



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**ATTOU Amir**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN AGRONOMIE**

**Spécialité : CONTRÔLE DE QUALITÉ ALIMENTAIRE**

**Conservation du fromage traditionnel à base de lait de chèvre avec utilisation d'un antioxydant naturel (Sirop de dattes ou Robb)**

Session Septembre 2021

DEVANT LE JURY

Président	AIT SAADA Djamel	MCA	Université de Mostaganem
Encadreur	BELABBES Mohamed	MCB	ESA-Mostaganem
Examineur	BENMILOUD Djamel	Docteur	Université de Mostaganem

Thème réalisé au niveau Laboratoire Sciences Alimentaires et de Nutrition et Ecole Supérieure d'Agronomie de Mostaganem

Année universitaire 2020 / 2021

Remerciements.....	I
Liste des abréviations .....	II
Liste des tableaux .....	III
Liste des figures .....	V
Liste des photos .....	VI
Résumé .....	VII
Abstract .....	VIII
ملخص .....	XI

## **Table des matières**

Introduction .....	1
Chapitre 1. Aperçu sur la situation de l'élevage caprin en Algérie .....	2
1. Cheptel caprin en Algérie .....	2
1.1. Evolution du cheptel caprin .....	2
1.2. Répartition géographique du cheptel caprin en Algérie .....	3
2. Races caprines en Algérie .....	3
2.1. La race Arabe ou Arbia .....	3
2.2. La race Kabyle ou Naine de Kabylie .....	4
2.3. La race M'Zab ou chèvre rouge des oasis .....	5
2.4. La Race Makatia .....	5
2.5. Les races améliorées .....	6
Chapitre 2. Caractéristiques physicochimiques et organoleptiques du lait de chèvres .....	7
1. Caractéristiques physiques .....	7
1.1. pH. ....	7
1.2. Acidité .....	8

1.3. Densité ou poids spécifique .....	8
1.4. Point de congélation .....	9
1.5. Indice de réfraction .....	10
2. Caractéristiques biochimiques .....	10
2.1. Extrait sec .....	10
2.2. Protéines .....	11
2.3. Matière grasse .....	12
2.4. Glucides .....	14
2.5. Minéraux .....	15
2.6. Vitamines .....	16
2.7. Enzymes .....	17
2.7.1. La lipase .....	18
2.7.2. La phosphatase alcaline .....	18
2.7.3. La phosphatase acide .....	18
2.7.4. La xanthine oxydase .....	18
2.7.5. Le lysozyme .....	18
3. Composition organoleptique .....	19
3.1. Couleur .....	19
3.2. Saveur .....	19
3.3. Odeur .....	20
Chapitre 3. Généralités sur les fromages .....	21
1. Définitions d'un fromage .....	21
2. Procédé de fabrication d'un fromage .....	21
2.1. Coagulations .....	21
2.2. Egouttage .....	23

2.3. Salage .....	24
2.4. Affinage .....	24
3. Différents types de fromages .....	25
3.1. Fromages à pâtes lactiques (caillés lactiques) .....	26
3.2. Fromages à pâtes mixte et présuré .....	26
3.2.1. Famille des fromages à pâtes molles (avec égouttage accéléré par découpage) .....	27
3.2.2. Famille des fromages à pâtes pressées non cuites .....	28
3.2.3. Famille des fromages à pâtes pressées mi-cuites .....	28
3.2.4. Famille des pâtes pressées cuites .....	28
4. Fromages de chèvres .....	29
4.1. Aptitude fromagère du lait de chèvres .....	29
4.2. Caractéristiques physicochimiques du fromage de chèvres.....	29
4.2.1. pH .....	29
4.2.2. Acidité .....	30
4.2.3. Extrait sec .....	30
4.2.4. Glucides .....	32
4.2.5. Lipides .....	33
4.2.6. Protéines .....	34
4.2.7. Calcium .....	35
Chapitre 4. Généralités sur le sirop de dattes (Robb) .....	36
1. Définition.....	36
2. Importance de la production phœnicicole en Algérie.....	36
3. Principales méthodes de sa fabrication.....	36
3.1. Extraction par cuisson dans l'eau tiède.....	36

3.2.Extraction par pressurage.....	36
3.3. Extraction par trempage dans l'eau très chaude.....	37
4. Composition physicochimique du sirop des dattes.....	37
5. Quelques propriétés organoleptiques.....	38
5.1. Goût .....	38
5.2. Couleur.....	38
5.3. Viscosité.....	38
Partie Expérimentale.....	39
Chapitre I : Matériels et méthodes.....	39
1. Objectifs de l'étude.....	39
2. Localisation et description de la zone de provenance des laits de chèvres.....	39
3. Matériels.....	39
3.1. Animaux et lait.....	39
3.2. Sirop de dattes (Robb) .....	41
3.3. Matériels de fabrication du fromage.....	41
3.4. Matériels de laboratoire.....	43
4. Méthodes.....	43
4.1. Dispositif expérimental simplifié.....	43
4.2. Fabrication du fromage.....	44
4.3. Analyses physico-chimiques du lait (Lactoscan) .....	46
4.3. Analyses physico-chimiques et microbiologiques du fromage.....	47
4.3. 1. Analyses physico-chimiques du fromage.....	47
4.3.1.1. Détermination du pH (AFNOR, 1986) .....	47

4.3. 1.2. Détermination de l'indice d'acide.....	48
4.3.1. 3. Détermination de la peroxydation lipidique (Genot, 1996) .....	49
4.3. 1.4. Détermination de l'extrait sec total (AFNOR, 1985) .....	50
4.3.1.5. Détermination des matières minérales (AFNOR, 1985) .....	51
4.3. 1.6. Matière grasse (Folch et al. (1957) .....	52
4.3. 1.7. Détermination de la teneur en matières protéiques (Méthode Lowry) .....	53
4.4. Traitement et analyse statistique des données.....	54
Chapitre 2. Résultats et discussions.....	55
1. Composition physicochimique du lait de chèvre.....	55
1.1. pH.....	55
1.2. Densité à 20°C.....	55
1.3. Point de congélation.....	56
1.4. Extrait sec total.....	56
1.5. Matière protéique.....	56
1.6. Matière grasse.....	56
1.7.Lactose.....	57
2. Composition physicochimique des fromages de chèvres.....	57
2.1. ph et indice d'acidité.....	57
2.2. Protéines et Malondialdehyde.....	60
2.3. Matières sèche, minérale et grasse.....	63
Conclusion.....	65
Références bibliographiques.....	67

# I

## Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté, le courage, la patience et c'est lui qui a créé et facilité les causes nécessaires que je connais et d'autres que je ne connais pas, pour pouvoir réaliser ce travail et mener à terme mon mémoire de fin d'étude.

Aussi, je désire remercier vivement tous ceux qui m'ont, de prêt ou de loin, aidé à réaliser ce travail :

Mes vifs et sincères remerciements pour Mes chers et précieux parents ; Mon père **Sahnoun ATTOU** Maitre de Conférences A à l'université de Mostaganem de m'avoir assisté à l'élaboration de ce manuscrit. Ma mère **Leila** qui n'arrête pas de m'encourager. Je remercie également mon frère **Kamel** et ma sœur **Ahlem** de leur encouragement moral.

