribué à une baisse de pH et ainsi à améliorer le poids des fromages qui est passé de 11,29 à 14,41g chez la race Arbia et de 9,01g à 12,4g pour la race Makatia.

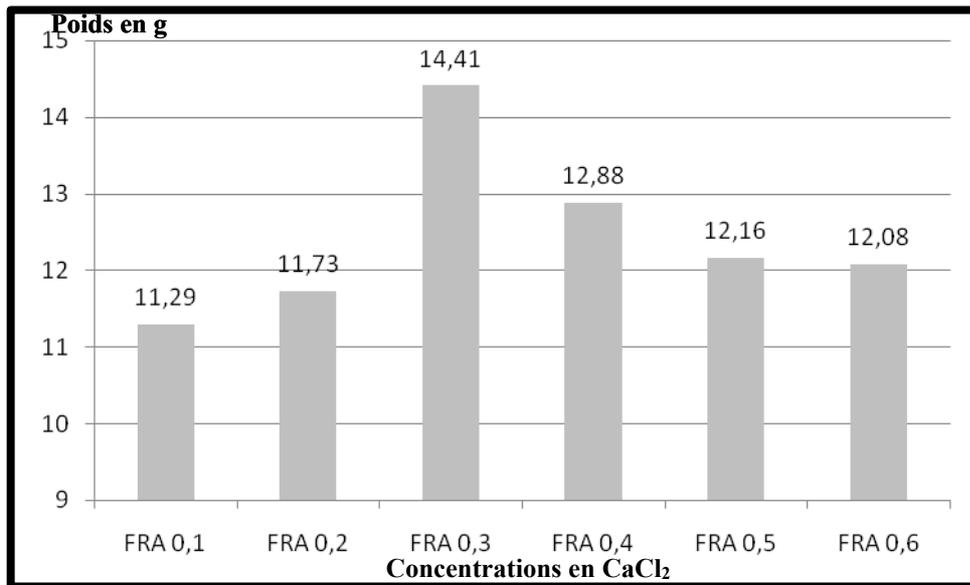


Figure 39 : Poids des fromages de la race Arbia après l'ajout des concentrations croissantes de  $\text{CaCl}_2$  (g).

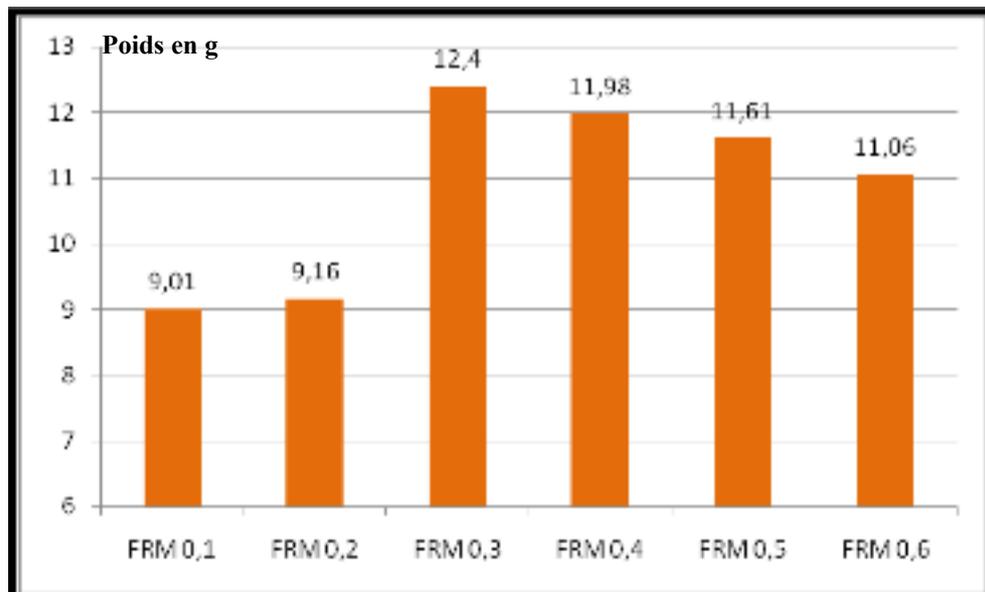


Figure 40 : Poids des fromages de la race Makatia après l'ajout des concentrations croissantes de  $\text{CaCl}_2$  (g).

Cet ajout du chlorure de calcium qui a provoqué une baisse du pH du lait à l'emprésurage atteint une valeur de 6.00 représentant ainsi le pH optimum de coagulation. Au delà de cette valeur de pH les poids des fromages ont tendance à régresser avec une tendance beaucoup moins marquée chez la race Makatia.

L'ajout excessif du sel  $\text{CaCl}_2$  selon RAMET (1987), provoque fréquemment un goût d'amertume dans le fromage. L'analyse de la variance montre que l'ajout du sel de calcium présente un effet très significatif sur le poids du fromage (annexe 3 : tableau 3.2).

### **3.6. Caractérisation des lactosérums caprins.**

#### **3.6.1 Aspect générale des lactosérums caprins.**

Les lactosérums caprins recueillis lors de notre travail présentaient une coloration plus au moins blanchâtre. Cette couleur serait selon CHILLIARD (1997), le résultat de l'absence de  $\beta$  carotène dans le lait de chèvre, et dont la répercussion serait visible sur les produits laitiers caprins.

#### **3.6.2 Caractéristiques physicochimiques des lactosérums caprins.**

Les résultats de l'analyse physico-chimiques des lactosérums obtenus après coagulation sont rapportés sur le tableau 30.

##### **3.6.2.1 Volume des lactosérums extraits.**

Les volumes de lactosérums obtenus après égouttage du caillé sont différents et variant avec la race (tableau 28).

Le volume du lactosérum le plus élevé 78.31 % est obtenu avec la race M'Zab qui a donné le coagulum le plus bas. Le volume le plus bas se retrouve chez la race Makatia qui adonné un poids de fromage le plus élevé. En règle générale les volumes de lactosérums dégagés sont inversement proportionnels aux valeurs des rendements fromagers quelque soit la nature de l'agent coagulant ou de son origine.

Le volume du lactosérum obtenu est en relation directe avec le type d'égouttage (spontané ou assisté). Généralement pour un égouttage assisté (pression) le volume obtenu est plus important. Il est aussi important de signaler que les volumes obtenus avec la présure sont généralement plus élevés que ceux obtenus par l'extrait végétal.

Nos résultats sont inférieurs à celui présenté par LUBIN (1998), qui rapporte que la quantité de lactosérum présente au moins 85 % du volume du lait transformé en

fromage. D'une manière générale, la différence du volume de lactosérum extrait s'explique par la variation de l'origine du lait mis en œuvre et de la technique appliquée pour provoquer la coagulation du lait.

**Tableau 28** : Caractéristiques physico-chimiques des lactosérums caprins.

Paramètres physicochimiques	Présures	Lactosérum caprin obtenu après coagulation avec l'extrait de <i>Cynara cardunculus</i> et présure			
		Arbia	Makatia	M'Zab	Kabyle
Volumes extraits (ml)	EV	77.25 ± 1.5	72.00 ± 0.70	78.31 ± 0.83	72.25 ± 0.65
	PA	76.50 ± 0.58	72.20 ± 0.68	78.55 ± 0.60	73 ± 0.91
Densités à 25°C.	EV	1,0346 ± 0.003	1.0353 ± 0.004	1.0343 ± 0.003	1.0329 ± 0.002
	PA	1.0323 ± 0.002	1.0363 ± 0.000 1	1.0373 ± 0.003	1.0305 ± 0.004
Indice de réfraction	EV	1.3412 ± 0.004	1.3441 ± 0.000 6	1.3458 ± 0.002	1.3447 ± 0.000 5
	PA	1.3441 ± 0.001	1.3437 ± 0.000 9	1.3457 ± 0.002	1.3444 ± 0.000 4
Concentration (g/l)	EV	76.00 ± 0.81	76.37 ± 0.96	80.73 ± 0.64	81.48 ± 0.93
	PA	74.00 ± 0.57	75.5 ± 0.07	79.17 ± 0.62	75.13 ± 0.85
pH	EV	6.09 ± 0.36	6.25 ± 0.004	6.18 ± 0.08	6.47 ± 0.11
	PA	6.24 ± 0.39	6.05 ± 0.01	6.19 ± 0.10	6.51 ± 0.04

PA : Présure animale ;

EV : Extrait végétal : *Cynara cardunculus*.

### 3.6.2.2 Densité des lactosérums extraits.

La densité d'un liquide est en relation directe avec sa teneur en extrait sec. Les valeurs moyennes de la densité des lactosérums (Tableau 17 et 23) sont pratiquement les mêmes pour toutes les races ce qui laisse supposer que la teneur en extrait sec sera identique pour tous les lactosérums.

La diminution de la densité est le résultat d'une précipitation accentuée des caséines lors de la coagulation qui représente une fraction importante de la matière sèche du lait.

Nos moyennes des densités des lactosérums caprins allant de 1.030 à 1.037 sont proches de ceux données par FILIPOVITCH (1954), qui rapporte des valeurs comprises entre 1,027 et 1,035.

### **3.6.2.3 Indice de réfraction des lactosérums extraits.**

Les moyennes d'indice de réfractons obtenues pour les deux types de coagulation sont comprises entre 1.3412 à 1.3458. Ces valeurs sont proches de celles présentées par (JEUNET et GRAPPIN, 1970) pour le lait de chèvre. Ces derniers ont noté des indices de réfractons variant de 1,35 à 1,46 pour le lait caprin.

La valeur de l'indice de réfraction varie avec l'origine du lait et la nature des Altérations lors du processus de coagulation et le type de coagulant utilisé. Les indices de réfraction dans notre cas restent pratiquement inchangés.

### **3.6.2.4 Concentration des lactosérums extraits.**

Le tableau 28, montre une certaine variation dans les valeurs de concentration qui caractérisent les lactosérums issus des deux types de coagulations.

Les lactosérums obtenus de la coagulation végétale présentent des taux en matière sèche plus élevés que ceux obtenus par coagulation par présure animale.

Nos valeurs sont supérieures à celles rapportées par HAMIDI (2005), qui a travaillé sur les sérums caprins et qui notent des concentrations comprises entre 73 à 76.16 g/l.

Le lactosérum de la race M'Zab a montrée une valeur élevée en extrait sec comparativement aux autres races. Son lait assez riche en Matière sèche et en protéine a donnée le meilleur extrait sec total pour les fromages obtenus. Notons enfin que la variation de la concentration du lactosérum dépend de l'origine du lait, du mode d'élevage notamment l'alimentation, ainsi que des techniques appliquées pour la coagulation sur le lait.

### **3.6.2.5 pH des lactosérums extraits.**

Les valeurs de pH des lactosérums caprins oscillent entre 6.05 et 6.51. Ces valeurs légèrement inférieures à celle du lait des quatre races caprines qui était de 6.50 à

6.58, cette acidification du lactosérum est le résultat de la protéolyse partielle du lait au cours de la coagulation. Il est vraisemblable que cette variation de pH est liée au pouvoir tampon du lait de chèvre associé à une protéolyse infinie de la composante protéique du lait.

### 3.7. Etude des propriétés émulsifiantes.

#### 3.7.1 Propriétés des émulsions obtenues.

Le tableau 29 et la figure 41, illustrent quelques caractéristiques descriptives des émulsions des quatre races caprines obtenues des deux coagulations.

**Tableau29:** Caractérisation et description des émulsions obtenues.

Emulsions		Tailles et formes de gouttelettes	Etat de dispersion
Races			
Témoin	HA/E/CS+LEC	Très petites et arrondies régulières	Très dispersé
Arbia	HA/LSC <sub>Ar</sub>	Très petites et arrondies régulières	Très dispersé
	HA/LSP <sub>Ar</sub>	Très petites et arrondies régulières	Très dispersé
Makatia	HA/LSC <sub>Mk</sub>	Très petites et arrondies régulières	Très dispersé
	HA/LSP <sub>Mk</sub>	Très petites et arrondies régulières	Très dispersé
M'Zab	HA/LSC <sub>Mz</sub>	Peu grandes arrondies	Peu dispersé
	HA/LSP <sub>Mz</sub>	Peu grandes arrondies	Peu dispersé
Kabyle	HA/LSC <sub>Ka</sub>	Peu grandes arrondies	Peu dispersé
	HA/LSP <sub>Ka</sub>	Peu grandes arrondies	Peu dispersé.

**HA/E/CS+LEC** : émulsion huile d'amande douce dans l'eau en présence de lécithine et de caséinates de sodium (émulsion référence);

**HA/LSC<sub>Ar</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Arbia issus de la coagulation par *Cynara cardunculus* ;

**HA/LSP<sub>Ar</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Arbia issus de la coagulation par présure animale ;

**HA/LSC<sub>Mk</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Makatia issus de la coagulation par *Cynara cardunculus* ;

**HA/LSP<sub>Mk</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Makatia issus de la coagulation par présure animale ;

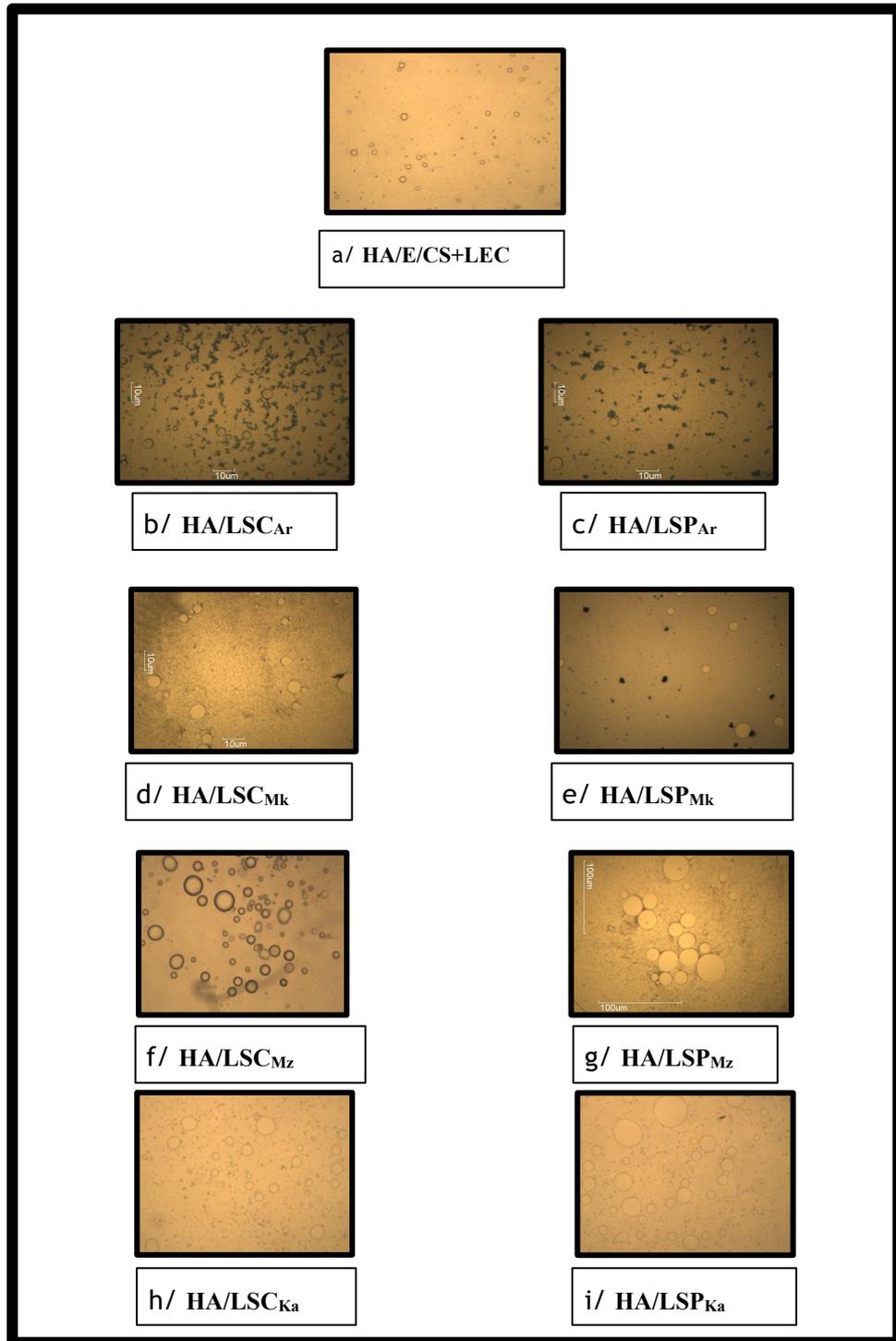
**HA/LSC<sub>Mz</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race M'Zab issus de la coagulation par *Cynara cardunculus* ;

**HA/LSP<sub>Mz</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race M'Zab issus de la coagulation par présure animale ;

**HA/LSC<sub>Ka</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Kabyle issus de la coagulation par *Cynara cardunculus* ;

**HA/LSP<sub>Ka</sub>** : émulsion huile d'amande douce dans lactosérum de la race Kabyle issus de la coagulation par présure animale ;

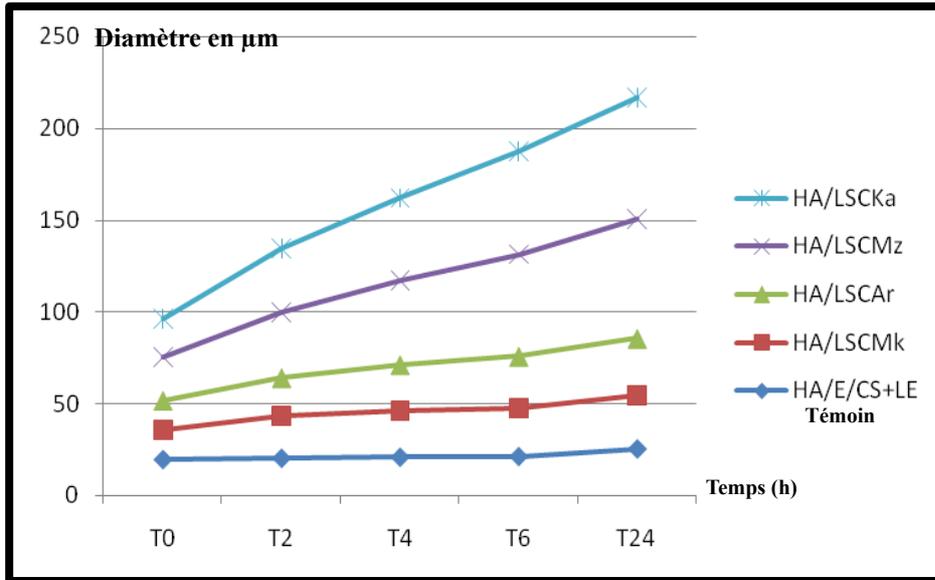
Ces résultats montrent des caractéristiques physicochimiques qui sont identiques pour les races Arbia, Makatia et différentes de celles de la race M'Zab et Kabyle qui présentent à elles seules aussi des propriétés identiques.



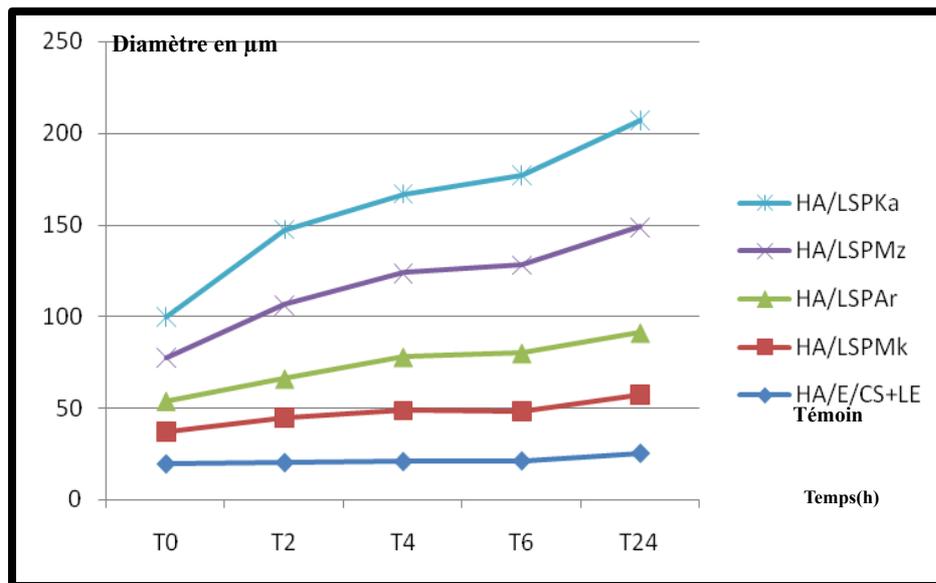
**Figure 41:** Emulsions des différentes races.

### 3.7.2 Diamètres des gouttelettes lipidiques.

Les figures 42, 43 représentent l'évolution du diamètre moyen des gouttelettes lipidiques des émulsions obtenues pour les quatre races avec les deux types de coagulants.



**Figure 42:** Diamètres moyens des gouttelettes lipidiques des différentes émulsions préparées à base de lactosérum et l'extrait *Cynara cardunculus* pour les quatre races.



**Figure 43:** Diamètres moyens des gouttelettes lipidiques des différentes émulsions préparées à base de lactosérum et présure pour les quatre races.

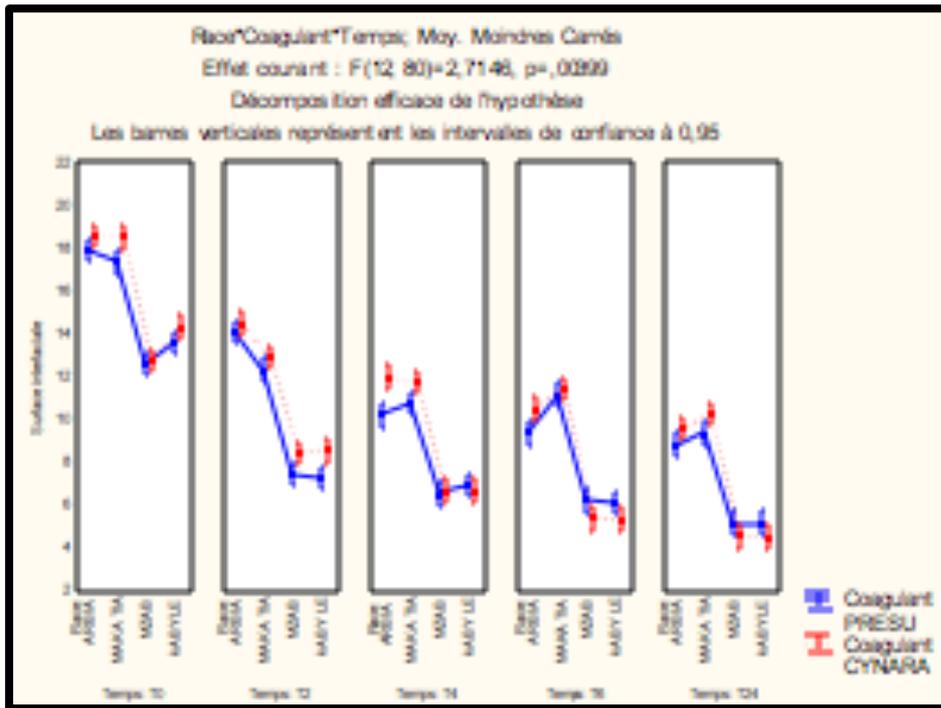
Les gouttelettes dispersées sont très petites à petites suivant la stabilité des émulsions. Selon CLAYTON (1930), la stabilité des émulsions est d'autant plus grande que les gouttelettes de la phase dispersée sont plus fines.

D'après les figures 42 et 43, on remarque qu'entre les races et pour les deux types de coagulants, les races Makatia et Arbia se caractérisent par des diamètres de

gouttelettes comparables à ceux de l'émulsion témoin contrairement aux émulsions présentées par les deux races restantes.

L'étude statistique a montrée que l'effet racial est hautement significatif sur le diamètre des gouttelettes des émulsions préparées.

L'effet combiné de « race \* coagulant » a permis l'identification de deux groupes homogènes : le premier groupe comporte : la race Makatia et Arbia et le deuxième groupe représente le reste des races (Figure 44, tableau 30).



**Figure 44 :** Effet combiné « race\* coagulant » sur le diamètre des gouttelettes.

**Tableau 30 :** Groupes homogènes présentant l'effet race sur le diamètre.

Test de Newman-Keuls ; variable diamètre. Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = 112,78, dl = 112,00.					
	Race	Coagulants	Diamètre	1	2
4	Makatia	Cynara	24,15667	****	
2	Arbia	Cynara	24,33067	****	
3	Makatia	Présure	25,69533	****	
1	Arbia	Présure	26,64600	****	
7	kabyle	Présure	42,60267		****
5	M'Zab	Présure	43,16000		****
8	kabyle	Cynara	44,60600		****
6	M'Zab	Cynara	44,87467		****

Entre les deux types de coagulants, on remarque bien que les émulsions obtenues par l'extrait de *Cynara cardunculus* présentent des diamètres de gouttelettes inférieurs à ceux donnés par les émulsions obtenues par la présure animale quelque soit la race étudiée (tableau 31).

**Tableau 31** : Groupes représentant l'effet coagulant sur le diamètre.

Test de Newman-Keuls ; variable diamètre. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 112,78, dl = 112,00			
	<b>Coagulants</b>	<b>Diamètre (μ)</b>	<b>1</b>
2	Extrait de Cynara	34,49200	****
1	Présure	34,52600	****

Les préparations obtenues dans notre cas sont classées comme des émulsions vraies car les diamètres moyens des gouttelettes sont classés selon l'échelle proposée par BIMBENET (2007), dans le domaine des émulsions vraies.

En comparant les deux types de coagulants, les courbes d'évolution du diamètre pour les quatre races étaient caractérisées par une évolution très marquée pour les préparations à base de présure que celles à base de l'extrait de *Cynara cardunculus*.

Pour mieux étudier l'évolution du diamètre des émulsions en fonction du temps, nous opté pour une analyse statistique élémentaire et une comparaison avec un standard qui servira de témoin ou de référence.