**Monsieur Djamel AIT SAADA**, Maitre de Conférences A à l'université de Mostaganem de l'honneur et le plaisir qu'il me fait d'avoir accepté de présider le jury d'examinations de ce mémoire malgré ses multiples responsabilités. Je le remercie également pour avoir autorisé mon accès à son laboratoire des Sciences Alimentaires et de Nutrition. Je lui exprime ma gratitude et mes respects.

**Monsieur Mohamed BELABBES** Maitre de Conférences B à l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Mostaganem d'avoir, sans hésitation, accepter l'encadrement et la direction de ce mémoire de fin d'études. Ses conseils et ses multiples interventions m'étaient que bénéfiques. Malgré le poste de responsabilité qu'il occupe, il est resté attentif et disponible durant toute la durée de l'expérimentation. Ses conseils et ses multiples orientations m'étaient très bénéfiques pour la conception de ce document.

**Monsieur Djamel BENMILOUD**, Docteur à l'université de Mostaganem et expert dans le domaine de la transformation des laits, d'avoir accepté de juger ce travail. Malgré le poids de sa très longue carrière dans la technologie des aliments, il reste toujours intarissable, inlassable et disponible pour les étudiants. Je lui dois un grand respect et une profonde gratitude.

**Monsieur Kaddour BOUDEROUA** Professeur et Directeur de l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Mostaganem d'avoir l'amabilité et la gentillesse d'autoriser mon accès aux laboratoires de son école. Je lui exprime un grand respect et une profonde gratitude

**Monsieur Mohamed BOUZOUINA**, Maitre de Conférences A à l'université de Mostaganem d'avoir mis à ma disposition certains matériels et produits de laboratoire ;

me facilitant ainsi certaines manipulations. Je le remercie également pour ses orientations dans le domaine des statistiques. Qu'il soit assuré de ma sincère gratitude.

**Monsieur Amine DAHOU**, Maître de Conférences B à l'université de Mostaganem d'avoir mis à ma disposition son Lactoscan pour les différentes analyses du lait de chèvre. Je lui dois un grand respect et toute ma gratitude.

**Monsieur Karim LARBAOUI**, Doctorant à l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Mostaganem d'avoir contribué grandement à toutes les manipulations d'analyses. Qu'il reçoive mes plus sincères encouragements pour la réalisation de sa thèse de doctorat.

**Madame Fatima BENDJALOUL**, responsable du laboratoire des Sciences Alimentaires et de Nutrition de m'avoir aidé en mettant à ma disposition le matériel du labo. Je lui exprime mon respect et ma profonde gratitude.

Un Spécial remerciement à Mademoiselle **Ikram MOUMEN**, camarade de classe, qui m'a beaucoup aidé durant toutes les étapes de ce mémoire et qui m'a donné sans hésitation des produits dont j'avais besoin pour la réalisation de ce mémoire. Elle m'a aussi procuré d'autres produits et matériels et elle m'a tant aidé lors des analyses les plus difficiles et les plus stressantes et nombreuses autres choses que je ne peux pas compter. Enfin, je prie Allah de l'aider pour la réalisation de son mémoire de fin d'études et toutes les prochaines étapes et des projets de sa vie.

Mes sincères remerciements à Messieurs **Abdelkader SOUANE** et **Sid Ahmed BELABNA** respectivement magasinier et laborantin au niveau de la faculté SNV d'avoir l'amabilité et la gentillesse de mettre à ma disposition tous les produits nécessaires pour mon travail de recherche.

## II

### Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

AGL : Acide gras libre

AGPI : acides gras polyinsaturés

°D : degré d'ornic

FAO : Food and agriculture organization

INRA : Institut national de la recherche agronomique

KOH : Hydroxyde de potassium

MDA : Malondialdéhydes

MADR : ministère de l'agriculture et du développement rural

MG : Matière grasse

MS : Matière sèche

TBA : acide thiobarbiturique

TCA : acide trichloracétique

### III

#### Liste des tableaux

Tableau 1. Evolution du cheptel national caprin pour la période 2000-2007 (MADR, 2007)	2
Tableau 2: valeurs des pH des laits de chèvres	7
Tableau 3: pH des laits de diverses espèces animales	8
Tableau 4: acidité titrable des laits de quelques espèces animales (°Dornic)	8
Tableau 5 : densités des laits de chèvres selon d'autres auteurs	9
Tableau 6: Points de congélation des laits de quelques espèces productrices de lait	10
Tableau 7 : caractéristiques physico-chimiques des laits de diverses espèces animales	10
Tableau 8: teneurs en matière sèche des laits de différentes espèces laitières (g/litre)	11
Tableau 9: teneurs en matière sèche des laits chez différentes races de chèvre (g/litre)	11
Tableau 10: teneurs en protéines dans le lait de différentes espèces (g/litre) (FAO 1990)	12
Tableau 11: teneurs en protéines dans les laits de différentes races caprines (g/litre)	12
Tableau 12: teneurs en matières grasses (MG) des laits de différentes espèces laitières (g/litre)	13
Tableau 13: variations des teneurs en matières grasses des laits de chèvres selon les races (g/litre)	13
Tableau 14 : teneurs en lactose dans les laits chez quelques espèces animales (g/litre) (FAO, 1990)	14
Tableau 15: teneurs en lactose dans les laits chez quelques races caprines (g/litre)	15
Tableau 16: concentrations des différents éléments minéraux du lait de chèvre	15
Tableau 17: comparaison de la teneur en éléments minéraux des laits de chèvre, de vache et de brebis (mg/L lait)	16
Tableau 18: teneurs en vitamines des laits de chèvre, de brebis et de vache (mg/litre de lait) (FAO, 1990)	17

## IV

### Liste des tableaux (suite)

Tableau 19: variation du pH selon les types de fromages	<b>30</b>
Tableau 20: variation de l'extrait sec selon le type de fromages	<b>31</b>
Tableau 21: variations des teneurs en glucides selon le type de fromages	<b>32</b>
Tableau 22: variations des teneurs en lipides selon le type de fromages	<b>34</b>
Tableau 23: variations des teneurs en Protéines selon le type de fromages	<b>33</b>
Tableau 24: variations des teneurs en calcium selon le type de fromages	<b>35</b>
Tableau 25 : composition biochimique du sirop de dattes	<b>35</b>
Tableau 26: caractéristiques physicochimiques et biochimiques des sirops de dattes (Rob) produits dans la région d'Adrar	<b>37</b>
Tableau 27 : Composition physicochimique du lait de chèvre	<b>55</b>
Tableau 28 : pH moyens des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation	<b>58</b>
Tableau 29 : indices d'acide moyens des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation	<b>59</b>
Tableau 30: teneurs moyennes en Malondialdehyde et en protéines des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation	<b>62</b>
Tableau 31: teneurs moyennes en Matières Sèche, Matières Minérale et Matières Grasse des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation	<b>64</b>

**Liste des figures**

Figure 1 : localisation géographique de la zone d'élevage caprin (provenance du lait)	<b>40</b>
Figure 2 : schéma simplifié du dispositif expérimental	<b>44</b>
Figure 3 : pH moyens des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation	<b>58</b>
Figure 4: indices d'acide moyens des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation	<b>60</b>
Figure 5: teneurs moyennes en protéines des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation	<b>62</b>
Figure 6: teneurs moyennes en MDA des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation	<b>63</b>