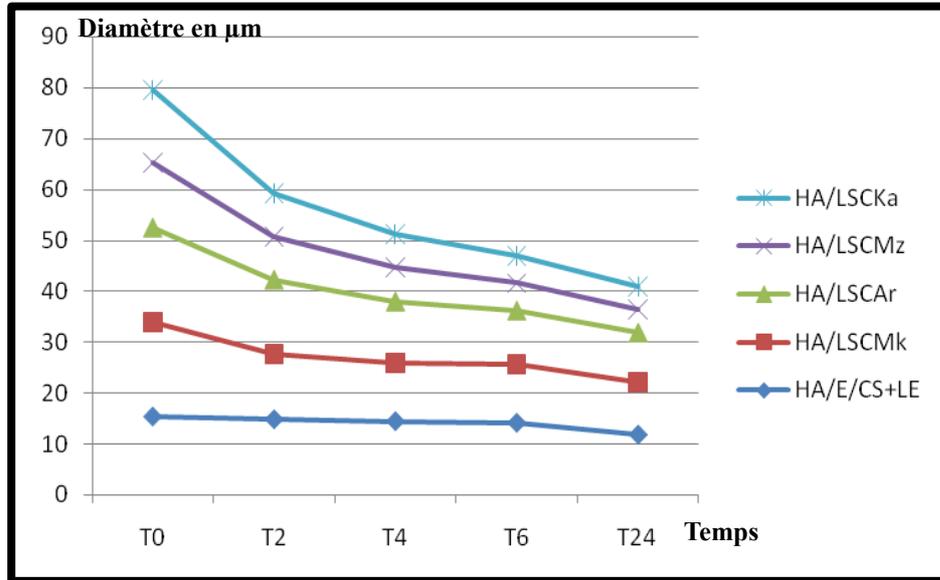
L'allure de courbe traçant l'évolution des diamètres moyens des gouttelettes des émulsions obtenues en fonction du temps est celle obtenue avec augmentation croissante des diamètres; cette croissance est le résultat du phénomène de coalescence qui s'installe à une vitesse plus ou moins lente suivant l'émulsion préparée.

Pour la race Makatia et Arbia, les valeurs des diamètres ont pratiquement doublés alors que pour le reste des races, ces valeurs ont triplées (annexe 4 : tableaux 4.4.1).

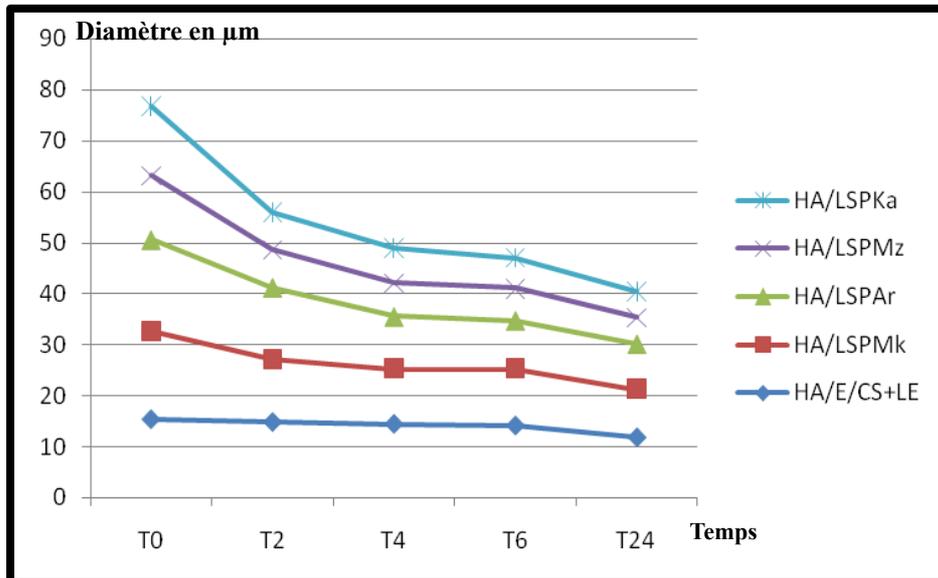
La concentration et la nature des tensioactifs sont d'une importance primordiale pour la stabilité de l'émulsion. Elles affectent la taille des gouttelettes lipidiques; l'augmentation de la concentration entraîne une taille moyenne plus petite (DALMAZZONE, 2000).

### 3.7.3 Surface interfaciale.

Les surfaces interfaciales calculées se présentent en valeurs décroissantes dans le temps pour l'ensemble des émulsions. Ces surfaces sont inversement proportionnelles aux diamètres moyens des gouttelettes (Figures 45, 46).



**Figure 45:** Surfaces interfaciales moyennes des différentes émulsions préparées à partir du lactosérum obtenu par l'extrait de *Cynara cardunculus* pour les quatre races.



**Figure 46:** Surfaces interfaciales moyennes des différentes émulsions préparées à partir du lactosérum obtenu par la présure pour les quatre races.

L'étude statistique a montré un effet significatif de la race sur la surface interfaciale des émulsions préparées quelque soit le type de coagulant.

L'effet combiné de « race \* coagulant » a permis de distinguer deux groupes homogènes: l'un comportant les races Makatia et Arbia et l'autre du reste de races (Figure 47, tableau 32).

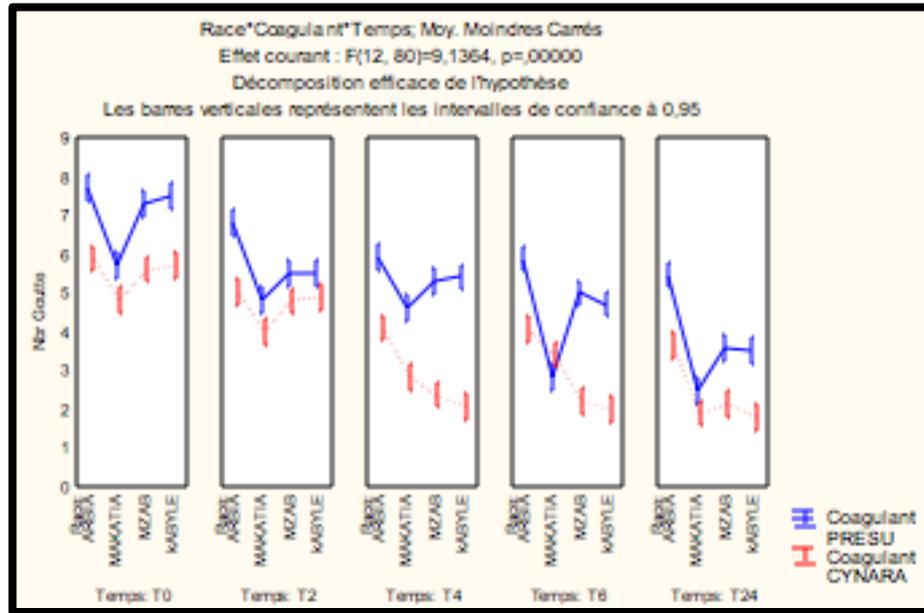


Figure 47 : Effet combiné « race\*coagulant\*temps » sur la surface interfaciale.

Tableau 32: Groupes homogènes présentant l'effet race sur la surface interfaciale

Test de Newman-Keuls ; variable surface interfaciale. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 112,78, dl = 112,00.					
	Race	Coagulants	Diamètre	1	2
6	M'Zab	Cynara	7,57733	****	
5	M'Zab	Présure	7,59800	****	
7	Kabyle	Présure	7,83867	****	
8	Kabyle	Cynara	7,88600	****	
1	Arbia	Présure	12,09067		****
3	Makatia	Présure	12,18533		****
4	Makatia	Cynara	12,96733		****
2	Arbia	Cynara	13,02400		****

L'analyse statistique a aussi dévoilé que les émulsions HA/LSC<sub>Ar</sub>, HA/LSC<sub>Mk</sub> présentent des valeurs de surfaces interfaciales comparables pour un même temps à celle du témoin. Pour les émulsions restantes les valeurs sont tout à fait différentes.

Entre les deux types de coagulants, les émulsions à base de l'extrait de *Cynara cardunculus* ont donné des émulsions avec une surface interfaciale plus élevée (tableau 33).

**Tableau 33** : Groupes homogènes présentant l'effet Coagulant sur la surface interfaciale.

Test de Newman-Keuls ; variable Surface interfaciale. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter =, 21728, dl = 80,000				
	Coagulants	Surface interfaciale	1	2
1	Présure	9,92817	****	
2	Cynara	10,36367		****

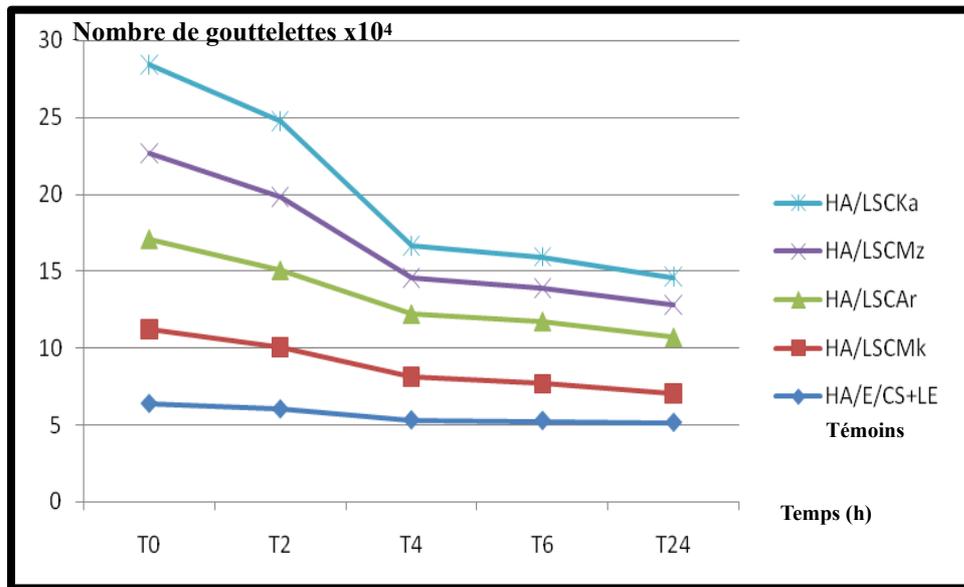
Selon MATHIEU (1998), un système dispersé est dit stable quand ses particules ne se soudent pas mais au contraire restent séparées par le milieu de dispersion.

La présence de tensioactifs permet de maintenir l'état de dispersion des gouttelettes ainsi que la surface interfaciale de l'émulsion grâce à l'action du film formé de la phase continue autour de la phase dispersée.

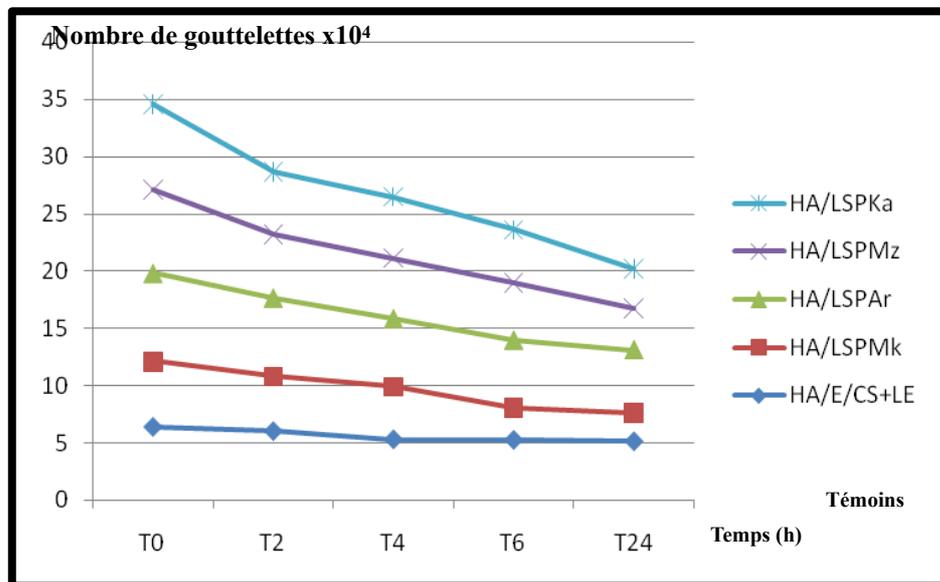
### 3.7.4 Nombre de gouttelettes lipidiques.

Les figures 48 et 49, représentent l'évolution du nombre de gouttelettes lipidiques présentes dans les différentes émulsions des quatre races en fonction du temps.

L'analyse des deux figures montre que le nombre moyen des gouttelettes lipidiques décroît avec le temps pour l'ensemble des émulsions. Cet effet est le résultat d'un certain nombre de phénomènes physiques de déstabilisation des émulsions. La floculation, le crémage et la coalescence sont parmi ces phénomènes qui peuvent aboutir à la fusion des gouttelettes. Cette vitesse de fusion est très variable, elle est très lente pour les émulsions HA/LSC<sub>Ar</sub>, HA/LSC<sub>Mk</sub> du fait qu'elles présentaient les diamètres les plus réduits parmi les émulsions contrairement aux reste des émulsions (figure 50).



**Figure 48 :** Nombre de gouttelettes lipidiques des différentes émulsions préparées par le *Cynara cardunculus* pour les quatre races.



**Figure 49:** Nombre de gouttelettes lipidiques des différentes émulsions préparées par la présure pour les quatre races.

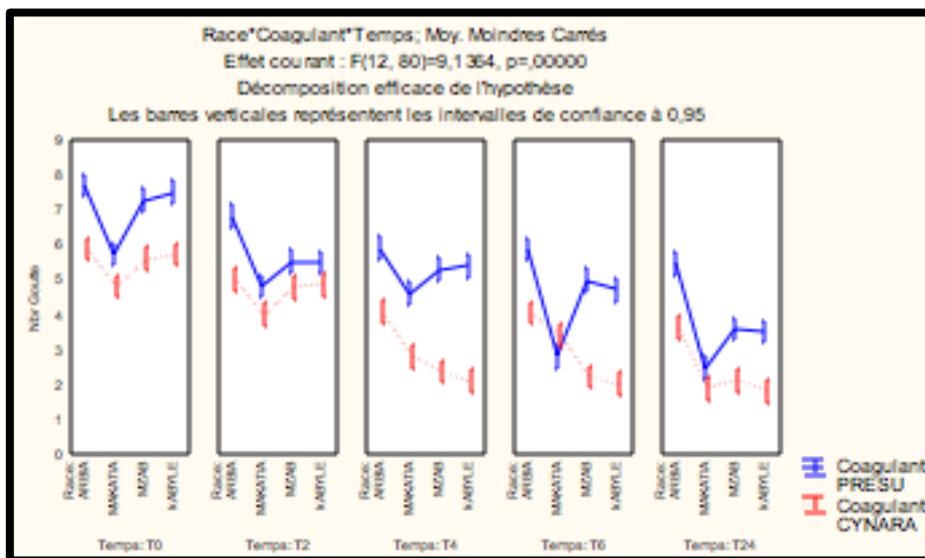


Figure 50 : Effet combiné « race\*coagulant\*temps » sur le nombre des gouttelettes lipidiques.

Tableau 34 : Groupes homogènes présentant l’effet race sur le nombre de gouttelette.

Test de Newman-Keuls ; variable nombre de gouttelettes. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,08211, dl = 80,000					
	Race	Nombre de gouttelettes	1	2	3
2	Makatia	3,728333		****	
4	Kabyle	4,307667	****		
3	M’Zab	4,372000	****		
1	Arbia	5,439333			****

L’analyse de l’ANOVA a confirmé les tendances citées précédemment, et elle classe les différentes races caprines selon leurs nombre de gouttelettes lipidiques (tableau 34) en trois groupes, le premier comporte la race Kabyle et la race m’Zab, et le deuxième se compose de la race Makatia et la race Arbia constitue le troisième groupe.

Cette analyse a montré aussi un effet significatif des facteurs race-coagulant-temps sur le diamètre des différentes émulsions (annexe 4 : tableau 4.3.1).

**Tableau 35** : Groupes homogènes présentant l'effet coagulant sur le nombre de gouttelettes.

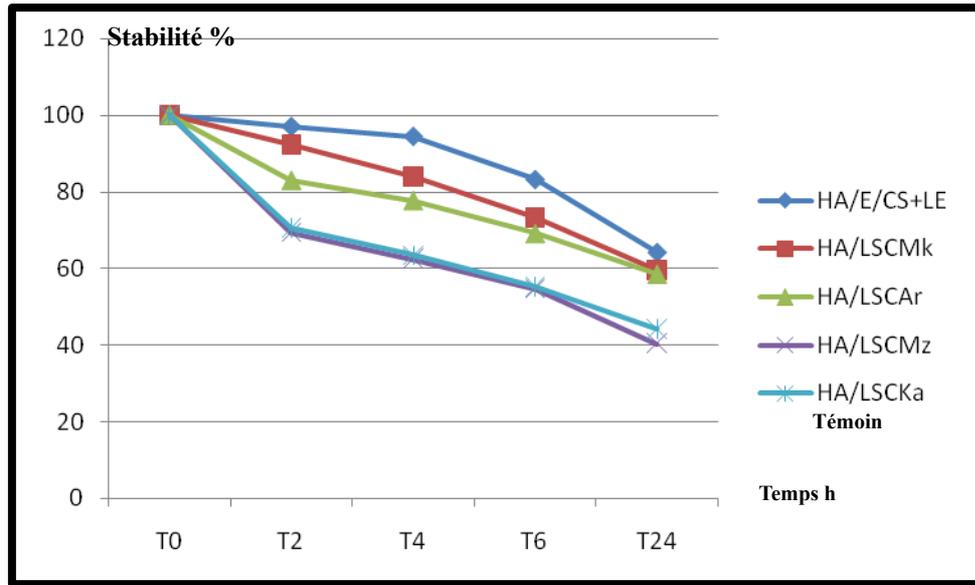
Test de Newman-Keuls ; variable nombre de gouttelettes. Groupes Homogènes, alpha = , 05000 Erreur : MC Inter =, 08211, dl = 80,000		
	<b>Coagulant</b>	<b>Nombre de gouttelettes</b>
<b>2</b>	Cynara	3,653833
<b>1</b>	Présure	5,269833

L'analyse statistique traitant l'effet coagulant sur le nombre de gouttelettes lipidiques a montré que le nombre des gouttelettes dans les émulsions à base de l'extrait de *Cynara cardunculus* était réduit par rapport aux émulsions à base de présure (tableau 35) et qu'il était comparable à celui du témoin.

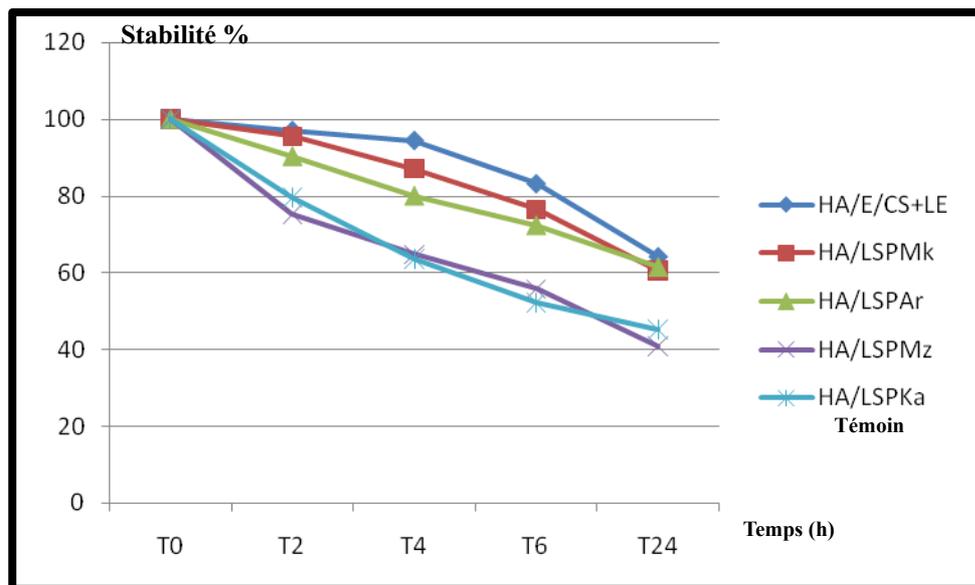
DALMAZZONE (2000), note que le nombre de gouttelettes dépend aussi de l'épaisseur du film formé autour des gouttelettes qui dépend de la nature et de la concentration du tensioactif employé. La genèse de répulsions et leurs intensités au niveau de l'émulsion sont des facteurs qui permettent d'influer sur leur nombre de gouttelettes en s'opposant aux forces attractives générées par les liaisons de Van Der Waals.

### 3.7.5 Stabilité des émulsions.

L'examen des figures 51 et 52, montre que les émulsions qui se rapprochent le plus de la stabilité du témoin sont les émulsions des races steppiques Arbia et Makatia quelque soit le type de coagulants. Pour les autres races, leurs émulsions se caractérisent par une stabilité presque identiques mais largement inférieure à celle du témoin et ceci pour les deux types de coagulants.



**Figure 51:** Evolution des valeurs de stabilité des différentes émulsions préparées à partir du lactosérum obtenu par l'extrait de *Cynara cardunculus* pour les quatre races.



**Figure 52:** Evolution des valeurs de stabilité des différentes émulsions préparées à partir du lactosérum obtenu par présure pour les quatre races.

L'ANOVA a montré que les valeurs de la stabilité des émulsions des races Makatia et Arbia comparées à celle du témoin ne présentent pas de différence significative pour un même temps donné. Cette analyse laisse entrevoir aussi que l'effet du couple « race\*coagulant » sur la stabilité est très significatif.

L'analyse statistique par « comparaison à un standard » pour chaque race à un temps déterminé (annexe 4 : tableau: 4.4.2, jusqu'à tableau 4.15) a montré que l'émulsion la plus stable et comparable au témoin est bien celle obtenue avec la race Makatia suivie par celle de la race Arbia. Les autres races présentent quant à elles des valeurs très différentes de celle du témoin avec un effet très hautement significatif.

Entre les types de coagulant, le test de Newman laisse apparaître que les émulsions à base de l'extrait de *Cynara cardunculus* étaient légèrement moins stables que celles à base de présure (tableau 36). Ce test a permis aussi de dénombrier quatre groupes, chaque groupe étant représenté par une race et avec une stabilité beaucoup plus conséquente pour les émulsions des deux races Makatia et Arbia (Tableau36) (figure 53).

**Tableau 36** : Groupes homogènes présentant l'effet race sur la stabilité des émulsions.

Test de Newman-Keuls ; variable Stabilité des émulsions Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,17866, dl = 64,000						
	Race	Stabilité des émulsions	1	2	3	4
3	M'Zab	57,84750	****			
4	Kabyle	59,26292		****		
1	Arbia	74,16167			****	
2	Makatia	78,45333				****

**Tableau 37** : Groupes homogènes présentant l'effet présure sur la stabilité des émulsions.

Test de Newman-Keuls ; variable Stabilité des émulsions. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,17866, dl = 64,000				
	Coagulant	Stabilité des émulsions	1	2
2	Cynara	66,05250	****	
1	Présure	68,81021		****

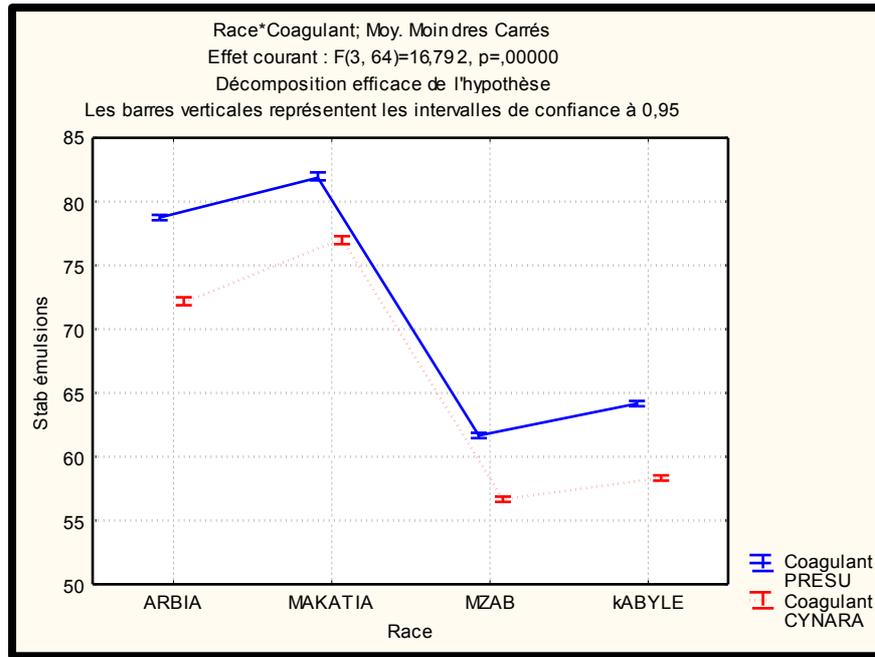


Figure 53 : Effet « race\*coagulant » sur la stabilité des émulsions.

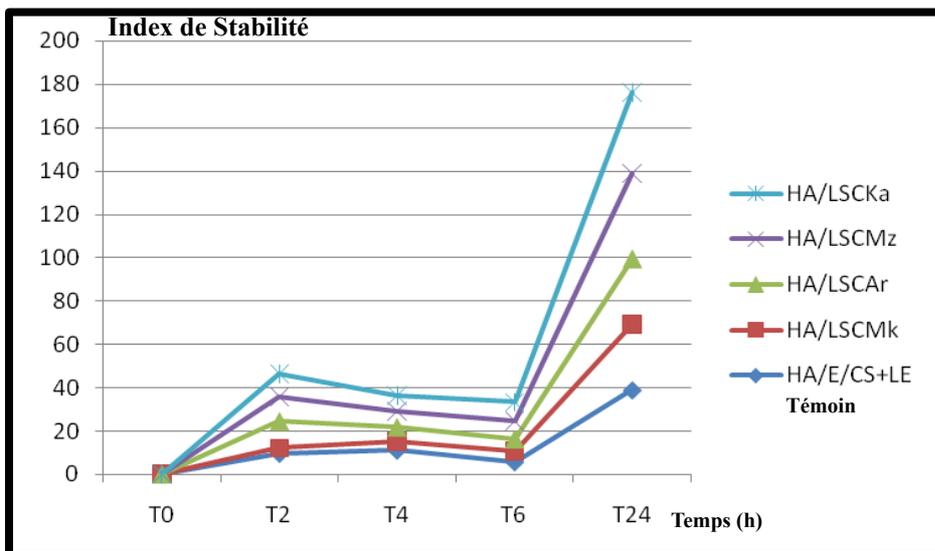
Les émulsions gardent leur stabilité suite à l'action combinée d'agent émulsifiant type lécithine et d'agent stabilisant type de caséinates de sodium. Selon LINDEN et LORIENT (1994), l'émulsifiant et le stabilisant peuvent jouer un rôle important dans l'abaissement de la tension interfaciale et la stabilité des émulsions en formant un film interfacial autour des gouttelettes ralentissant ainsi le rapprochement et la fusion des gouttelettes.

WALKENSTROM (1993) ; LINDEN et LORIENT (1994), ajoutent en plus que l'agent émulsifiant peut participer à cette stabilité grâce aux répulsions électrostatiques qu'il génère. D'autres phénomènes peuvent contribuer à stabiliser des émulsions. Une faible tension interfaciale entre les deux phases et la présence d'une couche interfaciale résistante constituée par un film de protéines adsorbées qui s'oppose mécaniquement à la coalescence des gouttelettes, sont des exemples à retenir. Un petit diamètre et une bonne distribution des gouttelettes sans oublier la présence des charges électrostatiques de même signe à la surface des gouttelettes dispersées ; provoquant ainsi des répulsions électrostatiques qui s'opposent aux forces d'attraction de Van Der Waals peuvent aussi améliorer la stabilité des émulsions (CHEFTEL et *al.*, 1985).

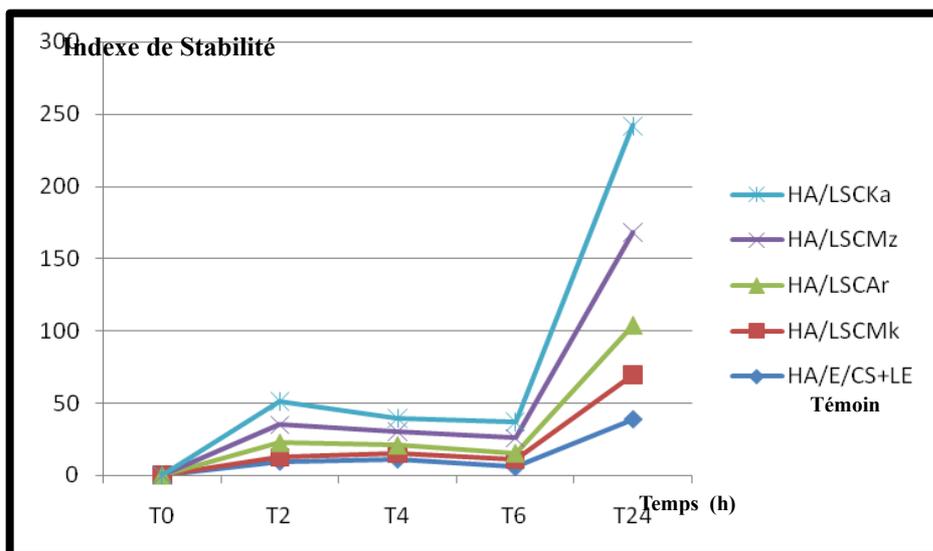
Les émulsions des races Makatia et Arbia qui possédaient en partie ces principaux facteurs ont gardé ainsi une certaine stabilité (petits diamètre, nombre et distribution des gouttelettes).

### 3.7.6 Index de stabilité.

Cet index mesuré par spectrophotométrie dans la visibilité traduit la stabilité de l'émulsion dans le temps. L'analyse des figures (54, 55) permet de constater que l'index de stabilité est en augmentation continu au cours du temps. La valeur de l'index augmente pour un temps T si l'écart entre l'absorbance à T<sub>0</sub> et l'absorbance à T voulu est faible.



**Figure 54:** Valeurs de l'index de stabilité des différentes émulsions préparées à base de lactosérums obtenus par l'extrait de *Cynara cardunculus* pour les quatre races.



**Figure 55:** Valeurs de l'index de stabilité des différentes émulsions préparées à base de lactosérum obtenus par la présure pour les quatre races.

L'analyse statistique qui traite de l'effet race sur la valeur des indices de stabilité dans le temps montre aucune différence significative jusqu'à T<sub>6</sub> car toutes les valeurs sont comparables durant les six premières heures (Figure 54 et 55). Au-delà les différences observées sont significatives. Ce test à permis aussi d'identifier quatre groupes différents représenté chacun par une race (tableau 38).

**Tableau 38:** Groupes homogènes présentant l'effet race sur l'index de stabilité.

Test de Newman-Keuls ; variable Indexe de Stabilité. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,17484, dl = 64,000						
	Race	Indexe de Stabilité	1	2	3	4
3	M'Zab	13,79000	****			
4	Kabyle	15,25667		****		
1	Arbia	21,83875			****	
2	Makatia	25,63625				****

**Tableau 39 :** Groupes homogènes présentant l'effet coagulant sur l'index de stabilité.

Test de Newman-Keuls ; variable Indexe de Stabilité. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,17484, dl = 64,000				
	Coagulant	Indexe de Stabilité	1	2
2	Cynara	18,03771	****	
1	Présure	20,22312		****

De plus l'analyse de l'effet du facteur coagulant sur l'index de stabilité (tableau 39), indique la présence de deux groupes de coagulants avec un index de stabilité inférieur pour l'extrait de *Cynara cardunculus* comparativement à celui de la présure. Les index de stabilité les plus élevés se rencontrent respectivement chez la race Makatia et Arbia.

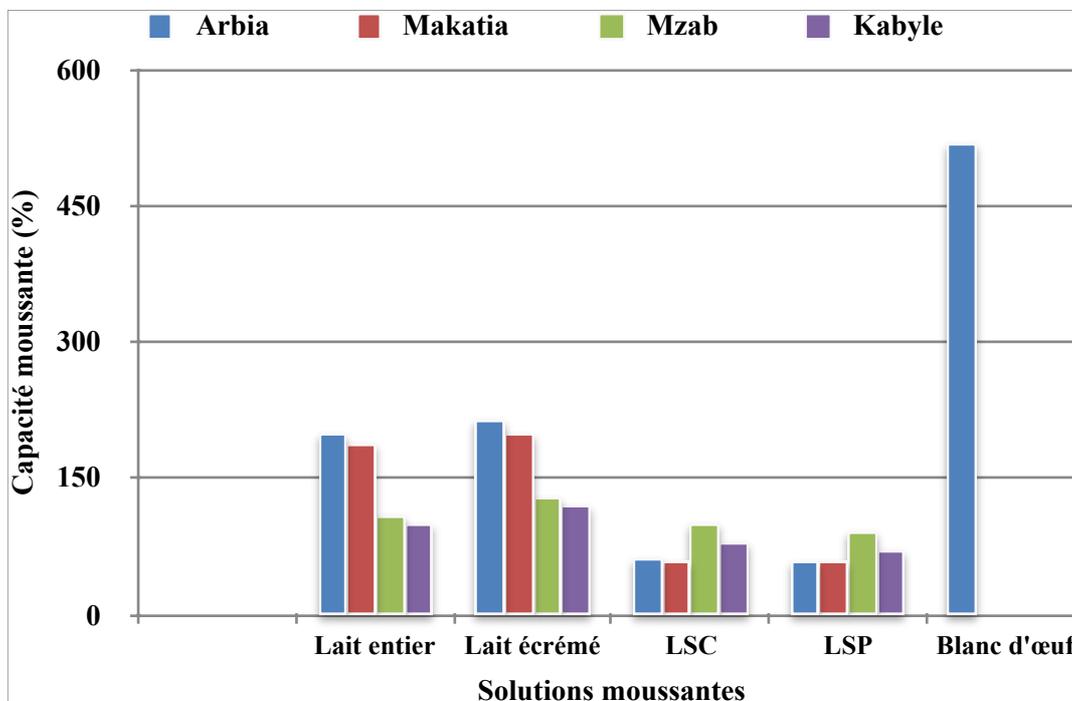
### 3.8. Etude des propriétés moussantes.

#### 3.8.1 La capacité moussante.

C'est la faculté que possède un liquide violemment agité (émulsion de gaz) a générer de la mousse suite à une diminution de la tension superficielle.

### 3.8.1.1 Moussage par usage d'un agitateur à hélice.

Dans le cas du lait, ce phénomène a tendance à favoriser la lipolyse qui n'est pas toujours recherchée en technologie laitière.



**Figure 56:** Valeurs de la capacité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un agitateur à Hélice.

Les différentes moyennes de la capacité moussante des laits (écrémés et entiers), des lactosérums (obtenus par *Cynara cardunculus* ou par présure) des quatre races sont présentés dans la figure 56.

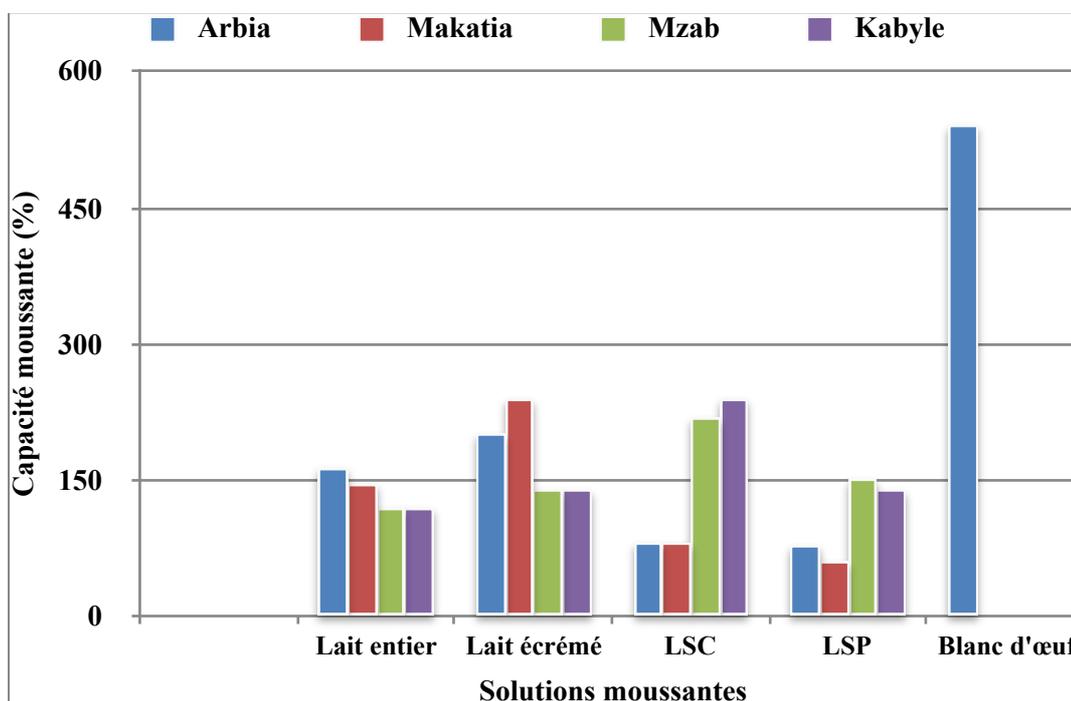
L'examen de la figure 54, nous permet d'affirmer que le lait écrémé donne une quantité de mousse plus élevée par rapport au lait entier et que la mousse générée par le lactosérum obtenu par l'extrait de *Cynara cardunculus* est quantitativement plus importante que celle du lactosérum produit par action de la présure.

La capacité moussante des races M'Zab et Kabyle s'avèrent les plus élevées. Cette tendance est le résultat d'une présence de caséines en quantité beaucoup plus importante dans les lactosérums de la race M'Zab et kabyle. En effet ces dernières ont données des rendements fromagers inférieurs à ceux des races Makatia et Arbia. D'après les travaux d'ALLALI *et al.* (2001), la caséine  $\beta$  qui est la plus flexible des

protéines laitières, s'adsorbe plus rapidement à l'interface et permet la constitution rapide de bulles. Les mêmes auteurs ont noté également que les caséines donnent une mousse plus volumineuse qu'un concentré de protéines sériques type albumine et globuline. Les horaires de traite et le nombre de traite par journée influent sur le rendement en mousse. En effet GENIN (1932), a constaté que le lait du matin mousse plus que celui du soir. D'après KAMOUN (1991), cette baisse de production est liée à la teneur en matière grasse du lait, si le taux butyreux est élevé, la production de mousse est généralement faible, ces affirmations sont corroborées par les travaux de GONZALEZ *et al.* (2004) qui montrent que le niveau d'écémage d'un lait est corrélé négativement au rendement en mousse.

### 3.8.1.2 Moussage par action d'un homogénéisateur

En technologie laitière, un homogénéisateur a pour but essentiel de stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait pour empêcher la séparation de la crème par réduction du diamètre des globules gras. L'appareil utilisé est un homogénéisateur.



**Figure 57:** Valeurs de la capacité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un homogénéisateur.

La figure 57, illustre les moyennes de la capacité moussante des différentes mousses préparées avec un homogénéisateur pour les quatre races caprines étudiée.

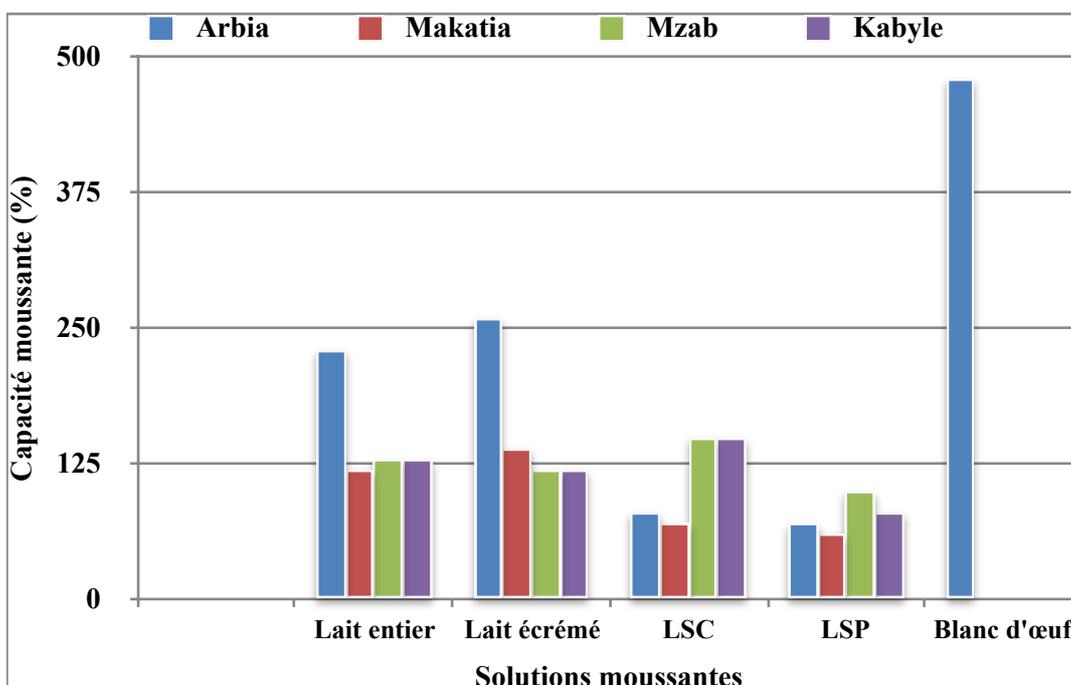
Il ressort clairement que le moussage du lait entier ou écrémé est plus important que celui des lactosérums obtenus. Le taux faible en caséine de ces sous produits serait la cause majeure.

La même tendance a été rapportée précédemment les lactosérums caprins travaillés avec un agitateur à hélice. On a aussi constaté que les lactosérums issus de l'action des extraits de *Cynara cardunculus* ont un rendement en mousses plus conséquent que ceux des lactosérums préparés par la présure et ceci pour les quatre races caprines étudiées.

Entre races, c'est toujours les deux races M'Zab et Kabyle qui ont présenté des rendements en mousses plus élevées que les autres.

### 3.8.1.3 Moussage par action d'un agitateur magnétique.

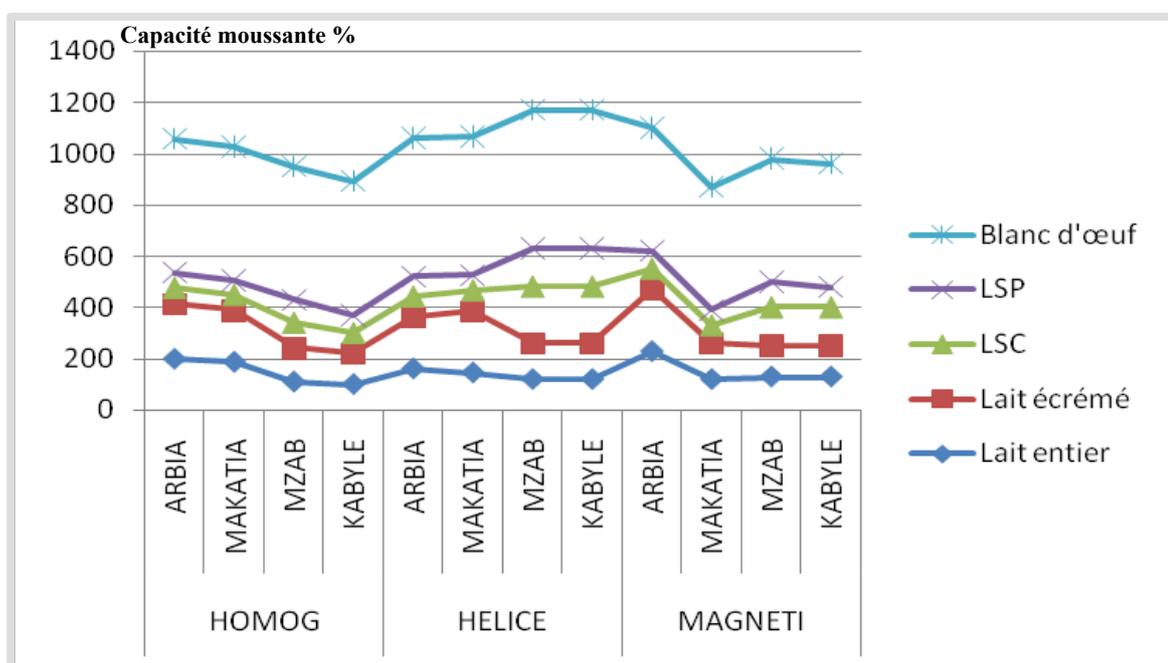
La capacité moussante des différentes préparations des quatre races de chèvres est représentée sur la figure 58 :



**Figure 58:** Valeurs de la capacité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un agitateur magnétique.

Pour ce type d'agitateur, les mêmes tendances que précédemment sont pratiquement enregistrées pour tous les paramètres que ce soit entre races, entre coagulants ou encore entre les différentes mousses préparées.

Pour les trois types d'agitateurs employés, il en ressort que statistiquement et par comparaison multiple des moyennes que les valeurs de la capacité moussante du blanc d'œuf obtenues par les différents systèmes d'agitation sont comparables et ne présentent pas de différences significatives, à cause du pouvoir moussant très élevé du blanc d'œuf ; ce résultat est en nette concordance avec celui de PAQUET *et al.* (1978) qui ont souligné que les protéines laitières ont une faible capacité moussante comparativement au blanc d'œuf.



**Figure 59:** Valeurs de la capacité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec les trois types d'agitateurs.

Entre les trois types d'agitation (figure 59), on peut classer les différents traitements mécaniques qui ont généré de la mousse.

En terme de production de mousse et pour les trois agitateurs expérimentés, il en ressort que celui qui est doté d'hélice se classe en premier, suivi par celui qui travaille par effet magnétique en dernier lieu l'homogénéisateur.

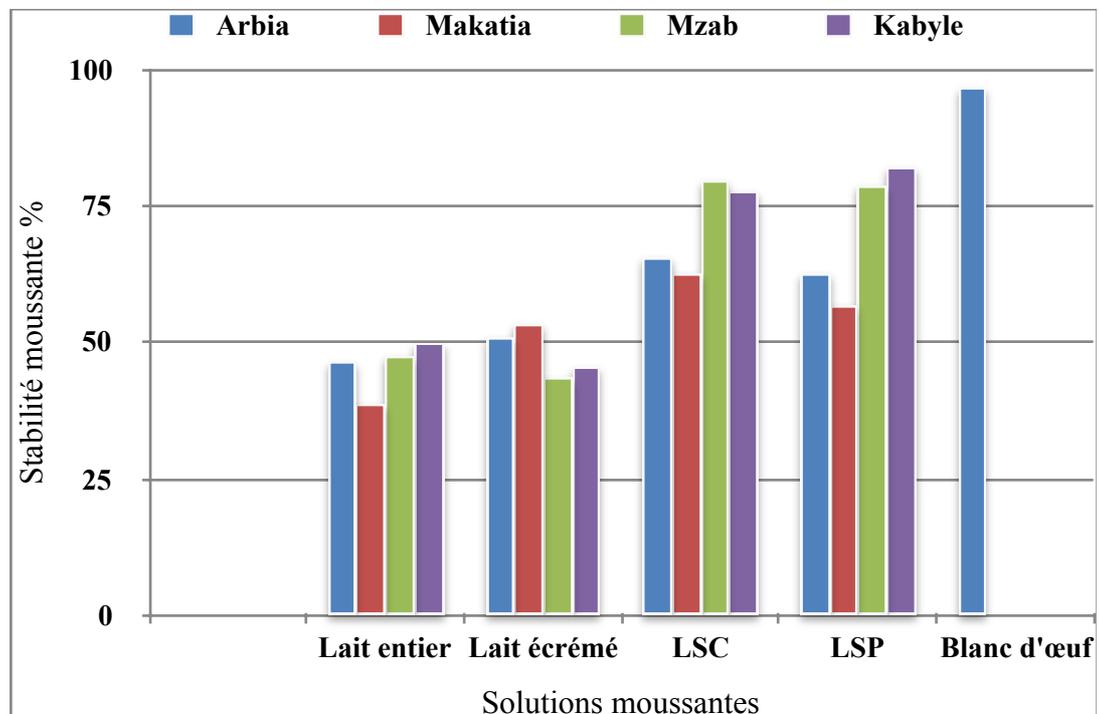
### 3.8.2 La stabilité moussante.

#### 3.8.2.1 Cas de la mousse obtenue par action d'un agitateur à hélice.

La variation de la stabilité moussante des différentes mousses pour les quatre races est illustrée par la figure 60.

En terme de stabilité, les mousses issues des races Kabyle et M'Zab s'avèrent les plus intéressantes comparativement au reste des races.

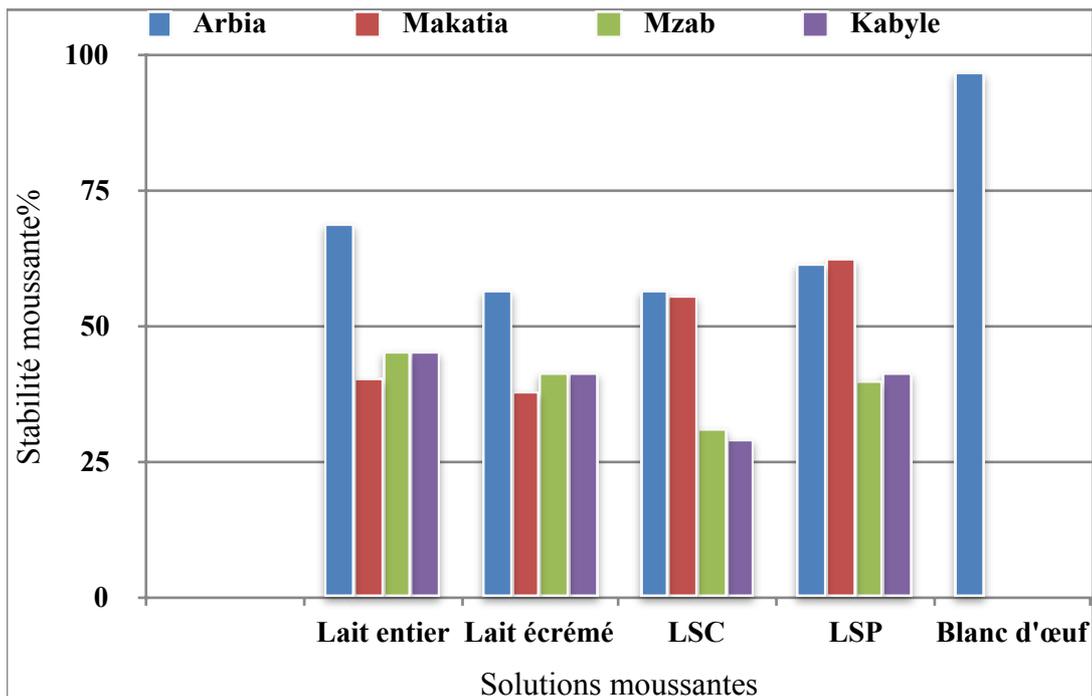
Pour les types de coagulants, se sont les lactosérums préparés par présure qui présentent la stabilité moussante la plus élevée à celles préparées par l'extrait de *Cynara cardunculus*.



**Figure 60:** Valeurs de la stabilité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un agitateur à Hélice.

#### 3.8.2.2 Cas de la mousse obtenue par action d'un Homogénéisateur

Les moyennes de la stabilité moussantes des différentes préparations des quatre races traitées par l'homogénéisateur sont portées sur la figure suivante.



**Figure 61:** Valeurs de la stabilité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un Homogénéisateur.

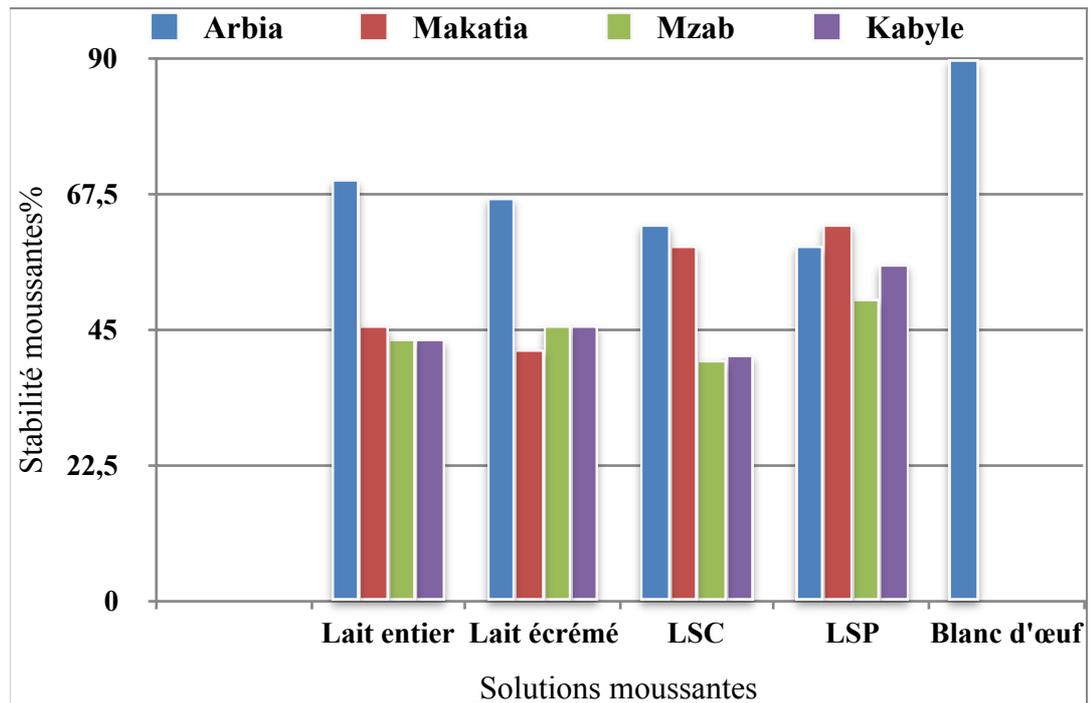
Dans ce type de préparation, ce sont pratiquement des valeurs contraires à celles avec un agitateur à hélice. En effet les lactosérums préparés par l'extrait de *Cynara cardunculus* présentent une stabilité moussante légèrement supérieure à celle des lactosérums préparés par la présure.