## VI

### Liste des photos

Photo 1: race Arbia (source : Benyoub; 2016)	<b>4</b>
Photo 2: race Kabyle ou Naine de Kabylie (source : Benyoub; 2016)	<b>4</b>
Photo 3: race M'zab (source: Benyoub; 2016)	<b>5</b>
Photo 4: race Makatia (source: Benyoub; 2016)	<b>6</b>
Photos 5 et 6 : zone des pâturages du troupeau caprin (Kristel ; ORAN)	<b>40</b>
Photo 7 : la race de chèvre Murciana	<b>41</b>
Photo 8 : le lait de chèvre	<b>41</b>
Photo 9: sirop de dattes ou mélasse de dattes (Robb)	<b>41</b>
Photos 10: matériels de fabrication du fromage	<b>42</b>
Photos 11 et 12 : thermisation du lait avant sa coagulation	<b>44</b>
Photos 13 et 14 : coagulation du lait pas addition du vinaigre	<b>45</b>
Photos 15 et 16 : égouttage du coagulum	<b>45</b>
Photos 17 : Pressage du coagulum	<b>45</b>
Photo 18 : découpe de la pâte pressée en échantillons	<b>46</b>
Photos 19 et 20 : traitement de la pâte pressée avec une couche de sirop de datte	<b>46</b>
Photo 21 : Lactoscan SP Ultra-Sonic milk analyzer	<b>47</b>

## VII

### Résumé

La présente étude est réalisée pour la fabrication d'un fromage traditionnel à base de lait de chèvre provenant de la région ouest de l'Algérie (Oran). Avant sa conservation dans une température de réfrigération de 6 à 8 °C, les fromages ont subi un traitement avec un antioxydant naturel qui le sirop de dattes. Trois durée de conservation ont été retenues (0, 10 et 15 jours). Plusieurs paramètres ont été mesurés sur le lait et sur les fromages afin de déterminer l'effet du sirop de dattes et celui des durées de conservation sur ces derniers. Il s'agit d'une part des paramètres physicochimiques et d'autres part la peroxydation dans les fromages.

Les résultats obtenus se résument comme suit: les analyses physicochimiques du nous ont permis d'enregistrer un pH de 6,62, une densité d'environ 1,033, un point de congélation de -0,510 °C et des teneurs en MS, MP, MG et lactose respectivement égales à 11,70, 3,15, 3,48 et 3,62 %.

Concernant les résultats physicochimiques des fromages témoins (sans SD), ils en relativement comparables avec ceux d'autres auteurs. Avec un pH avoisinant les 5,60 et ceci quelque soit la durée de conservation. Mêmes tendances du pH pour les autres fromages (avec ou sans Robb). Un indice d'acide plus élevé (8,60) est enregistré pour le fromage 100%SD. Une baisse significative de la teneur en MG chez le lait 100% SD (9,33%). Des variations anormales ont été constatées entre les fromages. Enfin, des teneurs apparemment plus élevées en MDA sont obtenues chez les fromages 100% SD.

**Mots clés :** lait, chèvre, fromage, sirop de dattes et malondialdéhyde

## VIII

### **Abstract**

This study is made for the manufacture of a traditional cheese made from goat's milk. This milk comes from the western region of Algeria (Oran). Before being stored in a refrigeration temperature of 6 to 8 ° C, the cheeses have undergone a treatment with a natural antioxidant, which is date syrup. Three storage periods were retained (0, 10 and 15 days). Several parameters were measured on milk and cheeses to determine the effect of date syrup and that of storage life on them. Those are physicochemical parameters and peroxidation in cheeses.

The results obtained are summarized as follows:

The physicochemical analyzes allowed us to record a pH of 6.62, a density of approximately 1.033, a freezing point of -0.510 ° C and MS, MP, MG and lactose contents respectively equal to 11.70 , 3.15, 3.48 and 3.62%.

Regarding the physicochemical results of control cheeses (without SD), they are relatively comparable with those of other authors. With a pH close to 5.60 and this whatever the storage life is. Same pH trends for other cheeses (with or without Robb). A higher acid index (8.60) is recorded for 100% SD cheese. A significant decrease in the fat content in 100% SD milk (9.33%). Abnormal variations were observed between the cheeses.

Finally, apparently higher MDA contents are obtained in 100% SD cheeses.

Key words: milk, goat, cheese, date syrup and malondialdehyde

## ملخص

أجريت هذه الدراسة لتصنيع جبن تقليدي مصنوع من حليب الماعز من المنطقة الغربية للجزائر (وهران). قبل تخزين الجبن في درجة حرارة مبردة من 6 إلى 8 درجات مئوية ، خضعت الأجبان لعلاج بمضادات الأكسدة الطبيعية ، وهو شراب التمر. تم الاحتفاظ بثلاث فترات صلاحية (0 ، 10 ، 15 يومًا). تم قياس عدة معاملات على الحليب وعلى الأجبان من أجل تحديد تأثير شراب التمر ومدة الصلاحية على الأخير. يعمل على يد واحدة من الجبن. المعلمات الفيزيائية والكيميائية ومن ناحية أخرى بيروكسيد في الجبن.

تم تلخيص النتائج التي تم الحصول عليها على النحو التالي: سمحت لنا التحليلات الفيزيائية والكيميائية بتسجيل الأس MG ، MP ، MS الهيدروجيني 6.62 ، وكثافة حوالي 1.033 ، ونقطة التجمد -0.510 درجة مئوية ومحتويات واللاكتوز على التوالي تساوي 11.70 و 3.15 و 3.48 و 3.62٪

، فهي قابلة للمقارنة نسبيًا مع نتائج المؤلفين الآخرين. (SD فيما يتعلق بالنتائج الفيزيائية والكيميائية لأجبان التحكم (بدون مع درجة حموضة حوالي 5.60 وهذا بغض النظر عن مدة الصلاحية. نفس اتجاهات الأس الهيدروجيني للأجبان انخفاض معنوي في محتوى SD الأخرى (مع أو بدون روب). تم تسجيل رقم حمضي أعلى (8.60) لجبن 100٪ لوحظت اختلافات غير طبيعية بين الجبن. أخيرًا ، يتم الحصول على محتويات (9.33٪) SD الدهن في الحليب 100٪ SD أعلى على ما يبدو في 100٪ جبن MDA.

الكلمات الأساسية: الحليب وجبن الماعز والجبن وشراب التمر

# Introduction

---

## Introduction

Quelque soit son origine animale, le lait est biologiquement un aliment qui présente un intérêt nutritionnel considérable. En effet, il est considéré comme étant un aliment très nutritif grâce à sa richesse en glucides, protéines, lipides, vitamines et sels minéraux.

Dans le domaine de la production et la transformation laitière, le lait de vache occupe la plus grande place avec environ 80 %. Le reste est constitué de lait de chamelle, de chèvre, de bufflonne et de brebis. Pour le cas de l'Algérie, il faut signaler qu'on est parmi les premiers consommateurs de lait dans le monde avec environ 100 l/an/habitant. Notons aussi que les autres espèces laitières à savoir la chamelle, la chèvre et la brebis n'interviennent qu'à environ 10% de la production nationale du lait dont la consommation est surtout locale ou familiale.

Le plus souvent, le lait est consommé à l'état nature. Cependant, il peut aussi subir différentes biotransformations qui contribuent à augmenter considérablement ses qualités nutritionnelles et sensorielles. En effet, l'un des dérivés de ses transformations est incontestablement le fromage dont la demande ne cesse d'augmenter d'une année à une autre.