Pour les races, la stabilité moussante est plus marquée chez la Kabyle et M'Zab .

### 3.8.2.3 Agitateur magnétique.

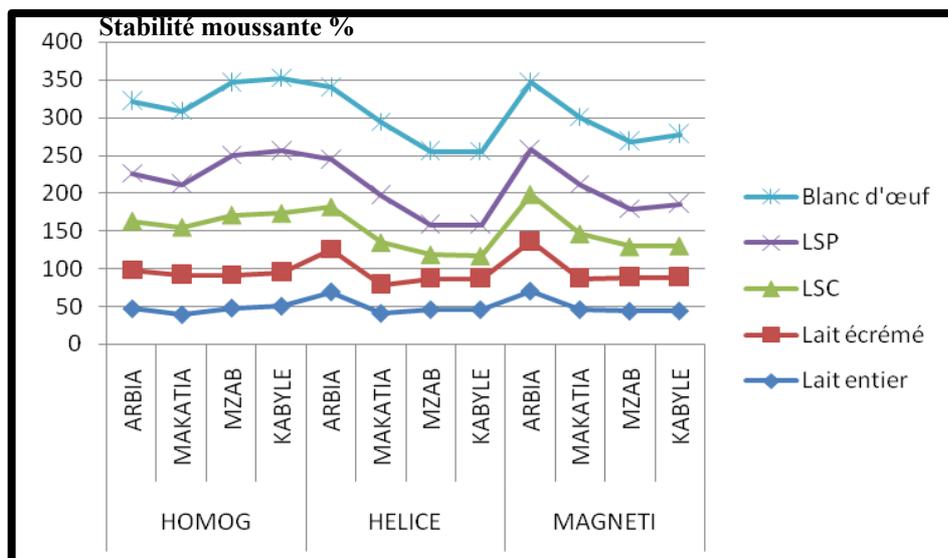
La figure 62, présente la stabilité moussante des différentes mousses des quatre races traitées avec un agitateur magnétique.

Ce type d'agitation a généré des mousses dont la stabilité est légèrement plus prononcée dans le lactosérum type extrait de *Cynara cardunculus*. Pour les races, les mêmes remarques faites précédemment sur les types d'agitateurs restent valables dans ce dernier type d'agitation.



**Figure 62:** Valeurs de la stabilité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec un agitateur magnétique.

En conclusion, et pour les trois types d'agitation, on peut affirmer que les lactosérums issus d'une coagulation présurée sont dotée d'une stabilité beaucoup plus importante et que l'homogénéisation s'avère être le traitement physique le plus performant avec production de mousses assez stable. Cette stabilité est le résultat d'une production de bulles de diamètres faibles qui ralentit le phénomène de drainage et delà augmente l'effet recherché.



**Figure 63:** Valeurs de la stabilité moussante des différentes mousses préparées pour les quatre races avec es trois types d’agitateurs.

Pour expliquer ce phénomène de stabilité plusieurs auteurs ont émis un certain nombre de lois et d’hypothèses. Pour GONZALEZ *et al.* (2004), c’est l’écoulement du liquide entre les bulles sous l’effet de la gravité qui conduit à un compactage des bulles qui perdent en finalité leur structure. La pesanteur agit également sous l’effet pression qu’exercent les bulles supérieures sur les bulles inférieures. Les parois du récipient supportent une partie de cette pression; c’est pourquoi elle est maximale au centre. En effet dans un récipient cylindrique la mousse tombe d’abord au centre (GENIN, 1932).

En présence d’une dispersion d’air dans le liquide, la pesanteur fait tomber le liquide qui n’est pas retenu par les surfaces; par conséquent une certaine quantité d’eau qui peut être dans certains cas considérable, fait pression sur les bulles inférieures et peuvent les faires éclater. Le drainage est un premier facteur de déstabilisation d’une mousse (ALLALI *et al.*, 2001).

---

## **CONCLUSION GÉNÉRALE**

---

## CONCLUSION GÉNÉRALE

### Conclusion générale

La présente étude, entreprise dans le but de contribuer à une meilleure connaissance du lait caprin local et à sa transformation, s'articule autour de plusieurs axes :

Le premier a traité les caractéristiques physicochimiques du lait des quatre races caprines algériennes : Arbia, Makatia, M'Zab et Kabyle visant à en faire une meilleure exploitation en industrie fromagère ;

Le second est orienté sur la caractérisation d'un agent coagulant à base de fleurs de *Cynara cardunculus* par la détermination de son taux protéique, son étude électrophorétique, sa purification et son activité coagulante ;

Le troisième comprenait une évaluation et une optimisation de la pratique fromagère utilisée et l'étude des principales caractéristiques des fromages obtenus ;

Et le dernier volet visait l'étude du sous produit fromager : le lactosérum, ses propriétés émulsifiantes et moussantes.

Pour ce qui est des analyses physicochimiques des différents laits caprins étudiés, nous avons constaté que les laits caprins des races étudiées Arbia, Makatia, M'Zab et Kabyle présentent globalement une composition comparable à celle des laits de la même espèce rapportées par des études antérieures. Entre les différentes races étudiées, de légères variations ont été enregistrées touchant surtout le taux protéique et le taux butyreux. Ces différences sont liées principalement à la variabilité génétique, à l'effet racial et aux conditions d'élevage notamment l'alimentation.

Le diagramme d'extraction enzymatique à partir du *Cynara cardunculus* selon la méthode de TSOULI (1974) que nous avons appliqué nous a permis d'obtenir un extrait avec un rendement d'extraction de 29.08%, sa caractérisation biochimique et technologique a donné les résultats suivants :

Une activité et force coagulante de 0.40UP, 89.03 respectivement et une très forte activité protéolytique supérieure à celle de la présure. La teneur en protéines de l'extrait enzymatique était de 5.53 mg/ml, une concentration qui diffère selon le mode d'extraction employé ;

Un profil électrophorétique indique que les enzymes présentes majoritairement dans l'extrait *Cynara cardunculus* s'apparentent aux cardosines de type A et B ;

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Un fractionnement de cet extrait brut par chromatographie échangeuse d'ions sur DEAE cellulose révèle que la fraction la plus active est celle éluée à une concentration de 0.5M de NaCl. Toutefois l'extrait brut en tant que coagulant présente une activité plus intéressante que les fractions prises séparément.

La coagulation du lait par l'extrait enzymatique *Cynara cardunculus* a permis d'obtenir un fromage caprin dont les caractéristiques organoleptiques et le rendement fromager sont appréciables mais avec un temps de coagulation beaucoup plus long que celui requis par la présure. Le facteur qui reste à corriger et l'effet protéolytique beaucoup plus prononcé dans l'extrait du *Cynara cardunculus*;

Entre les différentes races mises en expérience, la race Makatia a donné les meilleurs rendements fromagers avec 13.06g avec la présure et 11.41g avec le *Cynara cardunculus*.

La comparaison entre les valeurs des rendements réels et théoriques montre que le lait la race Makatia est plus compatible à la transformation avec l'extrait de *Cynara Cardunculus* ainsi qu'avec la présure animale comparativement aux autres races. Avec des coefficients fromagers de 0.73 et 0.84 respectivement pour l'extrait végétal et celui d'origine animale, ce lait serait le plus recommandé pour une éventuelle transformation.

Les améliorations apportées au processus de coagulation afin d'obtenir de meilleurs rendements fromagers nous ont permis de déterminer les conditions optimales de coagulation:

Le pH optimal d'une valeur de 6 et correspondant à une addition de  $\text{CaCl}_2$  à raison de 0.3 g/l a amélioré d'une façon très significative les rendements fromagers. La température optimale obtenue dans nos essais de coagulation et qui est de l'ordre 42°C a contribué aussi à augmenter les rendements fromagers. Cette température est nettement supérieure à celle de la présure et qui se trouve aux environs de 35°C.

La coagulation de lait caprin par l'extrait enzymatique de *Cynara cardunculus* sous UV a permis d'obtenir un fromage de qualité microbiologique satisfaisante. L'étude microbiologique du lait mis en expérience et du fromage obtenu fait ressortir les points suivants:

- La présence des FAMT dans le lait et le fromage de chèvre au-dessous du seuil des limites microbiologiques, peut être due probablement aux mesures hygiéniques respectées et aux UV pour le fromage.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

- L'absence des coliformes totaux et fécaux dans le lait aussi indique une bonne maîtrise de conditions d'élevage notamment la propreté ainsi une meilleure vulgarisation des éleveurs tandis que leur absence dans le fromage peut traduire l'amélioration des conditions de coagulation par les UV.
- L'absence de staphylocoques, de salmonelle et de clostridium sulfito-réducteurs dans le lait et le fromage de chèvre reflète la bonne santé des chèvres mises en expérience.

La présente étude microbiologique des laits et des fromages de chèvres préparés avec l'extrait de *Cynara cardunculus* sous UV montre la possibilité d'utiliser cet extrait coagulant dans ces conditions sans risque majeur pour la santé des consommateurs.

L'étude des propriétés physicochimiques des différents lactosérums en vue de leur valorisation a montré des caractéristiques très proches de celles retrouvées dans la littérature.

Ces lactosérums présentaient généralement de très bonnes propriétés de surface en raison du petit diamètre des globules gras, caractéristique principale du lait de chèvre.

L'étude du phénomène de la stabilité des émulsions préparées laisse entrevoir que celle préparées avec du lactosérum de la race Makatia et la race Arbia sont dotées de propriétés émulsifiantes proches de celles préparée par la Lécithine et la caséinates de Sodium et ceci quelque soit l'agent coagulant utilisé.

Entre les deux types de coagulants employés, ce sont les émulsions préparées à partir du lactosérum et présure qui présentent les diamètres de gouttelettes le plus élevé et ceci quelque soit la race étudiée.

L'étude comparative réalisée sur les propriétés moussantes du lait des quatre races et ses dérivés a abouti aux conclusions suivantes :

Une capacité moussante des laits de races M'Zab et Kabyle la plus élevée. Cette caractéristique est due principalement à la présence des caséines dans les lactosérums de la race M'Zab et kabyle du fait que ces dernières ont données des rendements fromagers inférieurs à ceux des races Makatia et Arbia.

Une stabilité de mousse préparée à base de lactosérums et présure supérieure à celle issue des lactosérums préparés à base de l'extrait de *Cynara cardunculus*. Cette stabilité était

## CONCLUSION GÉNÉRALE

comparable à celles des mousses préparées par le blanc d'œuf lorsque la mousse était issue d'un travail mécanique par homogénéisation.

L'apport en termes de possibilités de valorisation de ce coagulant en fromagerie et d'apport d'un plus de connaissances dans ce domaine cette étude est non négligeable. Les résultats obtenus concordent en grande partie avec ceux retrouvés dans des études antérieures et mettent en évidence la possibilité d'obtention d'un extrait brut coagulant le lait, à partir d'une matière première non exploitée jusque là en Algérie. Ainsi et pour des impératifs économiques et technologiques, l'extrait des fleurs de cardon doit être pris en considération et valorisé en tant que coagulant unique ou associé à d'autres coagulants d'origine animale ou microbienne.

De même ces résultats ont contribué d'une part à l'identification de quelques caractéristiques laitières de nos races caprines locales à travers les propriétés physicochimiques de leur lait, et d'autre part d'en faire ressortir l'aptitude du lait de ces races à être transformé en fromage.

Nous pouvons conclure que l'utilisation de l'extrait enzymatique *Cynara cardunculus* et la maîtrise des conditions de coagulation permettent de coaguler le lait de chèvre avec succès et d'obtenir des produits de bonne qualité commerciale et fonctionnelle ce qui ouvre les portes devant une nouvelle technologie fromagère efficace, facile à réaliser et peu coûteuse.

De nombreuses perspectives dans le domaine fromager et qui consisteront à approfondir certains points et à éclaircir certaines zones d'ombres. Il s'agit à titre d'exemple :

Caractériser les caséines laitières du lait des différentes races de chèvre afin de confirmer cette affinité vers le *Cynara cardunculus*.

D'étudier des différents facteurs influençant l'extraction de l'agent coagulant à partir des fleurs de cardon afin d'optimiser le diagramme d'extraction.

D'étudier tous les paramètres intrinsèques et extrinsèques influant sur le rendement fromager et qui passe obligatoirement par une maîtrise approfondie des caractéristiques de l'agent coagulant et de son mode d'action ainsi que par la connaissance approfondie des caractéristiques physicochimiques des laits de chèvres aptes à être transformés en laiterie.

---

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

**A**

1. **ABDERRAHMANI H., GUELMAOUI S., 1995:** « *Contribution à la connaissance des races caprines Algériennes cas de la race du Mzab* ». Thèse. Ing. INA. El-Harrach. Alger. 110 P.
2. **AFNOR, 1986 :** *Recueil de normes françaises. Contrôle de qualité des produits laitiers*. 3e édition.
3. **AGANGA A.A., AMARTEIFIO J.O. and NKILE N., 2002 :** « *Effect of stage of lactation on nutrient composition of Taswana sheep and goats milk* ». J. Food Comp. Anal. 15 : 533-543.
4. **ALAIS C., 1984 :** « *Science du Lait ; Principe des Techniques Laitières* ». SEPAIC, 4<sup>ème</sup> Ed, Paris.
5. **ALAIS C., 1998 :** « *Ciencia de la leche : principios de técnica lechera* ». 12<sup>a</sup> reimpression Ed, CECSA, México.
6. **ALLALI F., BOUADJAMA N. et DASILVA J., 2001 :** « *lait et produits laitiers* ». Université Lille, 98p.
7. **AQUILANTI L., BABINI V., SANTARELLI S., OSIMANI A., PETRUZZELLI A. and CLEMENTI F., 2011 :** « *Bacterial dynamics in a raw cow's milk Caciotta cheese manufactured with aqueous extract of Cynara cardunculus dried flowers* ». Letters in Applied Microbiology, 52, 651–659.
8. **AVALOS DE LA CRUZ D A., 2007 :** « Faisabilité de la production au Mexique de fromages de chèvre additionné de piment : aspects technologique, sensoriels, sanitaires et économiques », Thèse de Doctorale. Université élargie. 273p.
9. **AXELOS M., BEROT S., SCHMIDT I. et GUEGUEN J., 2006 :** « *Propriétés tensioactives et détergentes de biopolymères amphiphiles : protéines, dérivés de protéines, polysaccharides modifiés* ». In : P. Colonna (Ed), La chimie verte. Tec et Doc, Lavoisier. pp 271 – 304.

**B**

10. **BANAT I., 2000 :** « *Les biosurfactants plus que jamais sollicités* ». Biofutur., Mensuel Européen de Biotechnologie, 198 : 40-46.
11. **BARBOSA M., 1983 :** « *Cardo (Cynara cardunculus) as a vegetable rennet. Report of the departement of technologie for the food industry (D.T.I.A)* » 5 Comunicacoes E

- conferencias-45.Laboratory of Engineering and Industrial Technology (LNETI), Lisbon, Portugal. 16p.
12. **BARBOSA M., VALLES L., VASSAL G., MOCQUOT M., NICOLAS G., PITEL J. C., VACHOT, 1976** : « *L'utilisation d'extrait de *Cynara cardunculus L.* comme agent coagulant en fabrication de fromages à pâte molle et à pâte cuite* ». Le Lait, INRA. Editions, 56 (551 552), pp.1-17. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00928712>.
  13. **BAYER E., BUTTLER K.P., FINKINZELLER X., 1990** : « *Guide de la flore méditerranéenne. Caractéristiques, habitat, distribution et particularités de 536 espèces* ». Ed. Neufchatel, Suisse, 287p.
  14. **BELAID D., 2016** : « *L'élevage caprin en Algérie. collection dossiers agronomiques. Recueil d'articles : Un appui potentiel à la filière lait Outre la vache, la chèvre laitière le 13.02.16* ». El Watan Par SALIM KEBBAB, vétérinaire Masterant en sciences de l'information, option : journalisme scientifique. Livre élevage caprin. Ed 2016.
  15. **BELMIHOUB, EDDINE D.,** : « *Caractéristiques de quelques populations caprines Algériennes* ». Salon caprin Laghouat, (du 27 au 29 avril 1997). p5.
  16. **BENAZI L., 1992** : « *Etude rhéologique et granulométrique des émulsions d'huile de coupe* ». Thèse doctorat, institut polytechnique de Toulouse, pp 66 – 82.
  17. **BENGANA M., 2001** : « *Caractérisation des enzymes protéolytiques (pepsine/chymosine) isolées de caillettes de bovins adultes* ». Mémoire de Magister, Institut National Agronomique, El-Harrach, Alger.
  18. **BENYOUB K.Q. , 2016** : « *Caractérisation morpho métrique, typologie de l'élevage caprin et étude physico-chimique de son lait au niveau de la wilaya de Tlemcen. Thèse de master. Université de Tlemcen. p43.*
  19. **BERRASSAL K., DAVID D., ALPHA D., CECILE B., PHILIPPE D., 2002** : « *fromage au lait de chèvre* ». Agridoc. Fiche fromage. Tchad.
  20. **BERRIDGE N. J., 1945** : « *The purification and crystallization of rennin. Biochem Journal* » pp : 39, 179-186.
  21. **BIMBENET J.J. , 2007** : « *Génie des procédés alimentaires* ». Ed Dunod/RIA, Paris.
  22. **BLECKER, 2004** : « *Unité de technologie des industries argoalimentaires* ». journées d'actualisation des connaissances – gembloux.

23. **BOUDIER F.M. et LUQUET F.R., 1981:** « Utilisation du Lactosérum en alimentation humaine et animale ». Synthèse Bibliographique N°21 APRIA, Paris, 96p.
24. **BOUDJENAH-HAROUN S., 2012:** « *Aptitudes à la transformation du lait de chamelle en produits dérivés : effet des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaire* ». Thèse Doctorat en Sciences biologiques, TIZI OUZOU, 99 p.
25. **BOUQUELET S., 2008 :** Les Protéines alimentaires *in* : «*Biochimie alimentaire* », Ed Université des Sciences et Technologies de Lille.
26. **BOURRIOT S., 2002 :** « *Conférence sur les additifs alimentaires* ». Olympiades Nationales de la Chimie, 9p.
27. **BRANCO D., 1989 :** « *Les esters de sorbitan et polysorbates des émulsionnants multifonctionnels* ». Industrie Agro alimentaire, Ed : SEPPIC, Paris, pp 745- 746.
28. **BRG., 1998 :** « *Base de données Nationale France. Situation des ressources génétiques. Bovins, Ovins, Caprins et Porcins* ». Bureau Des Ressources Génétiques. La Bergerie Nationale Rambouillet (Eds). 247 P.
29. **BRUGERE H., 2003.** « Cours sur Le lait et les produits laitiers ». Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 2003.

## C

30. **CALDERON I., DEPETERS E.J., SMITH N.E. et FRANKE A.A., 1984:** « *Composition of goat'smilk : changes within milking and effects of a high concentrated diet* ». Journal of dairy science, 67, 1905 – 1911.
31. **CALVO M.M. ,2000 :** « *Effect of preservation treatments and ultrafiltration on chemical and technological properties of goats dairy product* ». 7<sup>th</sup> International conference on goats , 15- 21.May, Tours, France.
32. **CAMPOS R., 1990 :** « *Chemical characterization of proteinases extracted from wild thistle *Cynara cardunculus L** ». food chemistry, 35, 89-97.
33. **CAPGENE., 2014 :** « *Espèce caprine: résultats de contrôle laitier* ». Institut de l'élevage. p21. France.
34. **CAPRIGENE., 1995:** « *Race caprine françaises* », Ed : 1995. Fédération France de contrôle laitier, France.

35. **CAPRIGENE., 2004:** « *Races caprines françaises* », Ed : 2004. Fédération France de contrôle laitier, France.
36. **CAYOT P. et LORIENT D., 1998 :** « *Structures et technofonctions des protéines du lait* ». Ed Tec & Doc Lavoisier, Paris, 363 p.
37. **CHARLET P., LE JAOUEN J. C., 1976 :** « *Les populations caprines du bassin méditerranéen : aptitudes et Evolution* ». Options Méditerranéennes, 35 : 44-45.
38. **DOBIGNARD, A., CHATELAIN C., 2013:** Index synonymique et bibliographique de la flore d'Afrique du Nord.
39. **CHAZARRA S., SIDRACH L., LOPEZ-MOLINA D., RODRIGUEZ-LOPEZ J.N., 2007 :** « *Characterization of the milk-clotting properties of extracts from artichoke (Cynara scolymus L.) flowers* ». International Dairy Journal, 17, 1393–1400.
40. **CHEFTEL J.C., 1992 :** « *Protéines alimentaires : Biochimie, propriétés fonctionnelles, valeurs nutritionnelle, modifications chimiques* ». Ed : Tec et Doc Lavoisier, Paris, 309p.
41. **CHEFTEL J.C., CUQ J. L. et LORIENT D., 1985 :** « *Les protéines alimentaires* ». Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 309p.
42. **CHEFTEL J.C. et LORIENT D., 1982 :** « *Aspects technologiques : Les propriétés fonctionnelles des protéines laitières et leur amélioration* ». *Lait*, **62**, 435-483.
43. **CHELLIG R., 1978 :** « *La production animale de la steppe* » Congrès sur le nomadisme en Afrique, Addis-Abbéda, 6-10février.
44. **CHENAIS E., 1981 :** « *Les pattes fines (les émulsions)* ». Thèse DES sciences, Paris, 33p.
45. **CHERADI A., 1997:** « *Contribution à une définition d'une stratégie de développement de l'élevage caprin en Algérie* » Thèse. Ing. INA. El-Harrach. Alger.
46. **CHILLIARD Y. et SAUVANT D., 1987 :** « *La sécrétion des constituants du lait. In Le lait matière première de l'industrie laitière* ». INRA – CEPIL., Ed. INRA. Paris. Pp 13 – 26.
47. **CHILLIARD Y., 1996 :** « *Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre : comparaison avec les laits de vache et humain. Actes du colloque : le lait de chèvre : un atout pour la santé* ». INRA, Niort, France, pp 51 – 65.

48. **CHILLIARD Y., 1997** : « *Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre : comparaison avec les laits de vache et humains. Intérêt nutritionnel du lait de chèvre* ». Annales pharmaceutiques françaises, 59, 1, 51.
49. **CHITOUR C.E., 2004** : « *Physico-chimie des surfaces, les interfaces liquide-liquide et gaz-liquide dans les solutions aqueuses* ». Ed OPU, N°2, Alger, 249p.
50. **CHRISTEN C. et VIRASORO E., 1935** : « *Présures végétales, extraction et propriétés* ». Institut de Recherches Scientifiques et Techniques de la Faculté de Chimie Industrielle. Université Nat. du Littoral, Santa-Fé, R. Argentine. pp : 144-145, 362-361.
51. **CLAVERIE-MARTÍN F., HERNÁNDEZ M. C., 2007** : « *Aspartic proteases used in cheese making* » in POLAINA J. et MACCABE A.P., « *industrial enzymes* », pp: 207-219.
52. **CLAYTON, 1930** : « *La technique des émulsions* ». Ed : Lassailly et Bichebois, laboratoire de technologie, 1 – 11.
53. **COLLIN J.C., GRAPPIN R. et LEGREAT Y., 1977** : « *Etude de la méthode de mesure selon BRRIDGE, du temps de coagulation du lait additionné d'une solution enzymatique* ». Revue laitière Française, 355, 389-394.
54. **CORCY J. C., 1991** : « *La chèvre* », Ed : la maison rustique. Paris, 180-197, 256 P.
55. **CORDEIRO M.C., JAKOB E., PUHAN Z., PAIS M.S. et BRODELIUS P.E., 1992** : « *Milk clotting and proteolytic activities of purified chymosins from *Cynara cardunculus*. Comparaison to chymosin. Milchwissenschaft* ». PP : 47 : 683-687.
56. **CORRINE M., 2017** : « *Caprins 2017, production lait et viande* ». GEB 201. Institut d'élevage. France.
57. **CUQ J.L., 2007** : « *Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc* ». Université de Montpellier. pp: 20-25.
58. **CUVILLIER, 2005** : « *Mesurer votre rendement fromager* ». Chambre d'agriculture SAONE – ET – LOIRE, 2p.

## D

59. **D.S.A., 2015**: « *Données statistiques de la direction des services agricoles Djelfa* ».
60. **D.S.A., 2018**: « *Données statistiques de la direction des services agricoles Djelfa* ».
61. **DALMAZZONE C., 2000** : « *Génération mécanique des émulsions* ». Oil & Gas Science and Technology. Rev.IFP. PP : 55, 281 - 305.

62. **DANIAUX C., 2010** : « *Lait de chèvre : vérités et contrevérité* », filière ovine et caprine n°34-4<sup>ème</sup> trimestre. pp5-10.
63. **DENIS B., 2000** : « *La chèvre un animal à découvrir* ». Conf, Inter. On Goats n°7.INRA France, Tours, pp1009-1011.
64. **De ROISSART H., MIETTON B., DESMAZEAUD M. et WEBER F., 1994** : « *Transformation du lait en fromage* ». In « *Bactéries lactiques* » De Roissart H. et Luquet FM. Ed. Loriga Tome 2. 55-780.
65. **DE SIMIANE, M., BROQUAT B., HUGUET L. 1975** : « *Facteurs influençant la consommation des fourrages verts par la chèvre laitière* ».La chèvre. PP : 88, 23 – 29.
66. **DECANDIA M., CABIDDU A., MOLLE G., BRANCA A., EPIFANI G., PINTUS S., TRAVERA., F PIREDDA G., PINNA G. and ADDIS M., 2007** : « *Effect of different feeding système on fatty acid composition and volatil compound content in goat milk* ». CIHEAM, Option Méditerranéennes, Serie A, 74, 129-134.
67. **DIAZ-CARILLO E., MUNOZ-SERRANO A., ALONSO-MORAGA A. and SERRADILLA-MANRIQUE M., 1993** : « *Near infrared calibration for goat's milk components : protein, total casein,  $\alpha$ S-,  $\beta$ - and  $\kappa$ - caseins, fat and lactose* ». Journal of Near Infrared Spectroscopy, 1,141-146.
68. **DICKINSON E., 1998** : « *Proteins at interfaces and in emulsions Stability, rheology and interactions* ». *J Chem Soc Faraday Trans*, 94.
69. **DICKINSON E.; TANAI S., 1992** : « *Protein displacement from the emulsion droplet by oil- soluble and water- soluble surfactant* », *J Agric Food Chem*, **40** (2), 179–183.
70. **DIETER N., 2003**: « *La biodiversité agricole en Afrique de l'Ouest*». Situation actuelle, expériences et perspectives. Documentation de l'Atelier régional sur la biodiversité agricole, 15 à 19 décembre 2003. Bamako. Mali. Production : FAO, Rome.
71. **DOBIGNARD, A. et CHATELAIN C. 2013**: « *Index synonymique et bibliographique de la flore d'Afrique du Nord* ». <https://www.tela-botanica.org> (2019).
72. **DODD F.H., BOOTH J. 2000** : « *Mastitis and milk production dans the health of dairy cattle* ». Ed Andrews A.H, London, pp, 21 : 3-255.
73. **DORYS M., 2008** : « *Physique : notions* ». <http://www.socami.be>
74. **DOYON A., 2005** : « *Influence de l'alimentation sur la composition du lait de chèvre : revue des travaux récents* ». *J. Anim. Feed. Sci.*, 13, 685-688.

75. **DROGOUL C., GERMAIN H., 1998** : « Santé animale ovin, bovin, caprin, » , 1ère édition. Dijon : Ed Educagri, 43-53.
76. **DUMOULIN P., 2006** : « *Monographie de l'industrie caprine en Québec* ». Direction de l'innovation scientifique et technologique. Régie des marchés agricoles et alimentaire au Québec.

**E**

77. **ECK A., GILLIS J., 1997** : « *Le fromage: de la science a l'assurance qualité* ». Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris, pp : 7-39.

**F**

78. **FANTAZI K., 2004** : « *Contribution à l'étude du polymorphisme génétique des caprins d'Algérie, cas de la vallée de Ouled Righ (Touggourt)* ». Thèse Magister. INA El-Harrach. Alger. P94.
79. **FAO 2014** : « *Données statistique sur l'élevage* ». Rome.
80. **FAO., 1990** : « *Le lait et les produits dans la nutrition humaine* ». Archive des documents FAO, département d'agriculture. Rome.
81. **FAO., 1997** : « *Annuaire de production* ». Rome.
82. **FAO., 2006** : « *Consultation sur les cuirs et peaux* ». Arusha, République Unie de Tanzanie. 1<sup>er</sup> janvier. Situation actuelle. Rome.
83. **FARRIS M., 2009** : « *Connaissance des aliments : base alimentaires et nutritionnelles de la diététique* ». 2<sup>ème</sup> Ed. Lavoisier. Tec&Doc, pp, 18-22.
84. **FAUR L, 1992** : « *Technologie de margarine in manuel des corps gras* ». Ed : TEC et Doc, Lavoisier vol 1, Paris, pp 325-334.
85. **FELIACHI K., 2003** : Rapport national sur les ressources génétiques animales: Algérie, *Commission Nationale*, Point focal Algérien pour les ressources génétiques, Octobre, 1-46.
86. **FERNANDEZ-GARCIA E., IMHOF M., SCHLICHTHERLE-CERNY H., BOSSET J. O. and NUÑEZ M., 2008** : « *erpenoids and benzenoids in La Serena cheese made at different seasons of the year with a Cynara cardunculus extract as coagulant* ». International Dairy Journal, 18, 147- 157.
87. **FERRAH A., 2005** : « *Aides publiques et développement de l'élevage en Algérie* ». Contribution à une analyse d'impact. Algérie.

88. **FILIPOVITCH, D.J., 1954** : « *Etude sur les variations de la densité du lait de mélange* », 1954. Le lait 34 (333-334) 129-132.
89. **FLORAND L, 1988** : « *La flore totale du lait* ». Commission mammite et qualité du lait de la SNGTV, Bull, GTV, JUILLET 1988, 59-64.
90. **FOX J. H. and TOPEL J., 1975** : « Use of computerized tomography in senile dementia », *journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 38, 948-953.
91. **FRELICHOWSKA JUSTYNA, 2009** : « *Emulsions stabilisées par des particules solides: études physico-chimiques et évaluation pour l'application cutanée* ». Thèse de Doct. N° d'ordre 009-2009. Université Claude Bernard Lyon 1. Ecole doctorale de chimie, pp : 35-37.
92. **FRENCH M.H., 1971**: « *Observation sur la chèvre* ». Ed FAO, 106 P.
93. **FRIEDLI C., 2002** : « *Thermodynamique* ». In : « *Chimie générale pour ingénieur* ». Ed. PPUR presses polytechniques, 203-238.
94. **FSEC., 2006**: « *Races caprines principales, races caprines secondaires, races caprines rares, races caprines exotiques* ». Fédération Suisse Elevage Caprin. 29/30 avril 06, bulletin Exposition Nationale des chèvres.
95. **FTLQ., 2002** : Science et technologie du lait. Fondation de Technologie Laitière du Québec. Inc. Ed. Presses Internationales Polytechnique, Québec, Canada.

## G

96. **GADONNA J.P., REMOLUE M. SANDRE C. 2006** : Innovation dans les PME : « *Développement d'une émulsion sèche sans conservateur* ». Publication internet, 6p.
97. **GAGNON H.L., 2000** : « *Caractéristiques des chevreaux demandés par les consommateurs* ». Direction des services technologiques .MAPAQ. 15 P.
98. **GAILLON, P., SIGWALD, J.P., 1998**. Résultats de contrôle laitier des espèces bovines et caprine France 1997. Institut de l'élevage, Paris.
99. **GÉNIN M.G., 1932** : « *La mousse du lait* ». *Lait*, 12, 1079-1088.
100. **GIRARD M., 2000** : « *Etude des propriétés émulsifiantes d'un complexe de protéines de lactosérum et de carboxyméthylcellulose* ». Thèse de maitre (ès) science. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation université LAVAL. 5-13.
101. **GOMEZ G., 2009** : « *Abécédaire de Chimie Organique : indice de réfraction* ». Ed Pedagogie Academy, Montpellier.

102. **GONZALEZ C., HERRANZ A. et VALLÉE C., 2004** : « *Les propriétés moussantes du lait* ». Projet industriel de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 20p.
103. **GRAPPIN R., JEUNET R., PILLET R., LE TOQUIN A. 1981** : « *Etude des laits de chèvre : teneur du lait de chèvre en matière grasse, matière azotée et fractions azotées* », Lait, 1981, 61, 117-133.
104. **GREDAAL., 2003** : « *Les espèces d'ovicaprines d'Algérie* ». Groupe de recherche et des études pour le développement durable, Algérie.
105. **GRISVARD P., CHAUDUN V., 1964** : « *Le bon jardinier 2* », encyclopédie horticole, la maison rustique, Paris, 1667p.
106. **GROSCLAUDE F., RICORDEAU G., MARTIN P., REMEUF F., VASSA L., et BOUILLON J., 1994** : « *Du gène au fromage : le polymorphisme de la caséine  $\alpha S1$  caprine, ses effets, son évolution* ». INRA production animale, 7 (1), 3-19.
107. **GUEGUEN N., 1996** : « *La valeur nutritionnelle minérale du lait de chèvre. intérêt nutritionnel et diététique du lait de chèvre* ». Acte du colloque : le lait de chèvre, un atout pour la santé. INRA. Niort. France 67-80.
108. **GUERY J., 2006** : « *Emulsions doubles cristallisables : stabilité, encapsulation et relargage* ». Thèse Doctorat en Physique et Chimie des Matériaux, Université Paris VI, 178p.
109. **GUESSAS H., SEMAR S., 1998** : « *Réflexion sur la mise en place d'un centre géniteur caprin dans la région de Ghardaïa* ». Thèse. Ing. INA. El-Harrach. Alger.
110. **GUIRAND J., 1998** : « *Microbiologie Alimentaire* ». Ed Dunod , Paris.
111. **GUY F. I., 2006** : « *Elaboration d'un guide méthodologique d'intervention lors de contamination par les salmonelles de produits laitiers ou lait cru en zone de productions fromagères AOC du massif central* ». Thèse doctorat d'état, université Paul Sabatier de Toulouse. France, 17p.

## **H**

112. **HAFID N., 2006**: « *L'influence de l'âge, de la saison et de l'état physiologique des caprins sur certains paramètres sanguins*». Thèse Magister. Univ Batna, 74 P.
113. **HAMIDI M., 2015**: « *Etudes des propriétés fonctionnelles et des aptitudes à la coagulation du lait de dromadaire par la couche de kaolin du gésier des poules* ». Thèse. Doctorale. Univ Mohamed Khider- Biskra. 78 P.

114. **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 d'Algérie du Nord* ». Thèse. Ing. INA. El-Harrach. Alger. 78 P.
115. **HENNANE M., 2012** : « *Lait cru de chèvre en Algérie* ». Licence de microbiologie. Université Abderhamane Mira de Béjaia.
116. **HMAMMOUCHI M., 1999** : « *Les plantes médicinales et aromatiques marocaines. Utilisations, biologie, écologie, chimie, pharmacologie, toxicologie* ». Imprimerie de Fédala, Mohammedia (Maroc), 389 pp.
117. **HOGAN J. S., GONZALES R. N., OLIVIER S. P., PANKEY J. W. et SMITH K. L., 1999** : « *Etude comparative de la qualité physico chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardâa* ». <https://www.researchgate.net/publication/300060300>.

**I**

118. **INRA : INSTITUT NATIONAL DES RECHERCHES AGRONOMIQUES, 2015** : « *Longévité et productivité des chèvres Créole* ». Fiche INRA. Unité de Recherche Zootechnique. INRA .Antilles-Guyane .Guadeloupe (France).

**J**

119. **JAUBERT A., 1993** : « Numération cellulaire et caractéristiques biochimique et technologiques du lait de chèvre, in somatic cells and milk of small ruminant » – Proceeding of an international symposium, 25 – 27 septembre, Bella, Italy, 263 – 268.
120. **JAUBERT A., 1996** : « *Les vitamines et les nucléotides du lait de chèvre. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre* ». Actes du colloque : le lait de chèvre : un atout pour la santé. INRA, Niort, France, pp 81– 92. **JENOT F., BOSSIS N., CHERBONNIER J., FOULLAND C., GUILLON M.P., LAURET A., LETOURNEAU P., POUPIN B., REVEAU A., 2000** : « *Les taux de lait de chèvre et leur variation* ». Eds, L'Éleveur de Chèvres -numéro 7- 10p.
121. **JENSEN R., 1995** : « *Handbook of milk composition-General description of milks* » ,Academic Press,Inc:3 (919).
122. **JEUNET R., GRAPPIN R., 1970** : « *Note sur la relation entre l'indice de la réfraction de la matière grasse du lait et la précision des dosages de matière grasse par l'appareil milko- tester* », 1970. Le lait 50 (499-500) 654-657.

123. **JOFFIN, C et JOFFIN, J.N, 1999** : « *Microbiologie Alimentaire* ». Ed CRDP, **5**, Aquitaine collection biologie technique, 214p.

**K**

124. **KAMOUN M., 1991** :. Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. In : « *Option Méditerranéenne* », *CIHEAM*, **12**, 23-103.
125. **KEBBAB S., 2016**: « Un appui potentiel à la filière lait Outre la vache, la chèvre laitière » dans L'élevage caprin en Algérie. Collection dossiers agronomiques. Ed 2016. P14.
126. **KERN A., 1954**: Utilisation du lait de brebis en Israël. *Lait*, **34**, 408-422.
127. **KNIGHTS M. and GARCIA G.W., 1997** : « *The status and characteristics of the goat (Capra hircus) and its potential role as a significant milk producer in the tropics : A Review* ». *Smal Rum. Res.* **26** : 203-215.

**L**

128. **LAHRECH A., 2001** : « *Analyse des performances zootechniques des chèvres (Capra hircus) de races locales « Makatia et Arbia » et des produits (génération F1) issus du croisement « Makatia X Shami »(Station Taadmit Djelfa.)* », Thèse Ing. En Agropastoralisme, production animale. Centre Universitaire Ziane Achour Djelfa. Pp : 116-117.
129. **LAHSISSENE H., KAHOUADJI A., TIJANE M. & HSEINI S., 2009** : « *Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de zaër (Maroc occidental)* ». *LEJEUNIA revue de botanique Nnouvelle série N° 186-2* Décembre 2009.
130. **LAMAS E. M., BARROS R. M., BALCÃO V.M. and MALCATA F. X., 2001** : « *Hydrolysis of whey proteins by proteases extracted from Cynara cardunculus and immobilized onto highly activated supports* ». *Enzyme Microb Technol.*, **28**, pp: 642-652.
131. **LARPENT J.P., 1990** : « *Laits et produits laitier non fermentés. Dans microbiologie alimentaire (Bourgeois C.M, Mescle J.F et Zucca J)* » Tome1 : Aspect

- microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. Edition Tec & Doc, Lavoisier, pp : 201-215.
132. **LE JAOUEN J.C., 1986** : « *Composition du lait et de nombreux facteurs* ». La chèvre, 153, 10 – 13.
133. **LE JAOUEN, J.C., 1990**: Les enjeux de la qualité. Réussir la chèvre, 179,19 – 21.
134. **LE JAOUEN, J.C., 1999** : « *Reproduction et traitement lumineux* ». Chèvre, 230, 27 – 29.
135. **LEMELIN M., 2005** : « *Produire du lait de chèvre à l'année, ou comment dessaisonner sa production* ». Filière Ovine et caprine, 11 1-5.
136. **LIBOUGA D.G., VERCAIGNE-MARKO D., DJANGAL S. L., CHOUKAMBOU I., EBANGI A.L., M. OMBIONYO, BEKA R.G., ABOUBAKAR T.M., GUILLOCHON D., 2006** : « *Mise en évidence d'un agent coagulant utilisable en fromagerie dans les fruits de *Balanites aegyptiaca*. Tropicultural* » 24, pp : 229-238.
137. **LIBRES, 2002** : « *Manuel des travaux pratiques, cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments* ». Unité microbiologie des laits et des produits laitiers. Institut Pasteur d'Algérie. Pp : 21-27.
138. **LINDEN G. ; LORIENT D., 1994** : « *Biochimie agro- industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole* ». Ed Masson, Paris, 67p.
139. **LINDER M. et SCHER J., 2004** : « *Les propriétés moussantes du lait* ». Projet Industriel. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. ENSAIA. Vandoeuvre - les- Nancy.
140. **LORIENT D., CLOSS B. et CAURTHAUDAN J.L., 1991** : « *Connaissances nouvelles sur les propriétés fonctionnelles des protéines du lait et des dérivés* », Lait, 71, 141-171.
141. **LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L and RANDALL R.J., 1951** : « *Protein measurement with Folin phenol reagen* ». Journal Biochemistry , 193, 265-275.
142. **LUBIN D., 1998** : Le lactosérum. In : « *le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine* ». Collection FAO 1998 : alimentation et nutrition N°28, Rome, Italie.

**M**

143. **MADANI T., 2000** : « *L'élevage caprin dans le Nord Est de l'Algérie* ». Gruner L. et Chabert Y. (Ed). INRA et Institut de l'Elevage Pub, Tours 2000. Actes de la 7<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Caprins, Tours (France), 15-21/05/00 : 351-353.
144. **MADANI T., YAKHLEF H., ABBACHE N., 2003** : « *Les races bovines, ovines, caprines et camelines" in "évaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaire à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture* ». Recueil des Communications Atelier N°3 «Biodiversité Importante pour l'Agriculture» MATE-GEF/PNUD Projet ALG/97/G31, Tome 10 : 47 – 48.
145. **MAGNUSSON M., CHRISTIANSSON A and SVENSSON B., 2007** : « *Bacillus cereus spores during housing of dairy cows: factors affecting contamination of raw milk* ». J Dairy Sci 90, 2745–2754. <https://pub.epsilon.slu.se/1402/1/2007-42-eps.pdf>.
146. **MAHAUT M., JEANTET R., BRULE G., 2000** : « *Initiation à la technologie fromagère* ». Tec & Doc Lavoisier. pp : 1-21.
147. **MAHE S., 1996** : « *Valeur nutritionnelle du lait en alimentation humaine. Intérêts nutritionnels et diététique du lait de chèvre* ». Actes du colloque : le lait de chèvre : un atout pour la santé. INRA, Niort, France, pp 9 – 26.
148. **MAMI A., 2013** : « *Recherche des bactéries lactiques productrices de bactériocines à large spectre d'action vis-à-vis des germes impliqués dans les toxi-infections alimentaires en Algérie* ». Thèse de doctorat. Université d'Oran.176p.
149. **MARTIN P., 1996** : « *La composition protéique du lait de chèvre : ses particularités. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre* ». Actes du colloque : le lait de chèvre : un atout pour la santé. INRA, Niort, France, pp 9 – 26.
150. **MARTINS A. P. L., VASCONCELOS M. M. P. And SOUSA R. B., 1996** : « *Thistle (Cynara cardunculus L.) flower as a coagulant agent for cheesemaking* ». Short characterization. Le Lait, 76, 473–477.
151. **MATHIEU J., 1998** : « *Initiation à la Physico-Chimie du Lait* ». Ed Tec Doc Lavoisier, Paris.
152. **MATHIEU M., 2006** : « *La chèvre Boer* ». Association : Association des caprines. France.

153. **MEKHALDI W. ; TOBAL M., 1998** : Valorisation d'un bon produit de raffinage des corps gras par formulation d'une crème cosmétique. Thèse USTHB Alger, 62p.
154. **MICHEL D., 2016** : « Espèce caprine ». résultats du contrôle laitier caprin. Institut d'élevage. France, p11.
155. **MORA-GUTIERREZ A., HAROLD M., FARRELL J.R. and KUMOSINSKI T.F., 1993** : « *Comparison of calcium induced Association of bovine and caprine caseins and the Relationship of  $\alpha$  S1- casein content to colloidal stabilization : A thermodynamic linkage analysis* ». Journal of Dairy Science, 76, 3690 – 3697.
156. **MORGAN F., V. MASSOURAS T., BARBOSA M., ROSEIRO L., RAVASCO F., KANDARAKIS I., BONNIN V., FISTAKORIS M., ANIFANTAKIS E., JAUBERT G., and RAYNAL- LJUTOVAC k., 2003** : « *Characteristics of goat milk collected from small and medium enterprises in Greece* ». Portugal and France. Small Ruminant Research . 47 : 39 – 49.
157. **MORGE S., LEFRILEUX Y. et BLANCHARD F., 2007** : « *Report du lait et du caillé de chèvre et la qualité sensorielle des fromages au lait cru ou pasteurisé* ». Lait, 81, 743-756.
158. **MORRISSEY P., 1995** : « *Lactose : chemical and physicochemical properties* ». In: FOX, PF. Developments in dairy chemistry –3, 1995. Elsevier, London.
159. **MORSLI A., BELLAL M. and AMMOUCHE A., 1985** : « *Etude du pouvoir de coagulation sur le lait de quelques plantes locale* ». Ann .I.N.S.T et I.N.A. Alger 9(2) pp63-84.
160. **MOUALEK I., 2009** : « *Caractéristiques du lait de chèvre collecté localement : séparation chromatographique et contrôles électrophorétique des protéines* ». Mémoire de Magister. Science biologique. Université Mouloud Mammeri de Tizi ouzou.22-23.
161. **MOUZALI L., 2001.** « *Extraction et caractérisation de l'agent coagulant de la fleur de cardon sauvage (Cynara cardunculus)* ». Mémoire de magister. Institut national agronomique. 86p.

**N**

162. **NADJRAWI D., 2003:** « *Profil fourrager en Algérie* ». Rapport de FAO.
163. **NADJRAWI D., 2006:** « *Country pasture/ forage resource profiles in Algeria* ».Rapport de FAO.

164. NAVES M., ALEXANDRE A., LEIMBACHER F., MANDONNET N. & MENENDEZ- BUXADERA A., 1998 : « *Avances en los programas de gestión de los recursos geneticos en los rumiantes del Caribe* ». In «IV Congreso Iberoamericano de razas autóctonas y criollas». 22-28 novembre 1998, Tampico, Mexique. 78-93.
165. NOUANI A., DAKO E., MORSLI A., BELHAMICHE N., BELBRAOUE S., BELLAL M.M., DADIE A., 2009. « *Characterization of the purified coagulant extracts derived from artichoke flowers (Cynara scolymus) and from the fig tree latex (Ficus carica) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria* ». J. Food Technol., 7(1), 20-29.

**O**

166. OLIVIER J. J., CLOETE S. W. P., SCHOEMAN S. J. and MUELLER C. J. C., 2005 : « *Performance testing and recording in meat and dairy goat* ». Small Rum. Res. 60 : 83-93.
167. OLIVIER D., 2004 : « *Les émulsions* ». Collection dirigée par Joël Cnokaert. IA IPR Biochimie. Génie biologique Françoise Guillet. IGEN Biotechnologies et secteur médico-social. BioTech.10p.

**P**

168. PALHIÈRE I., 2001 : « *Bilan de la variabilité génétique des races Saanen et Alpine* ». Ed : CAPRIGENE France, 2001.
169. PAQUET D., THOU K.S. et ALAIS C., 1978 : « *Obtention de produits moussants alimentaires par hydrolyse ménagée des protéines du lactosérum de fromagerie* ». Ind Alim Agric, 95, 161-165.
170. PARK W Y., JUAREZ M., RAMOS M. And HAENLEIN G.F.W. 2007 : « *Physicochemical characteristics of goat and sheep milk* ». Small Ruminant Research. 68, 88-113.
171. PAYS K., 2000 : « *Les émulsions doubles : coalescence et murissement de composition* ». Thèse de Doctorat, Université Bordeaux.
172. PEACOCK C., 2005 : *Goats : a pathway out of poverty*. Small Ruminant Research. 60 : 179-186.
173. PELLERIN P., 2001 : « *Mise au point Intérêt nutritionnel de lait de chèvre Connaissances actuelles et perspectives* », Ann Pharm Fr, 2001-59, Masson, pp 51-62.

174. **PEPIN L., 1994**: « *Recherche de polymorphisme génétique chez les caprins* ». Applications à l'étude de la diversité des populations, au contrôle de filiation et à la résistance génétique à la coudriose. Thèse Paris XI, P 139.
175. **PIERRE A., JEAN-LUC LE QUERE , RIAUBLANC A., YVON LE GRAET., DEMAIZERES D. and MICHEL F. 1998** : « Composition and physico-chemical characteristics of goats milks containing A or O  $\alpha$ S<sub>1</sub>casein variants ». 78, 191-202.
176. **PORE, 1995** : « *Emulsions, microémulsions, émulsions multiples* ». Ed : les éditions techniques des industries des corps gras, 270p.
177. **PORTIER J, 2008** : « *Les fiches explicatives : Comprendre les émulsions, la belle verte* » Publication internet, <http://labelleverte.over-blog.net>,
178. **PORTMANN A., 1970** : « *La congélation et le stockage du fromage de chèvre* ». Lait, 493, 494, 161-164.

**Q**

179. **QUITTET E., 1975**: « *La chèvre: guide de l'éleveur* ».Ed maison rustique. Paris, 277 P.

**R**

180. **RAMET J.P., 1985** : « *La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen* ». Etude FAO production et santé animales ,48.Rome, Italie.
181. **RAMET J.P, 1993** : « *La technologie des fromages au lait de dromadaire (Camelus dromedarius)* ». Etude FAO Production et santé animales, 113, Rome.
182. **RAMET J.P., 1997** : « *Les agents de transformation du lait in Le fromage* », 3eme édition, Tech. & Doc. Paris, pp: 165-172.
183. **REMEUF F., 1993** : « *Influence du polymorphisme génétique de la caséine  $\alpha$ S<sub>1</sub> caprine sur les caractéristiques physicochimiques et technologique du lait* ». Lait, 73, 549-557.
184. **REMEUF F., LENOIR J., Duby C. 1989** : « *Etudes des relations entre les caractéristiques physicochimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure* ». Lait 69, 499-518.
185. **RICHARD.J., 1987** : « *La microbiologie et l'hygiène du lait dans : Le lait matière première de l'industrie* ». Edition : Paris codex.

186. **ROSEIRO L.B., BARBOSA M. M., AMES J. and WILBEY R. A., 2003** :  
« *Cheesemaking with vegetable coagulants the use of Cynara L. for the production of ovine milk cheeses* ». International Journal of Dairy Technology, **56**, 76-85.
187. **ROTHER G.A.L., AXELSEN N.H., JOHNLE P. and FOLTMANN B., 1976** :  
« *Immunochemical chromatographic, and milk-clotting activity measurements for quantification of milk-clotting enzymes in bovine rennet's* ». Journal Dairy Research, **43**, 85-95.
188. **ROUX E., 2003** : « *Les oléosines, de nouveaux émulsifiants d'origine végétale. Comparaison des globules lipidiques extraits de végétaux (A. thaliana) et de levures (Y. lipolytica)* ». Thèse Doctorat en Biochimie, INA Paris-Grignon, 199p.

**S**

189. **SAURIS Y., 1973** : « *Fromage de chèvre* ». Lait, 525, 526, 309 – 316.
190. **SCHAGGER H., 2006** : « *Tricine – SDS- Page. Natural protocols* ». Vol .1 No 1.  
<http://www.nature.com/natureprotocols> (2012).
191. **SI TAYEB N., 1989** : « *La chèvre laitière de race Saanen : résultats de production obtenue à la ferme d'élevage de Draa Ben Khaada* ». Thèse. Ing. INA. El-Harrach. Alger. 144 P.
192. **SIBOUKEUR O., 2007** : « *Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation* ». Thèse Doctorat en Sciences Agronomique, EL-HARRACH-ALGER, 135p.
193. **SIDRACH L., GARCIA-CANOVAS F., TUDELA J., NEPTUNO RODRIGUEZ-LOPEZ J., 2005** : « *Purification of cynarases from artichoke (Cynara scolymus): enzymatic properties of cynarase A* ». Phytochemistry, **66**, 41-49.
194. **SILVA S. V., MALCATA F. X., 1999** : « *On the activity and specificity of cardosin B, a plant proteinase, on ovine caseins* ». Food Chemistry, **67**, 373–378.
195. **SOUSA M.J., MALCATA F.X., 1997** : « *Comparison of plant and animal rennets in terms of microbiological, chemical and proteolysis characteristics of ovine cheese* ». Journ of Agricultural and food chemistry. **45** (1), 74-81. **SOUSA M. J., MALCATA F. X., 2002** : « *Advances in the role of a plant coagulant (Cynara cardunculus) in vitro and during ripening of cheeses from several milk species* ». Le Lait, **82**, 151–170.4.
196. **SPCQ., 1998** : « *La production laitière, la production de viande, la production de fibre mohaire* ». Syndicat des producteurs de chèvres de Québec. Canada.