Par ailleurs, le lait de chèvre a fait l'objet d'une multitude de recherches aussi bien internationale que nationale. En effet, plusieurs études ont été entreprises en Algérie dont les résultats se sont avérés très intéressants surtout quant il s'agit de transformations en fromages (Boumendjel et al., 2017 ; Daoudi, 2006 ; *Gheraia et Amiche, 2018*). C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail qui s'intitule *Conservation du fromage traditionnel à base de lait de chèvre avec utilisation d'un antioxydant naturel (sirop de dattes)*.

Le présent document est scindé en deux grandes parties. La première est un ensemble d'informations et de résultats bibliographiques concernant essentiellement le domaine du lait de chèvre et des fromages. Ces données bibliographiques permettront de mieux comprendre et interpréter nos résultats. Il s'agit de trois chapitres traitant les aspects suivants :

Aperçu sur la situation de l'élevage caprin en Algérie,

Caractéristiques physicochimiques et organoleptiques du lait de chèvres,

Et généralités sur les fromages.

Une deuxième partie exclusivement expérimentale relate le processus artisanal de fabrication du fromage à base de lait de chèvre provenant d'une zone montagneuse située dans la région d'Oran (Kristel). Avant leur réfrigération pendant différentes durées, ces fromages ont subi préalablement un trempage dans du sirop de dattes (Robb). Afin de déterminer l'effet combiné du Robb et de la durée de conservation, plusieurs paramètres sont mesurés, surtout la peroxydation.

## 1. Cheptel caprin en Algérie

### 1.1. Evolution du cheptel caprin

En Algérie, l'élevage caprin est considéré comme étant une activité agricole très ancienne et parmi les plus traditionnelles. Il est souvent associé à celui des ovins et est localisé dans les régions difficiles. Pour ces régions difficiles, il constitue une ressource inestimable en lait et viande.

Au niveau national, le cheptel caprin a été estimé par la FAO à 5 129 839 têtes en 2014. (FAO Stat, 2014). D'après la FAO (2018), la population caprine représente environ 18% du cheptel national en 2017 et se classe dans le deuxième rang après celle de l'espèce ovine.

Contrairement aux pays voisins, la dynamique du cheptel caprin algérien est peu connue en raison du caractère extensif de son élevage.

Cette récente statistique en effectif résulte de l'introduction des espèces à haut rendement mis en place par l'Etat Algérien et au fait que l'espèce caprine est entraînée par l'espèce ovine. Cette évolution s'explique aussi par production insuffisante de viande en l'Algérie qui favorise actuellement surtout la production de viande caprine et aussi la production de lait de chèvre. Le tableau 1 résume l'évolution du cheptel caprin en Algérie entre 2000 et 2007.

**Tableau 1.** Evolution du cheptel national caprin pour la période 2000-2007 (MADR, 2007).

Année	Total caprin	Total chèvres
2000	3 265 000	1 735 000
2001	3 129 000	1 790 000
2002	3 281 000	1 885 000
2003	3 312 000	1 838 000
2004	3 358 000	1 863 000
2005	3 589 000	2 039 000
2006	3 754 000	2 151 000
2007	3 774 000	2 174 000

Plus anciennement et selon les statistiques du ministère de l'agriculture (MADR, 2007), l'effectif caprin total était de l'ordre 3 265 000 en 2000 dont 1 735 000 chèvres

(tableau 1). Il a atteint un effectif de 3 774 000 têtes en 2007 dont 2 174 000 chèvres soit une augmentation d'environ 13% entre 2000 et 2007.

## 1.2. Répartition géographique du cheptel caprin en Algérie

Selon Hafid (2006), la répartition géographique du cheptel caprin à travers le territoire national dépend essentiellement de la nature des ressources alimentaires de la région et du mode d'élevage caprin.

Par ailleurs et d'après Aissaoui et al. (2019), le cheptel caprin en Algérie se répartit comme suit :

- 30,7 % dans les zones steppiques,
- 28,3 % dans la zone du Tell,
- 26,6 % dans les zones du sud (oasis)
- Et 13,2 % dans les zones montagneuses.

## 2. Races caprines en Algérie

Le cheptel caprin algérien est constitué d'une population locale très hétérogène représentée essentiellement par les races Arabe, Kabile et M'Zab (Fantazi, 2004). Ces dernières sont bien adaptées aux rudes conditions des milieux steppiques et sahariens. Elles sont généralement associées au cheptel ovin.

Les principales races caprines exploitées en Algérie sont :

### 2.1. La race Arabe ou Arbia

Selon Aissaoui et al. (2019) et Benyoub (2015-2016), la race Arabe ou Arbia est la plus dominante. Elle est localisée essentiellement dans les hauts plateaux, les zones steppiques et plus particulièrement dans région de Laghouat.

Elle est surtout caractérisée par une tête dépourvue de cornes avec des oreilles longues et pendantes.

Elle se trouve sous plusieurs robes (grise, noire, marron) avec des poils longs de 12 à 15 cm.

Son potentiel de production laitière avoisine les 1,5 litre.



**Photo 1:** race Arbia (source : Benyoub; 2016)

## 2.2. La race Kabyle ou Naine de Kabylie

D'après Pedro (1952), Hellal (1986) (cités par Benyoub, 2016), c'est une race autochtone qui occupe les massifs montagneux de la Kabylie et des Aurès.

Elle est massive, robuste et de petite taille d'où son nom Naine de Kabylie.

Elle est caractérisée par une tête cornue, avec des oreilles longues et tombantes et avec plusieurs couleurs (beige, roux, blanc, pie rouge, pie noire et noir).

Son potentiel de production laitière est très limité. Selon l'INRA (2003), elle est élevée pour la production de viande qui est de qualité appréciable.



**Photo 2:** race Kabyle ou Naine de Kabylie (source : Benyoub ; 2016)

### 2.3. La race M'Zab ou chèvre rouge des oasis

D'après Benyoub (2016), elle est originaire de la région de Metlili ou Berriane.

C'est une race très intéressante en raison de son potentiel production laitière de l'ordre de 2 à 3 litre/jours.

Avec des poils courts, la robe est de trois couleurs : chamoise, noire et blanche.

La couleur chamois est la plus dominante, le noir forme une ligne régulière sur l'échine alors que le ventre est tacheté par du blanc et du noir



**Photo 3:** race M'zab (source: Benyoub ; 2016)

### 2.4. La Race Makatia

D'après Guelmaoui et Abderehmani (1995) (cités par Benyoub (2016), la race Makatia est originaire de Ouled Nail. Elle est localisée dans les hauts plateaux et dans certaines zones du Nord.

Selon Djari et Ghribeche (1981), il s'agit du résultat du croisement de l'ARABIA avec une autre race dénommée CHERKIA.

Selon Hellal (1986), la chèvre MAKATIA présente une robe variée de couleur grise, beige, blanche et brune à poils ras et fin.

La production laitière est de 1 à 2 l/j.



**Photo 4:** race Makatia (source: Benyoub ; 2016)

### 2.5. Les races améliorées

Il s'agit de races introduites en Algérie depuis la période coloniale, dans le cadre d'une stratégie d'amélioration génétique du cheptel caprin local.