197. **St-GELAIS D., OULD BABA A., TURCOT S., 2000** : « *Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation. Centre de recherche et de développement sur les aliments : Agriculture et Agroalimentaire* » Canada. 2000, pp 1-12.
198. **SUBHASH C. et AYIRALA N., 2006** : « *Interfacial behaviour of complex hydrocarbon fluid at elevated pressures and temperatures* ». Canadian journal of chimicall engineering. Vol 84, N°1, pp : 22 – 32. Unité de Technologie des Industrie Agroalimentaires, Journée d’actualisation des connaissances, Gembloux.
199. **SYLVAIN N., 2004** : « *Positionnement des produits laitiers caprins auprès des professionnels de la santé* ». Association laitière de la chèvre de Québec, 43-48.

**T**

200. **TAZI M., 2001** : « *Etude de quelques aspects d’élevage caprin en Algérie* ». Journée d’étude sur l’élevage caprin. Ed Alpha Agri – Plus, 1 – 4, Alger.
201. **THIEULON M. 2005** : « *Laits pathogènes : staphylocoques* ». Revue de la chambre d’agriculture du Cantal. 1-2.
202. **THUAULT F., 2012** : « *Petit guide pratique à l’usage des éleveurs de chèvres de race pyrénéenne* ». P 23. <http://www.chevredespirenees.org>.
203. **TOUHAMI M., 1996** : « *Intérêt nutritionnel du lait de chèvre. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre* ». Actes du colloque : le lait de chèvre : un atout pour la santé. INRA, Niort, France, pp 93– 100.
204. **TOURAIN F., et DRAPRON R. 1987** : « *Activité de lipase de Rhizopus arrhizus en milieu eau-glycérol et eau-glycol* ». Science des aliments, 3, 411- 431.
205. **TSOULI J., 1974** : « *Etude comparée de l’activité enzymatique de 3 variétés d’artichauts du genre Cynara Cardunculus L. sur la coagulation du lait* ». Le lait, 537, pp 415-42. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00928660>.

**V**

206. **VAUTION, 1983** : « *Les agents de surface. oléagineux-corps gras- lipides* », 4, 275 - 280.
207. **VERISSIMO P., FARO C., MOIR A. J. G., LIN Y., TANG J. and PIRES E., 1996** : « *Purification, characterization and partial acid sequencing of two new aspartic proteinases from fresh flowers of Cynara cardunculus L* ». Eur. J. Biochem., 235, 762-768.

208. **VERISSIMO P.C., ESTEVES Cl., FARO C.J., PIRES E.V., 1995** : « The vegetable rennet of *Cynara- - Cardunculus*L. Contains two protéinases with chymosin and pepsin like specificities ». *Boitech Letters*; 17 (6) 621 -626.

**W**

209. **WALKENSTROM P., 1993** : « *Functional properties of whey proteins* ». University of Technology, Sweden , 162p.
210. **WALSTER P. et ROSS, 1993** : « *Proteins at avi- water and oil-water interfaces static and dynamic aspects* ». Ed : TEC et Doc, Lavoisier. Paris, pp 305 – 525.
211. **WANGO H J., 1997** : « *Chemical and Technological Properties of Camel (Camelus dromedarius) Milk* ». Diss. ETH Nr. 12295, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
212. **WATTIAUX M. et HOWARD W.T., 2006** : « Subject : Le lait ». Accessed 2005.
213. **WEBB B.H., JOHNSON A.H and ALFORD J.A., 1974** : « *Fundamentals of Dairy Chemistry* ». Ed Chapman & Hall, London, New York.
214. **WEHRMULLER K., ET RYFFEL S., 2007** : « *Produits au lait de chèvre et alimentation* ». .ALP actuel, no 27.Eds, Sta. Rech. Agro. Liebefeld-Posieux ALP. Posieux .Suisse.

**Z**

215. **ZAHRADEEN D., BUSTWAT S. R. and MBAP S. T., 2007** : « *Evolution of some factors affecting mik composition of indigenous goats in Nigeria* ». *Livestock Research for Rural deveopment*, 19 (11), 1-8.
216. **ZIKIOU ABDELLAH, 2013** : « *La coagulation du lait par l'extrait des fleurs de cardon (Cynara cardunculus)* ». Thèse de magister en sciences alimentaires, option : Biochimie et Technologies Alimentaires. Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires (I.N.A.T.A.A.).pp : 55-68.

---

# **ANNEXES**

---

**ANNEXE 01 : SDS-PAGE en tampon Tricine Système Biorad Mini Protan Tetra Cell****Préparation des tampons :****Tampon Tricine 3X – 150 ml**

	<b>Concentration finale</b>	<b>Quantité</b>
<b>Tris base (trzmabase) (M=121 g/mol)</b>	3M	54.45g
<b>SDS</b>	0.3%	450mg
<b>HCl</b>	Ajuster à pH 8.4 Qsp 150 ml	

**Tampon Anode 10X – 250 ml**

	<b>Concentration finale</b>	<b>Quantité</b>
<b>Tris base (trzmabase) (M=121 g/mol)</b>	1M	30.25g
<b>HCL</b>	225mM	56.2 ml de HCl 1M
	Ajuster à pH 8.9 Qsp 250 ml	

**Tampon Cathode 10X – 250 ml**

	<b>Concentration finale</b>	<b>Quantité</b>
<b>Tris base (trzmabase) (M=121 g/mol)</b>	1M	30.25g
<b>Tricine (M=179.2g/mol)</b>	1M	44.8g
<b>SDS</b>	1%	2.5g
Qsp 150 ml		
Mesurer le pH (idéalement 8.25) mais ne pas l'ajuster.		

**Tampon de solubilisation des échantillons 5X-10ml**

	Concentration finale	Quantité
Tris HCl (M=157.60 g/mol)	250mM	394mg
SDS	10%	1g
Glycérol	50%	5 ml
B-mercaptoéthanol	7.5%	750µl
Eau		4.25 ml (qsp 10 ml)
Bleu Bromophénol		1 pointe de spatule.

**Gel de séparation**

	1 gel	2 gels	3 gels	4 gels
Acrylamide	3 ml	6 ml	9 ml	12 ml
Tampon tricine 3X	2.6 ml	5.1 ml	7.8 ml	10.4 ml
Glycérol	600 µl	1.2 ml	1.8 ml	2.4 ml
Eau	1.35 ml	2.7 ml	4.05 ml	5.4 ml
Ammonium persulfate (APS, 10%)	38 µl	75 µl	114 µl	152 µl
TEMED	11 µl	22 µl	33 µl	44 µl

L'APS doit être préparée fraîchement ou congelé. L'APS et le TEMED sont ajoutés au dernier moment car ils provoquent la polymérisation.

**Gel de concentration.**

	1 gel	2 gels	3 gels	4 gels
Acrylamide	0.9 ml	1.8 ml	2.7 ml	3.6 ml
Tampon tricine 3X	2.25 ml	4.5 ml	6.75 ml	9 ml
Eau	5.9 ml	11.7 ml	17.6 ml	23.4 ml
Ammonium persulfate (APS, 10%)	38 µl	75 µl	114 µl	152 µl
TEMED	11 µl	22 µl	33 µl	44 µl

Ajouter l'APS et le TEMED en dernier.

**Coloration :**

**Fixation : 30 minutes à 1 heure**

	<b>Quantités</b>
<b>isopropanol</b>	250 ml
<b>Acide Acétique</b>	100 ml
<b>Eau</b>	650 ml

**Coloration (02 heures à une nuit)**

	<b>Quantités</b>
<b>Acide acétique</b>	100 ml
<b>Eau</b>	900 ml
<b>Bleu de Coomassie G 250</b>	60 mg

**Décoloration ( plus de 02 heures)**

	<b>Quantités</b>
<b>Acide Acétique</b>	100 ml
<b>Eau</b>	900 ml

**ANNEXE 02 : Les rendements fromagers.**

**Tableau 2.1 : Effet combiné « race\* coagulant » sur les rendements fromagers.**

Tests Univariés de Significativité pour COEF (TRAVAIL RENDEMENT) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
<b>ord. origine</b>	10,56557	1	10,56557	54032,34	0,000000
<b>Race</b>	0,24555	3	0,08185	418,59	0,000000
<b>Coagulant</b>	0,00667	1	0,00667	34,09	0,000025
<b>Race*Coagulant</b>	0,02785	3	0,00928	47,48	0,000000
<b>Erreur</b>	0,00313	16	0,00020		

**Tableau 2.2 : Effet « coagulant » sur les rendements fromagers.**

Test de Newman-Keuls ; variable MS (TRAVAIL RENDEMENT) Probabilités Approximatives des Tests Post Hoc Erreur : MC Inter = 57,110, dl = 16,000			
	Présure	{1}	{2}
<b>1</b>	Cynara		0,513994
<b>2</b>	Présure	0,513994	

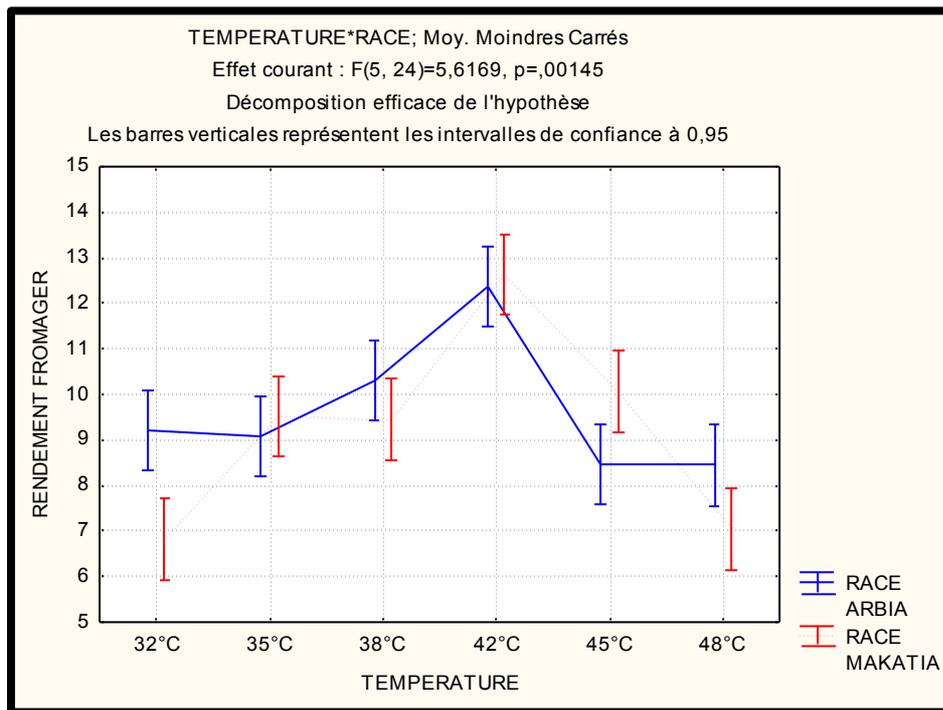
**Tableau 2.3 : Effet « coagulant » sur les taux de matière sèche des fromagers des quatre races.**

Tests Univariés de Significativité pour MS (TRAVAIL RENDEMENT) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
<b>ord. origine</b>	48596,40	1	48596,40	850,9303	0,000000
<b>Race</b>	294,21	3	98,07	1,7172	0,203643
<b>Présure</b>	25,46	1	25,46	0,4458	0,513835
<b>Race*présure</b>	154,97	3	51,66	0,9045	0,460686
<b>Erreur</b>	913,76	16	57,11		

**ANNEXE 03 : Amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait caprin.**

**Tableau 3.1 :** Effet « température » sur les rendements fromagers des races : Arbia et Makatia.

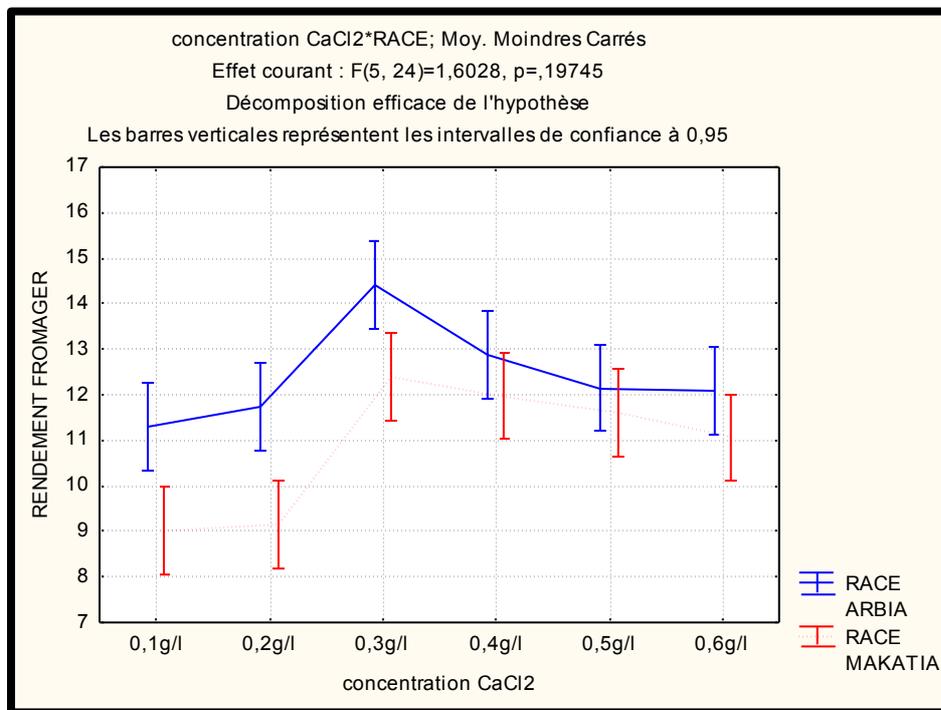
Tests Univariés de Significativité pour RENDEMENT FROMAGER (Effet température) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	3215,457	1	3215,457	5831,706	0,000000
TEMPERATURE	87,086	5	17,417	31,589	0,000000(***S)
RACE	1,388	1	1,388	2,518	0,125628 (NS)
TEMPERATURE*RACE	15,485	5	3,097	5,617	0,001449 (**S)
Erreur	13,233	24	0,551		



**Figure 3.1 :** Effet de la température sur les rendements fromager des races : Arbia et Makatia.

**Tableau 3.2:** Effet « sel » sur les rendements fromagers des races : Arbia et Makatia.

Tests Univariés de Significativité pour RENDEMENT FROMAGER (Effet Sel) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	4881,468	1	4881,468	7465,183	0,000000
concentration CaCl <sub>2</sub>	44,685	5	8,937	13,667	0,000002 (S)
RACE	21,739	1	21,739	33,245	0,000006 (S)
concentration CaCl <sub>2</sub> *RACE	5,240	5	1,048	1,603	0,197453(NS)
Erreur	15,694	24	0,654		

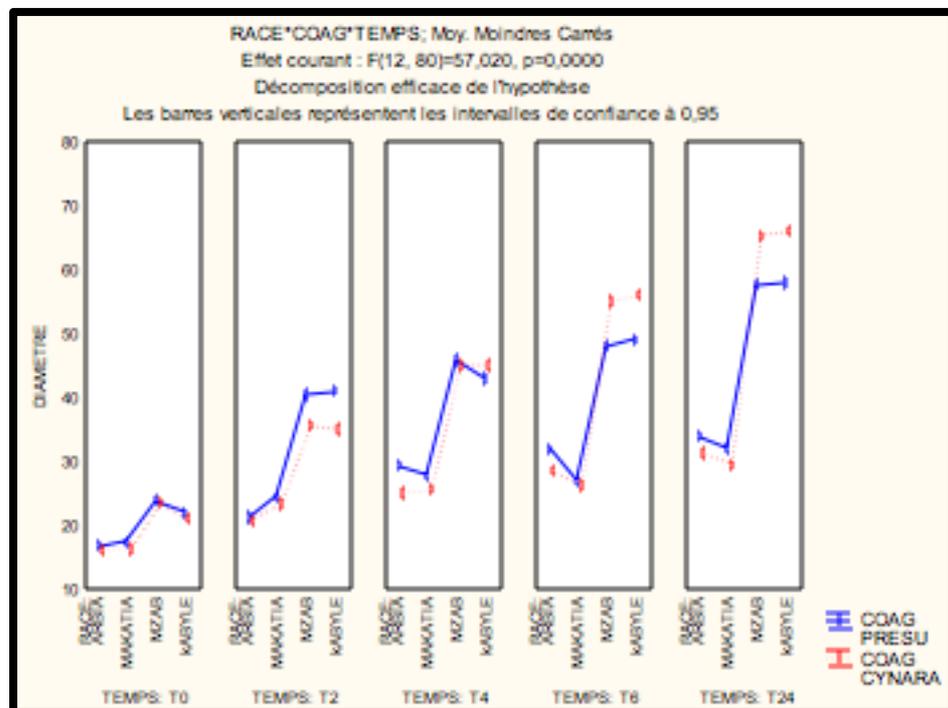
**Figure 3.2 :** Effet du sel sur les rendements fromager des races : Arbia et Makatia.

**ANNEXE 04: Emulsions.**

**4.1/ Diamètre des émulsions**

**Tableau 4.1.1 :** Tests univariés de Significativité pour le diamètre des gouttelettes.

Tests Univariés de Significativité pour DIAMETRE (Feuille de données2 dans Diamètre) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
<b>ord. origine</b>	142904,5	1	142904,5	393228,6	0,000000
<b>RACE</b>	10390,2	3	3463,4	9530,2	0,000000
<b>COAG</b>	0,0	1	0,0	0,1	0,758189
<b>TEMPS</b>	10151,0	4	2537,7	6983,1	0,000000
<b>RACE*COAG</b>	110,1	3	36,7	101,0	0,000000
<b>RACE*TEMPS</b>	2052,2	12	171,0	470,6	0,000000
<b>COAG*TEMPS</b>	150,4	4	37,6	103,4	0,000000
<b>RACE*COAG*TEMPS</b>	248,7	12	20,7	57,0	0,000000
<b>Erreur</b>	29,1	80	0,4		



**Figure 4.1.1 :** Effet combiné « race\*coagulant\*temps » sur le diamètre des gouttelettes.

**Temps T0 :**

**Tableau 4.1.2 :** Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données2 dans Diamètre)								
	<b>Moyenn e</b>	<b>Ec-Type</b>	<b>N</b>	<b>Erreur- T</b>	<b>Valeur de</b>	<b>Valeur t</b>	<b>dl</b>	<b>p</b>
<b>COAG</b>	101,5000	0,54772 3	6	0,223607	19,50000	366,715 1	5	0,00000 0
<b>TEMPS</b>	101,0000		6		19,50000		5	
<b>DIAMETR E</b>	16,4683	0,46529 2	6	0,189955	19,50000	-15,959 9	5	0,00001 8

**Tableau 4.1.3 :** Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données2 dans Diamètre)								
	<b>Moyenn e</b>	<b>Ec-Type</b>	<b>N</b>	<b>Erreur- T</b>	<b>Valeur de</b>	<b>Valeur t</b>	<b>dl</b>	<b>p</b>
<b>COAG</b>	101,5000	0,54772 3	6	0,223607	19,50000	366,715 1	5	0,00000 0
<b>TEMPS</b>	101,0000		6		19,50000		5	
<b>DIAMETR E</b>	16,7833	0,81347 8	6	0,332101	19,50000	-8,1802	5	0,00044 4

**Tableau 4.1.4 :** Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données2 dans Diamètre)								
	<b>Moyenn e</b>	<b>Ec-Type</b>	<b>N</b>	<b>Erreur- T</b>	<b>Valeur de</b>	<b>Valeur t</b>	<b>dl</b>	<b>p</b>
<b>COAG</b>	101,5000	0,54772 3	6	0,223607	19,50000	366,715 1	5	0,00000 0
<b>TEMPS</b>	101,0000		6		19,50000		5	
<b>DIAMETR E</b>	23,7033	0,74979 1	6	0,306101	19,50000	13,7319	5	0,00003 7

**Tableau 4.1.5 :** Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données2 dans Diamètre)								
	Moyenn e	Ec-Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>COAG</b>	101,5000	0,54772 3	6	0,223607	19,50000	366,715 1	5	0,00000 0
<b>TEMPS</b>	101,0000		6		19,50000		5	
<b>DIAMETR E</b>	21,5233	0,83591 1	6	0,341259	19,50000	5,9290	5	0,00194 7

**Temps T2**

**Tableau 4.1.6 :** Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T2)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	20,21000	363,539 9	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		20,21000		5	
<b>Diamètre</b>	18,7383	2,26768 1	6	0,92577 7	20,21000	-1,5897	5	0,172782 (NS)

**Tableau 4.1.7:** Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T2)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,223607	20,21000	363,539 9	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		20,21000		5	
<b>Diamètre</b>	20,3233	3,31190 4	6	1,352079	20,21000	0,0838	5	0,936451 (NS)

**Tableau 4.1.8 :** Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T2)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,223607	20,21000	363,539 9	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		20,21000		5	
<b>Diamètre</b>	29,7017	6,38104 8	6	2,605052	20,21000	3,6436	5	0,014848(S)

**Tableau 4.1.9 :** Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T2)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,223607	20,21000	363,539 9	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		20,21000		5	
<b>Diamètre</b>	28,5050	7,11352 2	6	2,904083	20,21000	2,8563	5	0,035559 (S)

**Temps T4**

**Tableau 4.1.10 :** Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	20,73000	361,214 4	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		20,73000		5	
<b>Diamètre</b>	27,1950	2,38410 4	6	0,97330 6	20,73000	6,6423	5	0,001166 (S)

**Tableau 4.1.11** :\_Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	20,73000	361,214 4	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		20,73000		5	
<b>Diamètre</b>	26,6683	1,41827 2	6	0,57900 7	20,73000	10,2561	5	0,000151(S)

**Tableau 4.1.12** :\_Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	20,73000	361,214 4	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		20,73000		5	
<b>Diamètre</b>	45,4000	0,54947 2	6	0,22432 1	20,73000	109,976 2	5	0,000000 (S)

**Tableau 4.1.13** :\_Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	20,73000	361,214 4	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		20,73000		5	
<b>Diamètre</b>	44,0000	1,31006 9	6	0,53483 3	20,73000	43,5089	5	0,000000(S)

**Temps T6****Tableau 4.1.14** :\_Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T6)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	21,15000	359,336 1	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		21,15000		5	
<b>Diamètre</b>	30,2433	1,95231 8	6	0,79703 1	21,15000	11,4090	5	0,000091(S)

**Tableau 4.1.15** :\_Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T6)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	21,15000	359,336 1	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		21,15000		5	
<b>Diamètre</b>	26,5533	0,72882 6	6	0,29754 2	21,15000	18,1599	5	0,000009 (S)

**Tableau 4.1.16** :\_Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T6)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	21,15000	359,336 1	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		21,15000		5	
<b>Diamètre</b>	51,5317	3,88415 5	6	1,58569 9	21,15000	19,1598	5	0,000007 (S)

**Tableau 4.1.17** :\_Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T6)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	21,15000	359,336 1	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		21,15000		5	
<b>Diamètre</b>	52,5033	3,89620 7	6	1,59062 0	21,15000	19,7114	5	0,000006 (S)

**Temps T24**

**Tableau 4.1.18** :\_Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T24)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	25,26000	340,955 6	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		25,26000		5	
<b>Diamètre</b>	32,5267	1,51017 4	6	0,61652 6	25,26000	11,7865	5	0,000077 (S)

**Tableau 4.1.19** :\_Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T24)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	25,26000	340,955 6	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		25,26000		5	
<b>Diamètre</b>	30,5967	1,71518 7	6	0,70022 2	25,26000	7,6214	5	0,000618(S)

**Tableau 4.1.20** :\_Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T24)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	25,26000	340,955 6	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		25,26000		5	
<b>Diamètre</b>	61,5000	4,21021 6	6	1,71881 4	25,26000	21,0843	5	0,000004(S)

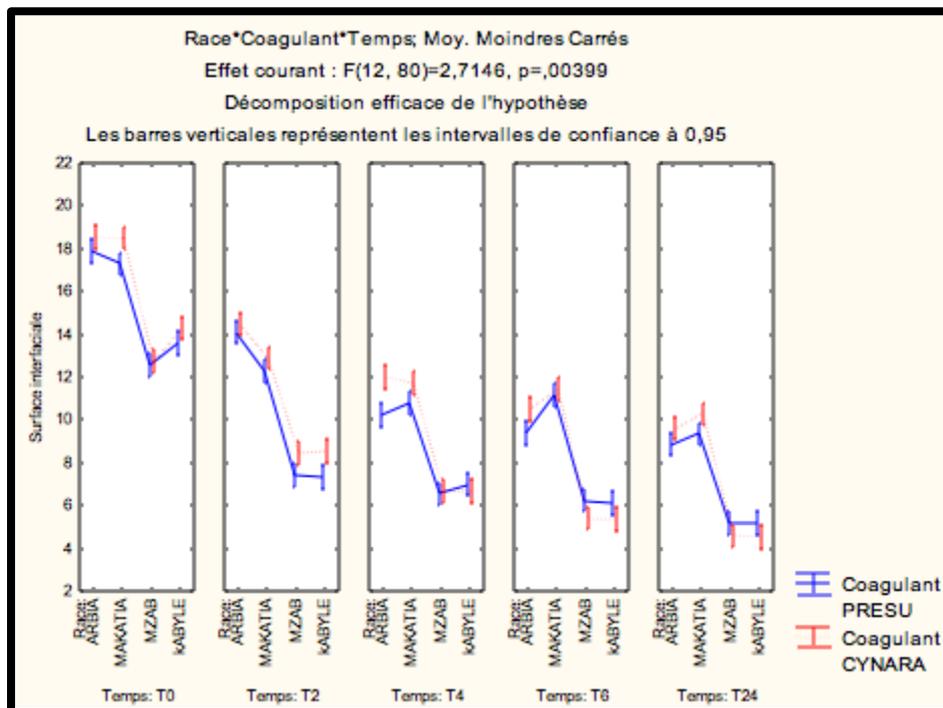
**Tableau 4.1.21** :\_Comparaison des moyennes des diamètres des gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Diamètre T24)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulan t</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	25,26000	340,955 6	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,000 0		6		25,26000		5	
<b>Diamètre</b>	61,9983	4,40965 0	6	1,80023 2	25,26000	20,4076	5	0,000005 (S)

#### 4.2/ Surface interfaciale

**Tableau 4.2.1 :** Tests univariés de Significativité pour la surface interfaciale.

Tests Univariés de Significativité pour Surface interfaciale (Surface interfaciale) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
<b>ord. origine</b>	12352,76	1	12352,76	56850,69	0,000000
<b>Race</b>	704,44	3	234,81	1080,67	0,000000
<b>Coagulant</b>	5,69	1	5,69	26,19	0,000002
<b>Temps</b>	1072,61	4	268,15	1234,11	0,000000
<b>Race*Coagulant</b>	5,45	3	1,82	8,36	0,000067
<b>Race*Temps</b>	23,05	12	1,92	8,84	0,000000
<b>Coagulant*Temps</b>	3,41	4	0,85	3,93	0,005830
<b>Race*Coagulant*Temps</b>	7,08	12	0,59	2,71	0,003990
<b>Erreur</b>	17,38	80	0,22		