D'après Manallah (2012), ce sont la Maltaise, la Toggenburg et la Murciana et plus récemment l'Alpine et la Saanen.

La maltaise et la Murciana ont été implantées en Oranais et sur le littoral pendant la colonisation (Kerkhouche, 1979).

D'autres opérations d'introduction de caprins performants après l'indépendance ont été effectuées à travers le territoire national tel que la Mitidja, Tizi-Ouzou, Sétif et le haut Chélif.

Plusieurs races performantes telles que, Saanen, Alpine et Maltaise, ont été réintroduites en Algérie pour les essais d'adaptation et d'amélioration des performances zootechniques de la population locale (production laitière et de viande) (Bey et Laloui, 2005).

## 1. Caractéristiques physiques

### 1.1. pH

Quelque soit leur origine, les laits sont naturellement acides en raison de leur teneur en certains éléments tels que les caséines, les sels minéraux et des ions (Luquet, 1985). Par ailleurs, Sina (1992), expliquait cette légère acidité par la présence dans le lait des anions phosphoriques et citriques ainsi que de la caséine. C'est ce que l'on appelle *Acidité originelle*. En plus et s'il y a une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique, ce qui engendre une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium ( $H_3O^+$ ) et donc une diminution du pH. Donc, le pH d'un lait renseigne précisément sur l'état de sa fraîcheur.

Selon plusieurs auteurs, le pH du lait de chèvre varie selon plusieurs facteurs (pays, espèce animale et races). Selon Jouhannet (1992), le pH du lait de chèvre apparaît être plus faible que celui du lait de vache. Il se caractérise par des valeurs allant de 6,45 à 6,90 (Remeuf et al., 1991).

Travaillant sur des laits de chèvres de trois régions algériennes (Souk Ahras, Guelma et El-Tarf), Boumendjel (2017) a enregistré des pH de 6.97, 7.14 et 7.23 respectivement. Auparavant, Noutfia et al. (2011), avaient noté des pH de l'ordre de 6.64 et 6.69 respectivement sur des laits de chèvres de races Draa et Alpine.

Le tableau 2 résume les valeurs des pH des laits de chèvres de certaines races

**Tableau 2:** valeurs des pH des laits de chèvres

ph	race	Pays	Référence
6.53	Saanen	Autriche	Helmut et Gregor (2013)
6.55	Race locale	Pakistan	Asif et Sumaira (2013)
6,65	Race locale	Algérie	Moualek (2012)

Enfin, le pH des laits varie selon l'espèce animale. Le tableau 3 rapporte les valeurs du pH des laits de chèvre comparativement à celui de la vache, la brebis et la chamelle.

**Tableau 3:** pH des laits de diverses espèces animales

Espèce animale	Chèvre	Vache	Brebis	Chamelle
pH à 20°C	6.45-6,60	6,60-6,80	6,50-6,85	6,20-6,82

### 1.2. Acidité

L'acidité titrable d'un lait est exprimée en acide lactique, sachant qu'un degré Dornic est égal à 0,1g d'acide lactique par litre de lait. En effet, elle indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose.

Elle varie de 10 à 26 degré Dornic (°D). D'après Jouhannet (1992), elle varie aussi en fonction des saisons. En hiver, elle est égale en moyenne à 17,5 - 18°D. Elle varie de 19,4 à 21,3 et de 23 à 24°D respectivement en automne et au printemps.

Selon Benyoub (2016), l'acidité titrable du lait de chèvre et de vache reste assez stable durant la lactation. Veinoglouet al. (1982) avaient noté qu'elle oscille entre 16 et 17 °D.

Au Maroc, Noutfia et al. (2011) ont enregistré des niveaux d'acidités des laits très différents, de 17,7°D et 13,5°D, chez les races de chèvres Draa et Alpine respectivement. Tandis qu'en Algérie, Boumendjel (2017) a obtenu des acidités des laits de chèvres relativement différentes, de 20.71, 19.00 et 16.83°D, provenant respectivement des régions de Souk Ahras, El-Tarf et Guelma.

Enfin, d'autres valeurs de l'acidité des laits de vaches ont été constatées par Abakar (2012), de l'ordre de 16 et 18°D. D'importantes variations de l'acidité entre les laits de chèvres, vaches et brebis ont été rapportées par la FAO (2011) (Tableau 4).

**Tableau 4:** acidité titrable des laits de quelques espèces animales (°Dornic)

Espèces animales	Chèvre	vache	brebis
Valeur (°D)	14-18	15-17	22-25

### 1.3. Densité ou poids spécifique

La densité d'un liquide est définie comme étant le rapport entre la masse d'un volume donné de ce liquide et la masse du même volume d'eau. Selon Jouhannet (1992), celle du lait de chèvre présente une densité variant de 1,026 à 1.042 (densité moyenne de

1.030). Elle varie essentiellement en fonction de sa teneur en matière grasse et teneur en matière sèche.

Selon Veinoglouet al. (1982), la densité du lait de chèvre est relativement stable. Elle est de 1.030 pour la chèvre et comparable à celle du lait de vache (1.030 - 1.035).

En Algérie, Boumendjel (2017) a enregistré des densités des laits de chèvres très proches, de l'ordre de 1027, 1025 et 1027, respectivement des régions de Souk Ahras, El-Tarf et Guelma. Celles des laits issus des races Draa et Alpine sont égales à 1,031 et 1,028 respectivement (Noutfia et al., 2011)

La densité des mélanges des laits de laiteries est de 1,032 à 20 °C. Celle des laits écrémés est supérieure à 1,035. Enfin et selon Vierling (2008), un lait à la fois écrémé et mouillé peut avoir une densité normale.

D'autres résultats de densités des laits de chèvres sont mentionnés dans le tableau 5.

**Tableau 5** : densités des laits de chèvres selon d'autres auteurs

Densité	Race	Pays	Références
1.030	Race locale	Pakistan	Asif et Sumaira (2010)
1.022	Race locale	Algérie	Roudj et al. (2005)
1.029-1.039	-	-	Park et al. (2007)

#### 1.4. Point de congélation

Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physiques les plus constantes. Selon Mathieu (1998), sa valeur moyenne pour le lait de vache se situe entre - 0,54 °C et -0,55 °C.

Eventuellement, la mesure de ce paramètre permet d'indiquer la quantité d'eau ajoutée au lait. En effet, un mouillage de 1 % entraîne une augmentation du point de congélation d'environ 0,0055 °C (Goursaud, 1985). D'après Mahaut et al. (2000), si le point de congélation d'un lait est supérieur à - 0,53 °C, on peut suspecter une addition d'eau.

Helmut et Gregor (2012), ont enregistré un point de congélation de - 0.551°C Pour le lait de chèvre de race Saanen.

Enfin, quelques variations des points de congélation des laits ont été constatées entre les principales espèces (tableau 6).

**Tableau 6:** Points de congélation des laits de quelques espèces productrices de lait

Espèce animale	Chèvre	Vache	Brebis	Chamelle
Points de congélation (°C)	- 0,550 à - 0,583	- 0,520 à - 0,550	- 0,570	- 0,580

### 1.5. Indice de réfraction

L'indice de réfraction est une grandeur sans dimension caractéristique d'un milieu. Il décrit le comportement de la lumière dans ce milieu. Il dépend de la longueur d'onde de mesure mais aussi des caractéristiques de l'environnement (surtout la pression et la température). Selon Jouhannet (1992), l'indice de réfraction du lait de chèvre, à 40°C, se situe entre celui de la vache et celui de bufflonne (entre 1,3454 et 1,3492).