**Figure 4.2.1 :** Effet combiné « race\*coagulant\*temps » sur la surface interfaciale.

**Temps T0 :**

**Tableau 4.2.2:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Surface interfaciale)								
	Moyenn e	Ec-Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,5000	0,547723	6	0,223607	15,38000	385,1403	5	0,000000
<b>Temps</b>	101,0000		6		15,38000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	18,2183	0,511758	6	0,208924	15,38000	13,5855	5	0,000039

**Tableau 4.2.3:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Surface interfaciale)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	15,38000	385,140 3	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	101,000 0		6		15,38000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	17,8950	0,81121 5	6	0,33117 7	15,38000	7,5941	5	0,00062 9

**Tableau 4.2.4:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Surface interfaciale)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	15,38000	385,140 3	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	101,000 0		6		15,38000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	12,6617	0,40414 9	6	0,16499 3	15,38000	-16,475 4	5	0,00001 5

**Tableau 4.2.5:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Surface interfaciale)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	15,38000	385,140 3	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	101,000 0		6		15,38000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	13,9283	0,50360 4	6	0,20559 5	15,38000	-7,0608	5	0,00088 1

**Temps T2**

**Tableau 4.2.6:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données8)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	14,84000	387,555 3	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	103,000 0		6		14,84000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	14,2817	0,47389 5	6	0,19346 7	14,84000	-2,8859	5	0,03434 9

**Tableau 4.2.7:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données10)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	14,84000	387,555 3	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	103,000 0		6		14,84000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	12,5817	0,78384 7	6	0,32000 4	14,84000	-7,0572	5	0,00088 3

**Tableau 4.2.8:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données13)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	14,84000	387,555 3	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	103,000 0		6		14,84000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	7,9433	0,64633 3	6	0,26386 4	14,84000	-26,137 2	5	0,00000 2

**Tableau 4.2.9:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données13)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	14,84000	387,555 3	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	103,000 0		6		14,84000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	7,9450	0,78365 2	6	0,31992 4	14,84000	-21,552 0	5	0,00000 4

**Temps T4**

**Tableau 4.2.10:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données16)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	13,85000	391,982 7	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		13,85000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	11,1000	1,02033 3	6	0,41654 9	13,85000	-6,6019	5	0,00119 9

**Tableau 4.2.11:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données16)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	13,85000	391,982 7	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		13,85000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	11,2717	0,71129 2	6	0,29038 4	13,85000	-8,8791	5	0,00030 1

**Tableau 4.2.12:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données16)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Race</b>	103,000 0		6		13,85000		5	
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	13,85000	391,982 7	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		13,85000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	6,6117	0,50073 6	6	0,20442 5	13,85000	-35,408 3	5	0,00000 0

**Tableau 4.2.13:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données16)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Race</b>	104,000 0		6		13,85000		5	
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	13,85000	391,982 7	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		13,85000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	6,8250	0,62330 6	6	0,25446 3	13,85000	-27,607 1	5	0,00000 1

**Temps T6****Tableau 4.2.14:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données21)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	14,18000	390,506 9	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		14,18000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	9,9500	0,78388 8	6	0,32002 1	14,18000	-13,217 9	5	0,00004 4

**Tableau 4.2.15:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données23)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	14,18000	390,506 9	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		14,18000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	11,3017	0,36913 0	6	0,15069 7	14,18000	-19,100 2	5	0,00000 7

**Tableau 4.2.16:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données23)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	14,18000	390,506 9	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		14,18000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	5,8233	0,46877 1	6	0,19137 5	14,18000	-43,666 4	5	0,00000 0

**Tableau 4.2.17:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données16)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	14,18000	390,506 9	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		14,18000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	5,7433	0,44238 7	6	0,18060 4	14,18000	-46,713 6	5	0,00000 0

**Temps T24**

**Tableau 4.2.18:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données5)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Race</b>	101,000 0		6		11,88000		5	
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	11,88000	400,792 8	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		11,88000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	9,2367	0,55845 0	6	0,22798 6	11,88000	-11,594 3	5	0,00008 4

**Tableau 4.2.19:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données7)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	11,88000	400,792 8	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		11,88000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	9,8317	0,69611 5	6	0,28418 8	11,88000	-7,2077	5	0,00080 1

**Tableau 4.2.20:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données7)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	11,88000	400,792 8	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		11,88000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	4,8983	0,44377 5	6	0,18117 1	11,88000	-38,536 4	5	0,00000 0

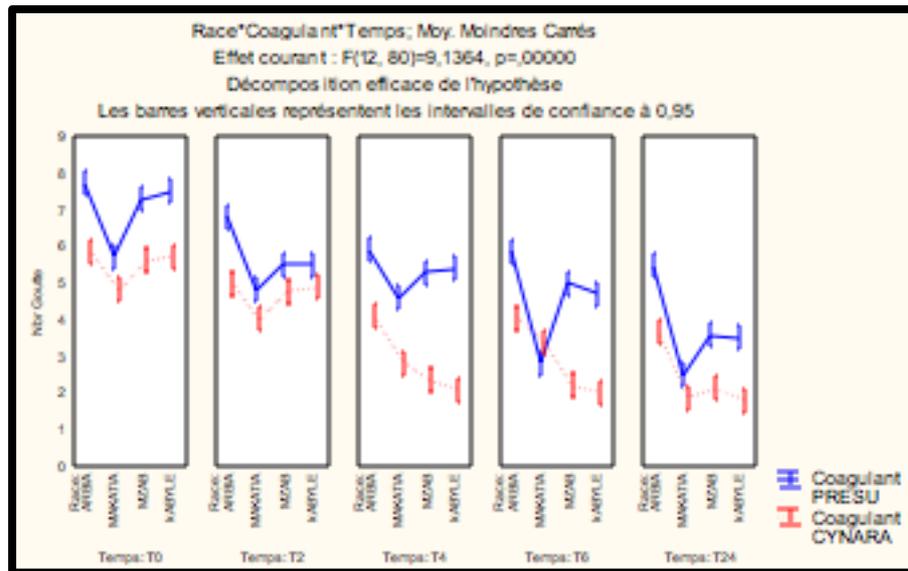
**Tableau 4.2.21:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données7)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	11,88000	400,792 8	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		11,88000		5	
<b>Surface interfaciale</b>	4,8700	0,49879 9	6	0,20363 4	11,88000	-34,424 6	5	0,00000 0

**4.3/ Nombre de gouttelettes**

**Tableau 4.3.1 :** Tests Univariés de Significativité pour le nombre de gouttelettes.

Tests Univariés de Significativité pour Nbr Goutte (Nombre de goutte) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
<b>ord. origine</b>	2388,955	1	2388,955	29095,75	0,000000
<b>Race</b>	45,761	3	15,254	185,78	0,000000
<b>Coagulant</b>	78,344	1	78,344	954,17	0,000000
<b>Temps</b>	153,855	4	38,464	468,46	0,000000
<b>Race*Coagulant</b>	8,491	3	2,830	34,47	0,000000
<b>Race*Temps</b>	8,168	12	0,681	8,29	0,000000
<b>Coagulant*Temps</b>	7,013	4	1,753	21,35	0,000000
<b>Race*Coagulant*Temps</b>	9,002	12	0,750	9,14	0,000000
<b>Erreur</b>	6,569	80	0,082		



**Figure 4.3.1 :** Effet combiné « race\*coagulant\*temps » sur le nombre de gouttelettes.

**Temps T0**

**Tableau 4.3.2:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	6,400000	425,300 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	101,000 0		6		6,400000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	6,7900	1,01127 6	6	0,41285 2	6,400000	0,9446	5	0,38821 3

**Tableau 4.3.3:** Comparaison des moyennes de la surface interfaciale avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Race</b>	102,000 0		6		6,400000		5	
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	6,400000	425,300 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	101,000 0		6		6,400000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	5,2600	0,50931 3	6	0,20792 6	6,400000	-5,4827	5	0,00275 3

**Tableau 4.3.4:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	6,400000	425,300 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	101,000 0		6		6,400000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	6,4383	0,92644 3	6	0,37821 9	6,400000	0,1014	5	0,92321 0

**Tableau 4.3.5:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données6)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	6,400000	425,300 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	101,000 0		6		6,400000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	6,6100	0,97570 5	6	0,39833 0	6,400000	0,5272	5	0,62059 9

**Temps T2****Tableau 4.3.6:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	6,040000	426,910 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	103,000 0		6		6,040000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	5,9133	0,99807 1	6	0,40746 1	6,040000	-0,3109	5	0,76844 3

**Tableau 4.3.7:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	6,040000	426,910 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	103,000 0		6		6,040000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	4,4017	0,44079 1	6	0,17995 2	6,040000	-9,1043	5	0,00026 8

**Tableau 4.3.8:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	6,040000	426,910 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	103,000 0		6		6,040000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	5,1500	0,39759 3	6	0,16231 7	6,040000	-5,4831	5	0,00275 2

**Tableau 4.3.9:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	6,040000	426,910 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	103,000 0		6		6,040000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	5,1850	0,34720 3	6	0,14174 5	6,040000	-6,0320	5	0,00180 3

**Temps T4****Tableau 4.3.10:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,320000	430,130 0	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		5,320000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	4,9900	0,99747 7	6	0,40721 8	5,320000	-0,8104	5	0,45454 9

**Tableau 4.3.11:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,320000	430,130 0	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		5,320000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	3,7000	0,98744 1	6	0,40312 1	5,320000	-4,0186	5	0,01013 4

**Tableau 4.3.12:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,320000	430,130 0	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		5,320000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	3,8200	1,59995 0	6	0,65317 7	5,320000	-2,2965	5	0,07008 1

**Tableau 4.3.13:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,320000	430,130 0	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		5,320000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	3,7400	1,81891 2	6	0,74256 8	5,320000	-2,1278	5	0,08665 0

**Temps T6****Tableau 4.3.14:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,280000	430,308 9	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		5,280000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	4,9533	0,99805 1	6	0,40745 3	5,280000	-0,8017	5	0,45910 0

**Tableau 4.3.15:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)

	<b>Moyenn e</b>	<b>Ec- Type</b>	<b>N</b>	<b>Erreur- T</b>	<b>Valeur de</b>	<b>Valeur t</b>	<b>dl</b>	<b>p</b>
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,280000	430,308 9	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		5,280000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	3,1000	1,14929 5	6	0,46919 8	5,280000	-4,6462	5	0,00560 1

**Tableau 4.3.16:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)

	<b>Moyenn e</b>	<b>Ec- Type</b>	<b>N</b>	<b>Erreur- T</b>	<b>Valeur de</b>	<b>Valeur t</b>	<b>dl</b>	<b>p</b>
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,280000	430,308 9	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		5,280000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	3,5967	1,53219 7	6	0,62551 7	5,280000	-2,6911	5	0,04324 1

**Tableau 4.3.17:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)

	<b>Moyenn e</b>	<b>Ec- Type</b>	<b>N</b>	<b>Erreur- T</b>	<b>Valeur de</b>	<b>Valeur t</b>	<b>dl</b>	<b>p</b>
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,280000	430,308 9	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		5,280000		5	
<b>Nbr Goutte</b>	3,3533	1,47932 0	6	0,60393 0	5,280000	-3,1902	5	0,02425 9

**Temps T24****Tableau 4.3.18:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)

	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,160000	430,845 6	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		5,160000		5	
<b>Nbr de Goutte</b>	4,5500	0,99779 8	6	0,40734 9	5,160000	-1,4975	5	0,19453 1

**Tableau 4.3.19:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)

	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,160000	430,845 6	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		5,160000		5	
<b>Nbr de Goutte</b>	2,1800	0,33508 2	6	0,13679 7	5,160000	-21,784 2	5	0,00000 4

**Tableau 4.3.20:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)

	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,160000	430,845 6	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		5,160000		5	
<b>Nbr de Goutte</b>	2,8550	0,80929 0	6	0,33039 1	5,160000	-6,9766	5	0,00093 1

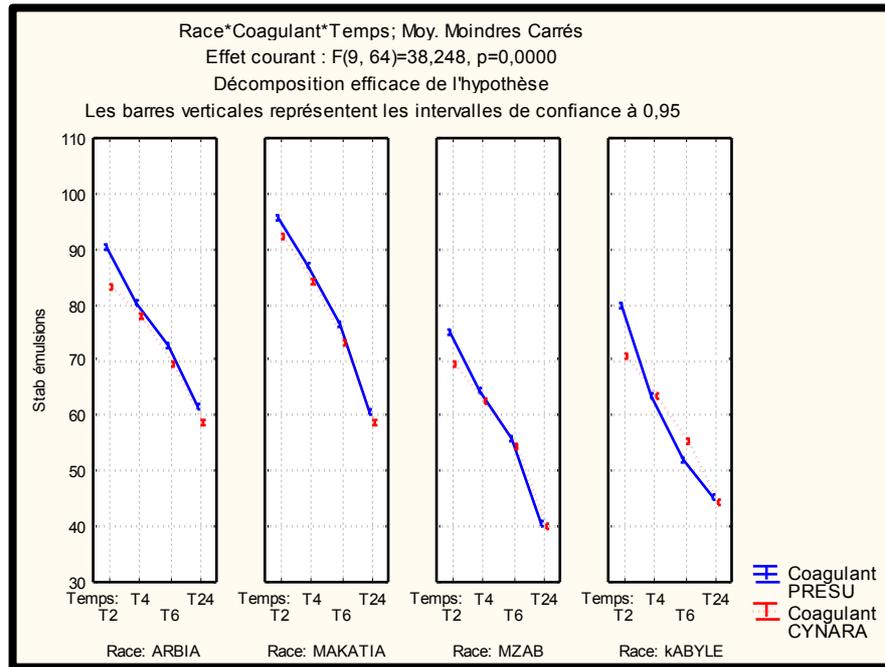
**Tableau 4.3.21:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	5,160000	430,845 6	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		5,160000		5	
<b>Nbr de Goutte</b>	2,6500	0,93166 5	6	0,38035 1	5,160000	-6,5992	5	0,00120 1

**4.4/ Stabilité des émulsions****Tableau 4.4.1 :** Tests Univariés de Significativité pour la stabilité des émulsions.

Tests Univariés de Significativité pour Stab émulsions (Stabilité des émulsions) Paramétrisation sigma-  
restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse

	SC	Degr. de	MC	F	p
<b>ord. origine</b>	436510,8	1	436510,8	2443314	0,000000
<b>Race</b>	7808,5	3	2602,8	14569	0,000000
<b>Coagulant</b>	182,5	1	182,5	1022	0,000000
<b>Temps</b>	12434,0	3	4144,7	23199	0,000000
<b>Race*Coagulant</b>	16,0	3	5,3	30	0,000000
<b>Race*Temps</b>	190,1	9	21,1	118	0,000000
<b>Coagulant*Temps</b>	107,2	3	35,7	200	0,000000
<b>Race*Coagulant*Temps</b>	61,5	9	6,8	38	0,000000
<b>Erreur</b>	11,4	64	0,2		



**Figure 4.4.1 :** Effet combiné « race\*coagulant\*temps » sur la stabilité des émulsions.

**Temps T2**

**Tableau 4.4.2:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Aria.

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données8)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
Coagulant	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	96,98000	20,2140 5	5	0,00000 5
Temps	103,000 0		6		96,98000		5	
Stab émulsions	86,6950	4,05400 4	6	1,65504 0	96,98000	-6,2143 5	5	0,00157 7

**Tableau 4.4.3:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données8)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	96,98000	20,2140 5	5	0,00000 5
<b>Temps</b>	103,000 0		6		96,98000		5	
<b>Stab émulsions</b>	93,8300	1,88806 8	6	0,77080 0	96,98000	-4,0866 6	5	0,00947 8

**Tableau 4.4.4:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données8)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	96,98000	20,214 1	5	0,00000 5
<b>Temps</b>	103,000 0		6		96,98000		5	
<b>Stab émulsions</b>	72,1833	3,26265 3	6	1,33197 3	96,98000	-18,616 5	5	0,00000 8

**Tableau 4.4.5:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données8)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	96,98000	20,214 1	5	0,00000 5
<b>Temps</b>	103,000 0		6		96,98000		5	
<b>Stab émulsions</b>	75,1200	4,94335 1	6	2,01811 5	96,98000	-10,831 9	5	0,00011 6

**Temps T4****Tableau 4.4.6:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données5)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	94,40000	31,752 2	5	0,00000 1
<b>Temps</b>	104,000 0		6		94,40000		5	
<b>Stab émulsions</b>	78,9650	1,37047 1	6	0,55949 2	94,40000	-27,587 5	5	0,00000 1

**Tableau 4.4.5:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données5)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	94,40000	31,752 2	5	0,00000 1
<b>Temps</b>	104,000 0		6		94,40000		5	
<b>Stab émulsions</b>	85,5683	1,70626 4	6	0,69657 9	94,40000	-12,678 6	5	0,00005 4

**Tableau 4.4.6:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données5)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	94,40000	31,752 2	5	0,00000 1
<b>Temps</b>	104,000 0		6		94,40000		5	
<b>Stab émulsions</b>	63,5517	1,30799 7	6	0,53398 8	94,40000	-57,769 8	5	0,00000 0

**Tableau 4.4.7:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données5)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	90,40000	49,641	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		90,40000		5	
<b>Stab émulsions</b>	63,5050	0,09586 4	6	0,03913 7	90,40000	-687,21 0	5	0,00000 0

**Temps T6**

**Tableau 4.4.8:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données13)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	83,19000	81,884 8	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		83,19000		5	
<b>Stab émulsions</b>	70,8500	1,83926 1	6	0,75087 5	83,19000	-16,434 2	5	0,00001 5

**Tableau 4.4.9:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données19)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	83,19000	81,884 8	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		83,19000		5	
<b>Stab émulsions</b>	74,8683	1,77749 7	6	0,72566 0	83,19000	-11,467 7	5	0,00008 8

**Tableau 4.4.10:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données19)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	83,19000	81,884 8	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		83,19000		5	
<b>Stab émulsions</b>	55,1483	0,71928 9	6	0,29364 9	83,19000	-95,494 0	5	0,00000 0

**Tableau 4.4.11:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données19)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	83,19000	81,884 8	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		83,19000		5	
<b>Stab émulsions</b>	53,7250	1,65670 5	6	0,67634 7	83,19000	-43,564 9	5	0,00000 0

**Temps T24**

**Tableau 4.4.12:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données25)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	64,22000	166,721 2	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		64,22000		5	
<b>Stab émulsions</b>	60,1367	1,69217 8	6	0,69082 9	64,22000	-5,9108	5	0,00197 4

**Tableau 4.4.13:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données25)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	64,22000	166,721 2	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		64,22000		5	
<b>Stab émulsions</b>	59,5467	1,04574 7	6	0,42692 4	64,22000	-10,946 5	5	0,00011 1

**Tableau 4.4.14:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données25)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	64,22000	166,72 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		64,22000		5	
<b>Stab émulsions</b>	40,5067	0,29783 7	6	0,12159 1	64,22000	-195,02 5	5	0,00000 0

**Tableau 4.4.15:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

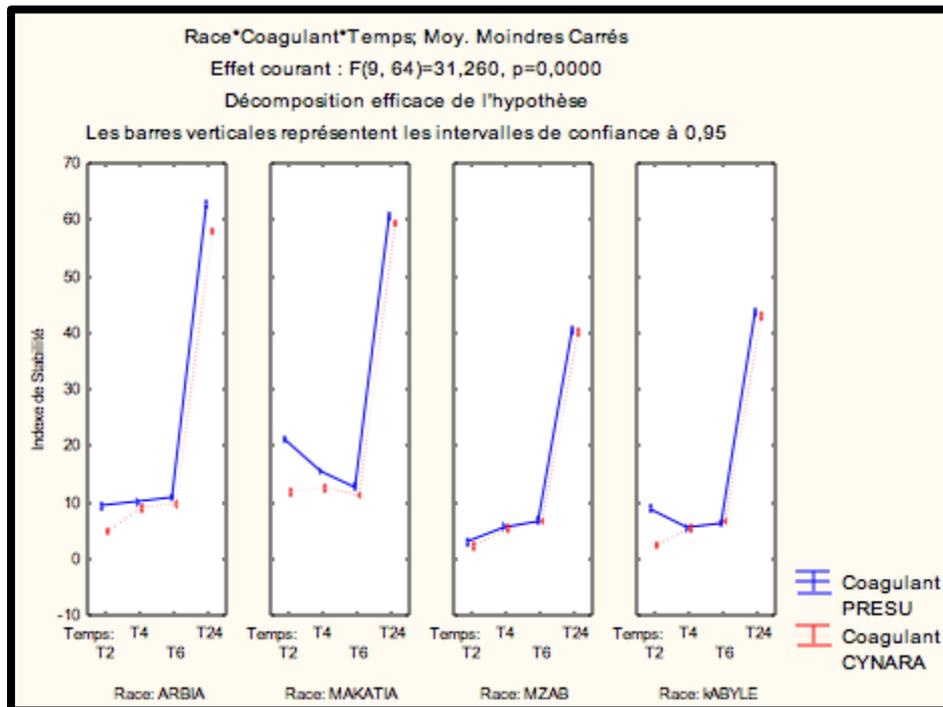
Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données25)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	64,22000	166,721 2	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		64,22000		5	
<b>Stab émulsions</b>	44,6850	0,54379 2	6	0,22200 2	64,22000	-87,994 6	5	0,00000 0

**4.5/ Index de stabilité**

**Tableau 4.5.1 :** Tests Univariés de Significativité pour Index de Stabilité.

Tests Univariés de Significativité pour Index de Stabilité (Index de stabilité) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse

	SC	Degr. de	MC	F	p
<b>ord. origine</b>	35133,39	1	35133,39	200942,9	0,00
<b>Race</b>	2236,49	3	745,50	4263,8	0,00
<b>Coagulant</b>	114,63	1	114,63	655,6	0,00
<b>Temps</b>	32588,36	3	10862,79	62128,9	0,00
<b>Race*Coagulant</b>	38,65	3	12,88	73,7	0,00
<b>Race*Temps</b>	881,10	9	97,90	559,9	0,00
<b>Coagulant*Temps</b>	80,83	3	26,94	154,1	0,00
<b>Race*Coagulant*Temps</b>	49,19	9	5,47	31,3	0,00
<b>Erreur</b>	11,19	64	0,17		



**Figure 4.5.1 :** Effet combiné « race\*coagulant\*temps » sur l'index de stabilité.

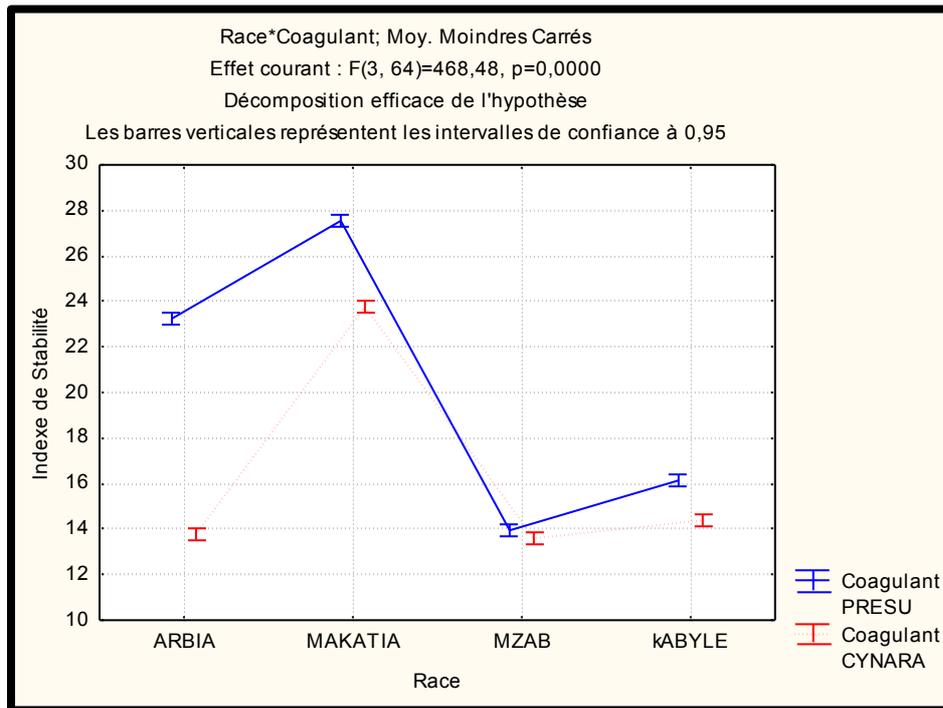


Figure 4.5.2 : Effet combiné « race\*coagulant» sur l'index de stabilité

**Temps T2**

Tableau 4.5.2: Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données5)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
Coagulant	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	32,14000	310,187 3	5	0,00000 0
Temps	103,000 0		6		32,14000		5	
Indexe de Stabilité	7,1433	2,54430 9	6	1,03871 0	32,14000	-24,065 1	5	0,00000 2

**Tableau 4.5.3:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données6)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	32,14000	310,187 3	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	103,000 0		6		32,14000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	16,4667	5,13439 6	6	2,09610 9	32,14000	-7,4773	5	0,00067 6

**Tableau4.5.4:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données6)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	32,14000	310,18 7	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	103,000 0		6		32,14000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	2,6350	0,62978 6	6	0,25710 9	32,14000	-114,75 7	5	0,00000 0

**Tableau 4.5.5:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données6)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	32,14000	310,187 3	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	103,000 0		6		32,14000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	5,6600	3,58321 1	6	1,46284 0	32,14000	-18,101 8	5	0,00000 9

**Temps T4****Tableau 4.5.6:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données9)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	35,69000	294,311 3	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		35,69000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	9,5417	0,65834 4	6	0,26876 8	35,69000	-97,289 7	5	0,00000 0

**Tableau 4.5.7:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données1)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	35,69000	294,311 3	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		35,69000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	14,0150	1,62754 7	6	0,66444 3	35,69000	-32,621 3	5	0,00000 1

**Tableau 4.5.8:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	35,69000	294,31 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		35,69000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	5,4917	0,28195 2	6	0,11510 6	35,69000	-262,35 2	5	0,00000 0

**Tableau 4.5.9:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	35,69000	294,31 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	104,000 0		6		35,69000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	5,4850	0,38811 1	6	0,15844 6	35,69000	-190,63 3	5	0,00000 0

**Temps T6****Tableau 4.5.10:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Indexe de stabilité T6)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,51075 4	24	0,10425 7	17,85000	802,342 6	23	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		24		17,85000		23	
<b>Indexe de Stabilité</b>	8,8746	2,47305 1	24	0,50480 9	17,85000	-17,779 8	23	0,00000 0

**Tableau 4.5.11:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	17,85000	374,094 2	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		17,85000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	11,9883	0,85110 3	6	0,34746 1	17,85000	-16,870 0	5	0,00001 3

**Tableau 4.5.12:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	17,85000	374,09 4	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		17,85000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	6,6900	0,14899 7	6	0,06082 8	17,85000	-183,46 9	5	0,00000 0

**Tableau 4.5.13:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	17,85000	374,094 2	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	105,000 0		6		17,85000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	6,4917	0,35957 8	6	0,14679 7	17,85000	-77,374 3	5	0,00000 0

**Temps T24**

**Tableau 4.5.14:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Arbia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	67,08000	153,930 9	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		67,08000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	60,3417	2,57469 5	6	1,05111 5	67,08000	-6,4107	5	0,00137 0

**Tableau 4.5.15:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Makatia

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	67,08000	153,930 9	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		67,08000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	60,0750	0,97161 2	6	0,39665 9	67,08000	-17,660 0	5	0,00001 1

**Tableau 4.5.16:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race M'Zab

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	67,08000	153,93 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		67,08000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	40,3433	0,53503 9	6	0,21842 9	67,08000	-122,40 5	5	0,00000 0

**Tableau 4.5.17:** Comparaison des moyennes du nombre de gouttelettes avec le témoin chez la race Kabyle

Comparaison de moyennes à un standard (constante) (Feuille de données4)								
	Moyenn e	Ec- Type	N	Erreur- T	Valeur de	Valeur t	dl	p
<b>Coagulant</b>	101,500 0	0,54772 3	6	0,22360 7	67,08000	153,93 1	5	0,00000 0
<b>Temps</b>	106,000 0		6		67,08000		5	
<b>Indexe de Stabilité</b>	43,3900	0,48282 5	6	0,19711 2	67,08000	-120,18 5	5	0,00000 0

**Annexe 5 : Mousses****5.1/ La capacité moussante :****Tableau 5.1.1 :** Tests Univariés de Significativité pour la capacité moussante avec l'agitateur à hélice

Tests Univariés de Significativité pour CM Hélice (Capacité Moussante Hélice) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
<b>ord. origine</b>	3005186	1	3005186	667540,3	0,00
<b>RACE</b>	7567	3	2522	560,3	0,00
<b>MOUSSES</b>	1533730	4	383432	85171,6	0,00
<b>RACE*MOUSSES</b>	103949	12	8662	1924,2	0,00
<b>Erreur</b>	180	40	5		

**Tableau 5.1.2 :** Tests Univariés de Significativité pour la capacité moussante avec homogénéisateur

Tests Univariés de Significativité pour CM Homog (Capacité Moussante Homog) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse

	SC	Degr. de	MC	F	p
<b>ord. origine</b>	2330905	1	2330905	71125,27	0,00
<b>RACE</b>	11407	3	3802	116,02	0,00
<b>MOUSSES</b>	1657376	4	414344	12643,30	0,00
<b>RACE*MOUSSES</b>	43916	12	3660	111,67	0,00
<b>Erreur</b>	1311	40	33		

**Tableau 5.1.3 :** Tests Univariés de Significativité pour la capacité moussante avec l'agitateur magnétique

Tests Univariés de Significativité pour CM Magnétique (Capacité Moussante Magnétique) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
<b>ord. origine</b>	2448240	1	2448240	3244851	0,00
<b>RACE</b>	9840	3	3280	4347	0,00
<b>MOUSSES</b>	1195710	4	298928	396193	0,00
<b>RACE*MOUSSES</b>	69810	12	5818	7710	0,00
<b>Erreur</b>	30	40	1		

**5.2/ La stabilité moussante :****Tableau 5.2.1 :** Test de Newman-Keuls ; variable Stabilité moussante avec agitateur à hélice

Tests Univariés de Significativité pour STABI MOUSSE HELICE (Stabilité moussante Hélice) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	196471,7	1	196471,7	1417340	0,00
RACE	2976,2	3	992,1	7157	0,00
MOUSSES	24050,0	4	6012,5	43374	0,00
RACE*MOUSSES	2441,1	12	203,4	1467	0,00
Erreur	5,5	40	0,1		

**Tableau 5.2.2 :** Test de Newman-Keuls ; variable Stabilité moussante avec homogénéisateur

Tests Univariés de Significativité pour STABI MOUSSE HOMGENISATEUR (Stabilité moussante Homénisateur) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	265303,1	1	265303,1	1557324	0,00
RACE	764,3	3	254,8	1495	0,00
MOUSSES	20540,2	4	5135,1	30143	0,00
RACE*MOUSSES	1697,7	12	141,5	830	0,00
Erreur	6,8	40	0,2		

**Tableau 5.2.3 :** Test de Newman-Keuls ; variable Stabilité moussante avec l'agitateur magnétique

Tests Univariés de Significativité pour STABI MOUSSE MAGNETIQUE (Stabilité moussante Magéntique) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	213979,1	1	213979,1	852427,3	0,00
RACE	2149,5	3	716,5	2854,3	0,00
MOUSSES	14491,0	4	3622,7	14431,9	0,00
RACE*MOUSSES	1852,0	12	154,3	614,8	0,00
Erreur	10,0	40	0,3		

---

# **PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS INTERNATIONALES**

---

## COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS

### Communications orales :

CMO1/LAHRECH A., Choukri A., Etude de l'aptitude à la coagulation par *Cynara cardunculus* du lait de chèvres de races locales Algériennes (Makatia et Arbia). Les journées internationales de Biotechnologie 2010. Yasmine Hammamet, Tunisie du 19-22 Décembre 2010.

CMO2/LAHRECH A., CHOUKRI A., ANCER B., HAMIDI M. Etude de la qualité microbiologique d'un fromage préparé par une présure végétale *Cynara cardunculus*. 7<sup>ème</sup> Congrès international « Qualité des produits et de l'environnement, Traitement et valorisation des rejets, Effets sur la santé humaine 2012 ». Mahdia, Tunisie du 20-22 avril 2012.

PUB1/LAHRECH A., CHOUKRI A., ANCER B., HAMIDI M., CECILE M. : Identification of the plant extract coagulant *cynaraCardunculus* by electrophoresis on polyacrylamide gel. International Journal of Bio-Technology and Research (IJBTR). ISSN(P):2249-6858; ISSN(E):2249-796X Vol. 6, Issue 5, Oct 2016, 1-8.

PUB2/LAHRECH A., HAMIDI M., CHOUKRI A., ANCER B. : Qualité microbiologique du lait et du fromage de chèvres Arbia : coagulation par *Cynara cardunculus*. Livestock Research for Rural development (LRRD). 30(4)2018.

**Qualité microbiologique du lait et du fromage de chèvres Arbia: coagulation par *Cynara cardunculus***

**A Lahrech, M Hamidi, A Choukri et B Ancer<sup>1</sup>**

Laboratoire de chimie organique et de substances naturelles. Université de Djelfa. Algérie

[ticagrise@gmail.com](mailto:ticagrise@gmail.com)

<sup>1</sup> Ecole nationale supérieure d'agriculture ENSA (Ex INA). El Harrach. Algérie.

**Résumé**

40 chèvres de race locale Arbia élevées en milieu steppique d'Algérie dans une exploitation privée et conduites en élevage semi-intensif ont été étudiées. L'étude microbiologique de 40 échantillons de lait de ces chèvres sans mammite et leurs 40 fromages obtenus avec l'extrait enzymatique de cardon (*Cynara cardunculus*) avec coagulation dans une hotte équipée d'une lampe UV, a révélé que les laits et les fromages ont présenté des qualités microbiologiques satisfaisantes à savoir des charges de FAMT respectives de  $2,10 \pm 0,35 \cdot 10^4$  germes/ml et  $2,31 \pm 0,22 \cdot 10^4$  germes/ml et une absence totale des coliformes totaux et fécaux, de salmonelles et de clostridies. Ainsi, la coagulation du lait de chèvre avec le cardon (*Cynara cardunculus*) a permis d'obtenir sous UV un fromage de qualités hygiénique et sanitaire intéressantes ce qui donne une impulsion aux recherches sur cette enzyme de remplacement de la présure.

**Mots clés:** Algérie, qualité hygiénique, qualité sanitaire

**Microbiological quality of milk and cheese of Arbia goat: coagulation with *Cynara cardunculus***

**Abstract**

40 goats local of Arbia breed's raised in intensive breeding situated in the Algerian steppe constitute the experimental material. The microbiological study of 40 milks and 40 cheeses of Arbia goat which was prepared with the enzymatic extract *Cynara cardunculus* showed that the milks and the cheeses presented a good microbiological quality with respective FAMT loads of  $2,10 \pm 0,35 \cdot 10^4$  germ/ml and  $2,31 \pm 0,22 \cdot 10^4$  germe/ml. An absence of total coliforms, fecal

coliforms, *Salmonellas* and *clostridium*s was noted. The coagulation of the goat's milk with the *Cynara cardunculus* permit to have a cheese with good hygienic and sanitary qualities.

**Keywords:** *Algeria, hygienic quality, sanitary quality*

### **Introduction**

L'élevage de la chèvre se pratique dans des régions défavorisées ou marginales (montagnes, steppes, zones sahariennes) en raison de son adaptation aux milieux difficiles. Elle est réputée pour sa rusticité qui lui permet de tirer profit de ces régions pauvres (Feliachi 2013). La race Arbia est la population dominante en Algérie : elle est localisée surtout dans les hauts plateaux, les zones steppiques et semi-steppiques. Elle se caractérise par une production laitière moyenne de 1,5 litre par jour (Manallah 2012). Le lait de chèvre, par sa valeur nutritionnelle et son aptitude à la transformation notamment en fromage de qualité, est très recherché (Park 2012) ; sa transformation industrielle est souvent très restreinte voire inexistante en Algérie.

Un déficit en présure animale nous a incité à utiliser un coagulant d'origine végétale, le cardon (*Cynara cardunculus*) qui est largement distribué dans la steppe et qui présente des caractéristiques coagulantes comparables à celles de la présure. L'influence de cet extrait végétal sur les caractéristiques microbiologiques des fromages caprins constitue notre objectif. Dans ce contexte, une analyse de la microflore de laits et de fromages de la chèvre Arbia réalisés sous ultra-violet avec l'extrait enzymatique de *Cynara cardunculus* a été effectuée.

### **Matériel et méthodes**

#### **Matériel**

#### **Zone d'étude**

La zone d'étude se caractérise par un climat semi-aride et des parcours assez pauvres et dont la principale activité pastorale est l'élevage. Les chèvres utilisées étaient élevées dans une exploitation privée située dans la wilaya de Djelfa localisée dans la partie centrale de l'Algérie du Nord. Cette exploitation est divisée en 2 aires : une aire de repos pourvue d'auges et d'abreuvoirs et une aire de traite (manuelle).

#### **Echantillonnage**

## COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS

40 chèvres appartenant à la race Arbia ont constitué le matériel expérimental. Elles étaient caractérisées par un même stade de lactation et conduites en un élevage semi-intensif. Elles ont été vaccinées contre la brucellose avant leur puberté, et étaient négatives à la tuberculination et issues d'un troupeau indemne de maladies contagieuses.

La collecte du lait a été étalée sur une période de deux mois où nous avons pris des laits individuels. Notons que la traite était effectuée dans de très bonnes conditions hygiéniques.

Les 40 échantillons obtenus (de 250 à 500 ml) ont été prélevés le matin manuellement dans des flacons stériles et bien fermés suivant les conditions stérilisantes de Hogan et al (1999) dans le but de réduire tout risque de contamination. Les prélèvements de lait ont été placés dans une glacière munie d'accumulateurs de glace et ont été acheminés au laboratoire afin de les analyser.

### **Analyses microbiologistes du lait et du fromage caprin**

Des l'arrivée des 40 échantillons de lait au laboratoire, une prise de pH a été faite à l'aide d'un pH mètre. L'évaluation de la qualité microbiologique du lait de chèvre et des 40 fromages obtenus après la coagulation par le *Cynara cardunculuss*, était basée sur la recherche et le dénombrement de :

-La flore mésophile aérobie totale (FAMT) qui est un bon indicateur de contamination et de la qualité des produits (propreté) ; cette flore été dénombrée sur gélose PCA incubée 72 h à 30°C.

-Les coliformes totaux et fécaux indicateurs de contamination fécale ; ils ont été recherchés sur gélose lactosée et citratée au désoxycolate (DCL) incubée 24 heures à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux.

-Les *streptococcus fécaux* dénombrés en milieu liquide par la technique du NPP (nombre le plus probable) qui se fait en deux étapes :

- test de présomption (recherche des streptocoques sur milieu de Rhothe avec incubation à 37°C pendant 24 à 48 h),
- et test de confirmation (sur milieu Eva Litsky incubé à 37°C pendant 24 h).

Les staphylocoques dorés (*S. aureus*) ont été dénombrés sur de la gélose de Baird Parker additionnée au jaune d'oeuf et au tellurite de potassium et incubée 48 heures à 37°C.

Pour les salmonelles, on a réalisé un pré-enrichissement sur milieu sélénite-cystéine 18 heures à 37°C, suivi d'un enrichissement sur bouillon sélénite-cystéine 18 heures à 37°C, puis

## COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS

l'isolement a été réalisé sur une gélose Hektoen et l'identification sur un milieu incliné TSI avec une incubation de 24 heures à 37°C.

Les clostridiiums sulfitoréducteurs ont été dénombrés en utilisant de la gélose Viande foie avec une incubation à 37°C pendant 16 h.

Chaque analyse a été répétée 3 fois et sa moyenne a été retenue. Rappelons que pour les produits liquides, dans notre cas le lait de chèvre, celui-ci a constitué d'emblée la solution mère ; après on a procédé aux dilutions décimales. Pour les produits solides (fromage de chèvre), on a pris 25 g, on les a introduit aseptiquement dans un bocal stérile contenant au préalable 225 ml de TSE (tryptone sel eau), et après homogénéisation, la suspension a constitué la première dilution. Pour l'interprétation des résultats des analyses microbiologiques nous nous sommes référés à l'arrêté interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 23 juillet 1994 du Journal officiel de la république Algérienne n° 035 du 27-05-1998 fixant les spécifications microbiologiques auxquelles doivent satisfaire certaines denrées alimentaires.

### **Extraction des enzymes coagulantes**

Le mode d'extraction suivi lors de notre étude est celui décrit par Tsouli (1974). Nous avons pris 10 g de fleurs séchées que nous avons broyé dans 50 ml d'une solution de NaCl à 0,9 %. Nous avons ajouté deux gouttes d'acide borique à 0,2% comme antiseptique. Après la congélation de la préparation pendant 24 heures à -18°C et décongélation, on a porté la matière végétale en macération pendant 24 heures avec une agitation douce ce qui a favorisé le passage de l'enzyme de la cellule vers la solution. La préparation a été filtrée ensuite à travers une gaze stérile ; les déchets ont été écartés. Nous avons centrifugé la solution à 700g pendant 45 minutes, filtré sur papier filtre et récupéré le surnageant. Enfin, nous avons ajusté la solution enzymatique brute obtenue à un pH de 5, ce qui favorise une bonne stabilité de l'enzyme (Morsli et al 1985) au moyen d'un pH mètre étalonné en ajoutant la quantité nécessaire d'une solution de soude.

### **Coagulation**

Pour l'emprésurage du lait de chèvres Arbia avec l'extrait enzymatique de cardon *Cynara cardunculuss*, nous avons chauffé 200 ml de chaque essai à 42 °C, et on a additionné 2 gouttes de l'extrait enzymatique placé sur un agitateur magnétique chauffant jusqu'à

## COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS

coagulation (à la même température). Après 24 heures, une synérèse naturelle a permis la séparation des coagulums et des lactosérums donnant le fromage.

### Résultats et discussions

#### Qualité microbiologique du lait et du fromage caprin

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les 40 échantillons de lait caprin et les 40 fromages (avec 3 analyses par échantillon de lait et 3 par échantillon de fromage) sont portés sur le tableau 1.

**Tableau 1.** Résultats des analyses microbiologiques des laits et des fromages caprins.

Echantillons Germes	Laits crus (n =40) germe /ml	Fromages (n =40) germe/ ml	Limites microbiologiques (JORA 1998)
<b>Flore aérobie mésophile totale (FAMT)</b>	2,10 ± 0,35.10 <sup>4</sup>	2,31 ± 0,22.10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup> pour le lait cru
<b>Coliformes totaux</b>	Absence	< à 10	10 pour le fromage frais
<b>Coliformes fécaux</b>	Absence	Absence	10 <sup>3</sup> pour le lait cru Absence pour le fromage frais
<b>Streptocoques fécaux</b>	Absence	Absence	Absence
<b>Clostridium sulfito-réducteurs.</b>	Absence	Absence	50 pour le lait cru
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	Absence	Absence	Absence pour le lait cru et 10 pour le fromage frais
<b><i>Salmonella</i></b>	Absence	Absence	Absence

Le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel (Guiraud 1998). Cette flore dénombrée est de  $2,10 \pm 0,35.10^{44}$  germes /ml pour nos échantillons de laits, ce qui est inférieur aux taux publiés par les normes Algériennes. Farris (2009), rapporte qu'un lait de chèvre est de très bonne qualité microbiologique s'il contient moins de 10<sup>5</sup> germes/ml de lait, ce qui montre que nos résultats sont acceptables. Pour les fromages caprins analysés nous avons enregistré une moyenne  $2,31 \pm 0,22.10^4$  germes/ml. Il faut noter cependant que les FAMT ne font pas partie des critères interprofessionnels de la qualité du fromage frais et que le législateur algérien ne définit pas le seuil de limites pour apprécier la qualité de ce produit.

Un bon indice de contamination fécale se fait par le dénombrement des coliformes. Pour nos échantillons de lait nous avons enregistré l'absence de coliformes totaux et fécaux ; de même après la coagulation. L'amélioration des conditions de transformation (coagulation dans une hotte équipée d'une lampe UV) a contribué à éliminer tous genres de coliformes fécaux d'une

## COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS

part et à diminuer la charge en coliformes totaux jusqu'à un taux inférieur aux normes Algériennes ce qui nous permet de dire que nos fromages présentent alors une qualité hygiénique acceptable. Magnusson et al (2007) rapportent que les litières fortement souillées contiennent plus de coliformes et la prévalence de mammites augmente dans ce cas, suggérant une contamination des trayons et du lait plus importante. D'autres sources de contaminations sont également à considérer telles que les mauvaises conditions de transport et le manque d'hygiène pendant la traite, ce qui n'était pas notre cas.

Les autres germes dénombrés étaient absents dans nos échantillons de lait et de fromage caprin. Nos résultats s'avèrent satisfaisants par l'absence de streptocoques fécaux dans nos échantillons. Ces germes sont très répandus dans la nature et ils n'indiquent pas toujours une contamination fécale ; ce sont des germes fréquents dans les produits "manipulés", le lait en particulier.

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont responsables de gastro-entérites ; ils se retrouvent dans le sol, les eaux et dans l'intestin de l'homme et des animaux. Les clostridiens sont donc capables de survivre dans l'environnement et de contaminer n'importe quel type d'aliment ou de matériel si les conditions d'hygiène et de stérilisation ne sont pas respectées (Lebres 2002). Le seuil de conformité du lait cru fixé par le législateur algérien est de 50 germes/ml ; ces germes étaient absents dans nos échantillons de laits et de fromages.

Le staphylocoque doré, *Staphylococcus aureus*, d'après Dodd et Booth (2000), est considéré comme une bactérie pathogène majeure, causant des infections mammaires ; ces dernières s'accompagnent d'une augmentation de la perméabilité entre le compartiment sanguin et le lait qui a pour conséquence des modifications de la composition du lait. L'absence de *Staphylococcus aureus* dans les échantillons de lait caprin analysés nous conduit à dire que le lait étudié a présenté une bonne qualité sanitaire. C'était un lait recueilli dans de très bonnes conditions d'hygiène de traite et provenant de chèvres en bonne santé (absence de mammites) parce que la principale source de contamination est, en premier lieu la mamelle. Les infections mammaires à staphylocoques sont à l'origine de la contamination du lait ; d'autres sources de contaminations sont également à considérer telles que la machine à traire (Thieulon 2005). Florand (1988), rajoute à ce propos que d'autres germes pathogènes peuvent être présents originellement dans le lait suite à la traite d'un animal malade. Pour les échantillons des fromages, nous avons noté la présence de troubles dans les tubes, ce qui nous

## COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS

a conduits à faire un test de confirmation par l'ensemencement sur la gélose Chapman. Les résultats obtenus étaient négatifs ce qui confirme que les *Staphylococcus aureus* étaient aussi absents dans les fromages.

Concernant les salmonelles (*Salmonella*), la principale source de contamination serait l'excrétion fécale, avec dissémination de la bactérie dans l'environnement, puis contamination de la peau des mamelles et du matériel de traite (Guy 2006). L'analyse microbiologique de ce groupe de microbes pathogènes montre leur absence dans les laits et dans les fromages analysés ce qui nous a permis de dire que le lait caprin ainsi que et le fromage coagulé par l'extrait à base de cardon (*Cynara cardunculus*) sous UV ont présenté une bonne qualité sanitaire.

L'extrait enzymatique de cardon *Cynara cardunculus* utilisé comme coagulant n'a pas influencé la qualité sanitaire du produit. Cette plante a été mentionnée comme une plante médicinale notamment par l'huile de ses graines qui, comme le chardon-Marie (*Silybum marianum*), contient de la silymarine qui est hépatoprotectrice et détoxifiante. Lahsissene et al (2009) rajoutent à ce propos que la consommation des côtes, crues ou cuites de cette plante, est considérée comme excellente pour le foie. Hmamouchi (1999) note aussi que le cardon est utilisé comme cholagogue, cholérétique et diurétique. Mouzali (2001) indique aussi d'après son étude microbiologique sur *Cynara cardunculus*, que cette qualité est fortement dépendante du mode de récupération de la matière première utilisée, de l'hygiène tout au long de l'expérience (transformation fromagère) et du type d'extraction mis en jeu.

### Conclusion

- La coagulation de lait caprin par l'extrait enzymatique de cardon (*Cynara cardunculus*) sous UV a permis d'obtenir un fromage de qualité microbiologique satisfaisante. L'étude microbiologique du lait mis en expérience et du fromage obtenu fait ressortir les points suivants:
- La présence des FAMT dans le lait et le fromage de chèvre au-dessous du seuil des limites microbiologiques, peut être due probablement aux mesures hygiéniques respectées et aux UV pour le fromage.
- L'absence des coliformes totaux et fécaux dans le lait aussi indique une bonne maîtrise de conditions d'élevage notamment la propreté ainsi une meilleure vulgarisation des

## COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS

éleveurs tandis que leur absence dans le fromage peut traduire l'amélioration des conditions de coagulation par les UV.

- L'absence de staphylocoques, de salmonelle et de clostridium sulfite-réducteurs dans le lait et le fromage de chèvre reflète la bonne santé des chèvres mises en expérience.
- La présente étude microbiologique des laits et des fromages de chèvres préparés avec du cardon (*Cynara cardunculus*) sous UV montre la possibilité d'utiliser cet extrait coagulant dans ces conditions sans risque majeur pour la santé des consommateurs.

### Références bibliographiques

**Dodd and Booth 2000** Mastitis and milk production in the health of dairy cattle. Ed Andrews A.H, London, pp 213-255.

**Farris M 2009** Connaissance des aliments: base alimentaire et nutritionnelles de la diététique. 2<sup>ème</sup>Ed. Lavoisier. Tes & Doc, pp, 18-22.

**Feliachi 2013** Rapport national sur les ressources génétiques animales : Algérie. Commission nationale, point focal Algérien pour les ressources génétiques, Octobre, 46p.

**Florand L 1988** La flore totale du lait. Commission marmite et qualité du lait de la SNGTV, Bull, GTV, Juillet 1988, 59-64.

**Guiraud J 1998** Microbiologie alimentaire. Techniques d'analyse microbiologiques. Ed Dunod, Paris, 12 p.

**Guy F I 2006** Elaboration d'un guide méthodologique d'intervention lors de contaminations par les salmonelles de produits laitiers au lait cru en zone de productions fromagères AOC du Massif central. Thèse de doctorat d'état. Université Paul-Sabatier de Toulouse. France, 17p.

**Hmamouchi M 1999** Les plantes médicinales et aromatiques marocaines. Utilisations, biologie, écologie, chimie, pharmacologie, toxicologie. Imprimerie de Fédala, Mohammedia (Maroc), 389pp.

**Hogan J S, Gonzales R N, Olivier S P, Pankey J W et Smith K L 1999** Etude comparative de la qualité physico chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardâa. <https://www.researchgate.net/publication/300060300>.

**JORA Journal Officiel de la république Algérienne 1998** N°35. 1998. Arrêté interministériel du 27 mai 1998.

## COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS

- Lahsissene H Kahouadji A Tijane M et Hseini S 2009** Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaïr (Maroc occidental ). Revue botanique Lejeunia n°186. Ed Lejeunai, Belgique, 7p.
- Lebres 2002** Manuel des travaux pratiques, cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments. Unité microbiologie des laits et des produits, laitiers, Institut Pasteur d'Algérie, pp. 21-27.
- Magnusson M Christiansson, A and Svensson, B 2007** *Bacillus cereus* spores during housing of dairy cows: factors affecting contamination of raw milk. J Dairy Sci 90, 2745–2754. <https://pub.epsilon.slu.se/1402/1/2007-42-eps.pdf>
- Manallah I 2012** Caractérisation morphologique des caprins dans la région de Sétif. Thèse de Magister. Université Ferhat Abbas–SETIF. Pp20. [www.univ-setif.dz/MMAGISTER/images/facultes/SNV/2012/Manallah%20Imene](http://www.univ-setif.dz/MMAGISTER/images/facultes/SNV/2012/Manallah%20Imene).
- Morslli A Bellal M et Ammouche A 1985** Etude du pouvoir de coagulation sur le lait de quelques plantes locales. Ann .I.N.S.T et I.N.A. Alger 9(2) pp 63-84.
- Mouzali L 2001** Extraction et caractérisation de l'agent coagulant de la fleur de cardon sauvage (*Cynara cardunculus*). Mémoire de magister. Institut national agronomique. 86p.
- Park Y W 2012** Goat milk and human nutrition. Proceedings of the 1st Asia Dairy Goat Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 9–12 April 2012. <http://www.fao.org/docrep/017/i2891e/i2891e00.pdf>
- Thieulon M 2005** Laits pathogènes : staphylocoques. Revue de la chambre d'agriculture du Cantal. 1-2.
- Tsouli J 1974** Etude comparée de l'activité enzymatique de 3 variétés d'artichauts du genre *Cynara cardunculus* L. sur la coagulation du lait. Le lait, 537, pp 415-42 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00928660/>

*Received 28 December 2017; Accepted 14 March 2018; Published 1 April 2018*