De légères variations de L'indice de réfraction des laits ont été constatées entre les espèces animales : (tableau 7).

**Tableau 7 :** caractéristiques physico-chimiques des laits de diverses espèces animales

Espèce	Chèvre	Vache	Brebis
Valeur	1,35-1,46	1,45-1,46	1,33-1,40

## 2. Caractéristiques biochimiques

### 2.1. Extrait sec

Les laits synthétisés et sécrétés par les espèces mammifères présentent des caractéristiques communes et contiennent les mêmes catégories de composants à savoir l'eau, les protéines, le lactose, les matières grasses et les minérales. Cependant, les proportions respectives de ces composants varient considérablement d'une espèce à l'autre. Après un séchage complet du lait, on obtient l'extrait sec du lait appelé communément la matière sèche (MS). Cette dernière varie considérablement d'une espèce animale à une autre (tableau 8), voir même à l'intérieur d'une espèce (races).

En effet, d'importantes variations de la teneur en MS entre les races caprines ont été enregistrées par plusieurs auteurs (tableau 9).

**Tableau 8:** teneurs en matière sèche des laits de différentes espèces laitières (g/litre)

Espèce	Chèvre	Vache	Brebis	Chamelle	Bufflonne	Jument
MS (g/litre)	134	128	183	136	166	109

**Tableau 9:** teneurs en matière sèche des laits chez différentes races de chèvre (g/litre)

MS (g/litre)	Race	Pays	Références
121,5	Saanen	Nigeria	Mba et al. (1975)
128,4	Race locale	Pakistan	Asif et Sumaira (2010)
115	Race locale	Algérie	Moualek, 2012
133,2	Draa	Maroc	Noutfia et al. (2011)
109	Alpine		
123,7	Saanen	Autriche	Helmut et Gregor (2012)
196,23	Local	Algérie (Souk Ahras)	<u>Boumendjel 2017</u>
181,73	Local	Algérie (Guelma)	
129,62	Local	Algérie (El-Tarf )	

## 2.2. Protéines

D'après Mahé et al. (1993), les protéines du lait de chèvre comme celles des autres espèces de mammifères, sont composées de deux fractions, l'une majoritaire appelée caséines (environ 80 %). Masle et Morgan (2001) ont constaté que ces caséines précipitent avec un pH de 4,2 pour le lait de chèvre et 4,6 pour le lait de vache.

L'autre fraction minoritaire (environ 20 %) est appelée protéines sériques et se caractérise par leur solubilité dans les mêmes conditions de pH que les précédentes (Chanokphat, 2005).

Les teneurs de ces deux fractions (caséines et protéines sériques) varient considérablement d'une espèce à une autre (tableau 10). Ces variations s'expliquent peut-être par l'aptitude de chaque espèce à couvrir les besoins nutritionnels des jeunes durant leur allaitement.

**Tableau 10:** teneurs en protéines dans le lait de différentes espèces (g/litre) (FAO 1990)

Nature protéines	Chèvre	Vache	Brebis	Chamelle	Bufflonne	Jument
Protéines totales	33	34	57	35	41	25
Caséines	24	26	46	28	35	14

A l'intérieur de la même espèce caprine, les concentrations en protéines varient en fonction des races (tableau 11).

**Tableau 11:** teneurs en protéines dans les laits de différentes races caprines (g/litre)

Matière protéique	Race	Pays	Références
30,7	Saanen	Nigeria	Mba et al. (1975)
33,5	Race locale	Egypte	El-Zayat et al. (1984)
20,8	Race locale	Algérie	Roudj et al. (2005)
31,5	Race locale	Pakistan	Asif et Sumaira (2010)
28	Race locale	Algérie	Moualek (2012)
29,9	Saanen	Autriche	Helmut et Gregor (2012)

### 2.3. Matière grasse

Avec les glucides, la matière grasse est une des sources principales d'énergie d'un lait. Selon Kongo et al. (2015), la quantité totale de matières grasses présente dans un lait avoisine les 40 g/kg de lait (4%). La teneur moyenne du lait de chèvre en lipides totaux est de 42 g/kg de lait. Elle évolue aux cours de la lactation. Les valeurs maximales se situent au début de la lactation puis baissent progressivement (Grand Pierre, 1988).

Selon Darton Hill (1987), les lipides du lait de chèvre sont constitués principalement de triglycérides (98 à 99% des lipides), d'esters de cholestérol et de phospholipides (Phosphatidyléthanolamine et phosphatidylsérine). Les triglycérides sont composés d'acides gras saturés à longue et à courte chaîne et d'acides gras insaturés à longue chaîne (Banks, 1991).

Notons que l'ensemble des lipides forme des globules gras qui selon Zeller, 2005 participent à la consistance et à la flaveur des pâtes finales des fromages. La taille de ces globules gras intéresse actuellement les spécialistes de l'industrie laitière. Dans les laits de chèvre, de brebis et de chamelle, les globules gras sont de dimension plus petite que dans le lait de vache, tandis que ceux du lait de bufflonne sont de plus grande dimension. En technologie, il est plus facile d'homogénéiser un lait quand les globules gras qu'il contient sont plus petits.

Par ailleurs, la teneur en lipides totaux des laits varient d'une espèce à une autre (tableau..). Elle varie considérablement d'une espèce animale à une autre (tableau 12). Chez la chèvre, elle est nettement inférieure à celle de la brebis. De même, elle varie à l'intérieur d'une espèce (races caprines). En effet, des variations importantes de la teneur en lipides totaux entre les races caprines ont été constatées par d'autres auteurs (tableau 13).

**Tableau 12:** teneurs en matières grasses (MG) des laits de différentes espèces laitières (g/litre)

Espèce	Chèvre	Vache	Brebis	Chamelle	Bufflonne	Jument
MG (g/litre)	41	37	71	45	68	20

**Tableau 13:** variations des teneurs en matières grasses des laits de chèvres selon les races (g/litre)

Matières grasses	Race	Pays	Références
34,1	Saanen	Nigeria	Mba et al. (1975)
40,4	Race locale	Egypte	El-Zayat et al. (1984)
39,7	Race locale	Pakistan	Asif et Sumaira (2010)
35	Race locale	Algérie	Moualek, 2012
37,3	Saanen	Autriche	Helmut et Gregor (2013)
41,6	Draa	Maroc	Noutfia et al. (2011)
34	Alpine		

## 2.4. Glucides

Le lactose est le sucre spécifique du lait. D'après Jerónimo et al. (2016) et Renhe et al. (2019), c'est le sucre présent en plus grande quantité dans un lait. Il est constitué de deux molécules : une de glucose et l'autre de galactose.

Selon Morrissey (1995), il est présent en quantités identiques dans les laits de vache et de chèvre soit environ 48g/L de lait. Son rôle principal est de servir de substrat aux bactéries lactiques dans la fabrication des fromages pour la formation d'acide lactique.

D'après Renhe et al. (2019), le lactose est sensible à la réaction de Maillard qui est un mécanisme de brunissement non enzymatique influençant les caractéristiques organoleptiques des produits laitiers.

Il varie considérablement en fonction des espèces animale. Il est présent entre 46 et 60 g/kg lait (Jerónimo et al., 2016; Panthi et al., 2017). Durant la lactation, la teneur en lactose du lait chèvre ne présente pas de grandes variations.

Si l'on excepte celui de jument, les laits des espèces ont des teneurs en lactose très proches (tableau 14). Dans une espèce donnée, le lait peut sembler plus doux ou plus amer selon la teneur en lactose

**Tableau 14** : teneurs en lactose dans les laits chez quelques espèces animales (g/litre) (FAO, 1990)

Espèce	Chèvre	Vache	Brebis	Chamelle	Bufflonne	Jument
Lactose	48	48	46	50	49	60

Enfin, des variations non négligeables de la teneur en lactose ont été observées par plusieurs auteurs en fonction des races caprines (tableau 15). En Algérie, d'importantes variations ont été constatées sur des races de chèvres locales, entre 31,5 et 40,6 g/litre de lait.

**Tableau 15:** teneurs en lactose dans les laits chez quelques races caprines (g/litre)

Lactose	Race	Pays	Références
45,4	Saanen	Nigeria	Mba et al. (1975)
44,8	Race locale	Egypte	El-Zayat et al. (1984)
31,5	Race locale	Algérie	Roudj et al. (2005)
43,9	Race locale	Pakistan	Asif et Sumaira (2010)
48,3	Draa	Maroc	Noutfia et al. (2011)
42,3	Alpine		
40,6	Race locale	Algérie	Moualek (2012)
43,1	Saanen	Autriche	Helmut et Gregor (2013)

### 2.5. Minéraux

La teneur en minéraux du lait de chèvre varie entre 5g et 8,5g/L de lait (Jouhannet, 1992). Elle est généralement plus élevée que celle du lait de vache. Selon le même auteur, elle est en moyenne égale à 7,28g/litre pour le lait de chèvre contre 6,62 g/litre pour le lait de vache.

Les éléments minéraux du lait (calcium, phosphore et potassium) se trouvent sous forme de combinaisons : phosphates, carbonates, chlorures, etc. Selon des auteurs, le tableau 16 regroupe les concentrations des différents éléments minéraux du lait de chèvre.

**Tableau 16:** concentrations des différents éléments minéraux du lait de chèvre

Minéraux	Darnton Hill (1987)	Grand Pierre (1988)
Sodium	340	371
Potassium	1800	2021
Calcium	1290	1250
Phosphore	1060	970
Magnésium	200	120
Fer	0,4-1	0,34
Chlore	1300	1614

Par ailleurs, les concentrations en différents constituants minéraux varient en fonction des laits de certaines espèces. Le tableau 17 récapitule ces résultats.

**Tableau 17:** comparaison de la teneur en éléments minéraux des laits de chèvre, de vache et de brebis (mg/L lait)

Lait \ Minéraux	Chèvre	Vache	Brebis
Sodium (mg)	340-370	500	420
Potassium (mg)	1800	1500	1500
Calcium (mg)	1290-1350	1200-1250	2000
Phosphore (mg)	1060	950	1180
Magnésium (mg)	200	120	180
Chlore (mg)	2200-1300	950	1080
Fer (mg)	0,4-1	0,5	0,2-1,5

## 2.6. Vitamines

Le lait est une autre source de vitamines. En effet, il contient des vitamines B12, B2, B3 ou PP, B5, A, C et D.

Les données concernant les vitamines des laits sont résumé dans le tableau 18. On constate la richesse du lait de brebis, dans presque toutes les vitamines, par rapport au lait de vache. La teneur des laits de chamelle et de jument en vitamine C est élevée. De même, les laits de chèvre et de brebis sont pauvres en acide folique.

**Tableau 18:** teneurs en vitamines des laits de chèvre, de brebis et de vache (mg/litre de lait) (FAO, 1990)

Vitamines	Chèvre	Vache	Brebis
Thiamine (B1)	0,41	0,42	0,85
Riboflavine (B2)	1,38	1,72	3,30
Vitamine B6	0,60	0,48	0,75
Cobalamine B12	0,0008	0,0045	0,006
Acide nicotinique	3,28	0,92	4,28
Acide folique	0,006	0,053	0,006
Acide ascorbique (C)	4,20	18	47,0
$\beta$ -carotènes	<0,10	0,21	0,02

## 2.7. Enzymes

Les enzymes du lait proviennent d'organes, du sang et surtout des cellules sécrétrices de la glande mammaire où elles sont, en partie, liées à des membranes.

Les enzymes du lait se rencontrent aussi bien dans le lait maigre que dans la crème, parfois liées à la caséine ou à la membrane des globules gras.

L'activité enzymatique du lait est influencée par différents facteurs tels que période de lactation, saison, espèce de mammifère, race, alimentation, état de santé de la mamelle. Les enzymes peuvent jouer un rôle d'indicateurs pour certains procédés technologiques.

Le lait de chèvre contient plusieurs enzymes de natures différentes : la lipase, la phosphatase alcaline, la phosphatase acide, la xanthine oxydase et la lysozyme.

### **2.7.1. La lipase**

C'est une lipoprotéine lipase milk appelée communément LPLm. Selon ATTOU (1994), elle est responsable de la rancidité des laits provoquée par le phénomène des lipolyses spontanée et induite. Selon Jouhannet (1992), la lipase du lait de chèvre est répartie pour 45% dans la matière grasse alors que dans le lait de vache elle s'y trouve pour seulement 5 à 30%. Elle peut être facilement détruite par une thermisation du lait à 75°C pendant quelques secondes (Attou, 1994).

### **2.7.2. La phosphatase alcaline**

Le lait de chèvre contient moins de phosphatase alcaline (Jouhannet,1992). Elle est soit associée aux lipoprotéines ou adsorbée à la surface de la membrane des globules gras. Selon Le Mens (1985), sa teneur est sous l'effet du stade de lactation : elle augmente du début à la fin de lactation. Elle peut être aussi détruit par la chaleur.

### **2.7.3. La phosphatase acide**

C'est une enzyme présente dans le lactosérum. Son activité est à peine détectable lorsque le lait est chauffé durant 5 minutes à 62°C. De ce fait, le test à la phosphatase acide ne peut pas être utilisé pour contrôler la bonne pasteurisation du lait de chèvre.

### **2.7.4. La xanthine oxydase**

C'est oxydoréductase. Elle est associée à la membrane des globules gras. Son activité est généralement est plus faible dans le lait de chèvre que dans celui des vaches (Parkash et Jenness, 1968).

### **2.7.5. Le lysozyme (muramidase)**

Il possède la propriété d'hydrolyser la paroi de certaines bactéries. Certaines espèces animales secrètent dans leur lait quantité appréciable de lysozyme.

En effet, la chèvre semble avoir dans son lait une très concentration de cette enzyme (0.0025mg/100g de lait écrémé (Parkash, 1966).

### 3. Composition organoleptique

La qualité organoleptique (couleur, odeur et texture) d'un produit se dégrade au fil du temps. La durée de stockage, la température et leur action combinée affectent considérablement les attributs sensoriels totaux.

Un lait de bonne qualité organoleptique présente des caractéristiques particulières qui concernent la couleur, l'odeur et la saveur.

#### 3.1. Couleur

Comme le lait de vache, le lait de chèvre est une émulsion de matière grasse sous forme de globules gras dispersés dans une solution aqueuse (sérum) comprenant de nombreux éléments, les uns à l'état dissous (lactose, protéines du lactosérum... etc.), les autres sous forme colloïdale (caséines) (Benyoub, 2011).

En raison de l'absence de  $\beta$ -carotènes, le lait de chèvre est plus blanc que le lait de vache. Cette blancheur se répercute sur les produits laitiers caprins. Ceci a été confirmé par Hennane (2011) qui a mentionné que contrairement au lait de vache, le lait de chèvre comme son beurre ne contient pas de  $\beta$ -Carotène.

A l'œil, il est facile de distinguer le lait de chèvre des autres laits grâce à sa couleur particulièrement blanche. Ceci est dû au fait que le lait de chèvre ne contient pas de carotènes. Cette distinction de couleur se vérifié également avec le fromage.

#### 3.2. Saveur

Selon Duteurtre et al.(2005), le lait de chèvre se caractérise par un goût légèrement plus sucré. Par ailleurs, il est caractérisé par une flaveur particulière et un goût plus relevé que le lait de vache.

Cette flaveur, en grande partie est due à certains acides gras libres et accentuée par la lipolyse.

Par ailleurs et d'après Hennane (2011), le lait de chèvre possède une saveur douceâtre et agréable. Fraichement traité, il possède plutôt une saveur neutre. Par contre, après stockage au froid il acquiert une saveur caractéristique.

Enfin, dans certains pays anglo-saxons la saveur du lait de chèvre constitue un critère de sélection car sa commercialisation en l'état est très répandue.

### **3.3. Odeur**

Fraichement traité, le lait de chèvre a une odeur assez neutre parfois en fin de lactation, il a une odeur dite Caprique (Hennane, 2011).

## 1. Définitions d'un fromage

Selon Quynh MY (2018), le fromage est défini comme étant le produit issu de la coagulation du lait de différentes espèces (chèvre, vache, brebis ou chamelle). Cette coagulation se pratique de manière complète, partielle ou à partir de techniques externes. La matière première peut subir un premier traitement thermique (pasteurisation/thermisation) ou être utilisée telle quel (lait cru).

En effet, selon Kongo et al., (2016) c'est en modifiant les conditions physico-chimiques du lait qu'il est possible d'obtenir différentes textures, saveurs et structures de fromages.

Selon la norme (Codex STAN 283-1978) et FAO (2019), le fromage est défini comme étant le produit affiné ou non affiné de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséines ne dépasse pas celui du lait. Ce fromage est obtenu par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation.

Enfin, le fromage peut être aussi défini de la manière suivante : L'appellation fromage est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière telle que le lait, le lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche du produit défini doit être de 23 g pour 100 g de fromage.

## 2. Procédé de fabrication d'un fromage

### 2.1. Coagulations

La fabrication d'un fromage nécessite une phase de coagulation du lait permettant d'éliminer plus ou moins une grande partie de l'eau et de la matière soluble (le sérum). Après cette opération de coagulation, on obtiendra un caillé ou fromage non affiné (Lenoir et al. 1983).

Ainsi, la coagulation correspond à une modification physico-chimique de la caséine sous l'action d'enzymes protéolytiques et/ou d'acide lactique. Ces agents coagulants entraînent la formation d'un réseau protéique appelé coagulum ou gel. Selon Eck et Gillis (1997), les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent suivant que ces modifications sont entraînées par l'acidification ou par l'action des enzymes coagulantes ou encore par l'action combinée des deux.

Actuellement, il est admis que la coagulation d'un lait est une phase importante pour la fabrication et la réussite d'un fromage. Durant cette dernière, le lait passe de l'état liquide à l'état solide en formant un gel appelé aussi coagulum ou caillé.

Il existe deux voies principales de coagulation : la voie de l'acidification, appelée aussi voie lactique et la voie enzymatique.

Dans un procédé artisanal, on obtient l'acidification en ajoutant des ferments. Un produit caractéristique obtenu par cette acidification est le fromage frais qui présente une acidité prononcée ( $\text{pH} < 5,00$ ). La voie enzymatique consiste à ajouter de la présure dans un lait peu acidifié. Cette voie enzymatique est caractéristique de la plupart des fromages à pâte pressée. Selon Gassi et Schuck (2017), l'acidité obtenue de ce type de caillé est entre 5,50 et 6,60).

#### **- Coagulation par voie acide**

La coagulation par voie acide est provoquée par l'acide lactique d'origine bactérienne, qui transforme le lactose en acide lactique. Le pH du lait de fromagerie diminue avec la production d'acide. Ceci entraîne une solubilisation du phosphate et du calcium colloïdal, suivie d'une stabilité des micelles de caséine. Selon Mietton (1995), ces micelles se lieront entre-elles pour former un gel ou coagulum cassant et peu élastique.

Si l'acidification est rapide par addition d'un acide minéral ou organique (exemple l'acide acétique), il y aura floculation des caséines à pH 4,6 sous la forme d'un précipité plus ou moins granulé dispersé dans le lactosérum. Par contre et selon Mietton et al. (1994), une acidification progressive, obtenue par exemple par fermentation lactique conduit à la formation d'un gel lisse et homogène. Enfin et selon Carole et Vignola (2002), la teneur en protéines agit sur la coagulation acide et un lait riche en protéines donnera un caillé lactique plus ferme.

#### **- Coagulation par voie enzymatique**

Un grand nombre d'enzymes protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbienne, possèdent la propriété de coaguler le lait. D'après Mietton (1995), ces enzymes sont caractérisées par leur grande activité protéolytique qui leur permet d'hydrolyser les caséines  $\alpha$  et  $\beta$  avec libération de peptides. Dans le cas où cette activité hydrolytique est trop élevée, elle peut entraîner une diminution du rendement fromager, suivie d'une texture molle du fromage et de l'apparition de goûts anormaux.

Provenant de la caillette du veau non sevré, la présure est une enzyme protéolytique. Cette dernière possède deux fractions actives : l'une mineure ( $\approx 20\%$ ) constituée par la pepsine et l'autre majeure ( $\approx 80\%$ ) représentée par la chymosine. Selon Eck (1997), la chymosine est le coagulant le plus utilisé.

En pratique, la coagulation du lait peut se caractériser par trois paramètres : le temps de floculation, la vitesse de raffermissement et la fermeté maximale du coagulum (Caron et al., 1997). Plusieurs facteurs peuvent influencer ces paramètres. Le temps de prise est inversement proportionnel à la concentration d'enzyme utilisée. Par contre, si on ajoute plus de présure au lait, le taux de raffermissement et la fermeté du coagulum augmentent.

D'après Daviau et al. (2000), la température influe aussi sur la coagulation. Au dessous de 10°C, la coagulation ne se produit pas. Elle devient lente entre 10 et 20°C. Elle augmente progressivement entre 30 et 42°C. Enfin, elle diminue au-dessus de 42°C pour disparaître à 55°C.

Lorsque le pH descend au dessous de celui du lait, le temps de prise est plus court, le taux de raffermissement augmente et le coagulum devient plus ferme et atteint un maximum entre 5,8 et 6,0. Par contre, à des pH supérieur à 7,0, il n'y aura plus de coagulation.

## 2.2. Egouttage

L'égouttage est la phase permettant la séparation d'une partie de lactosérum par moulage ou par pression. Ceci permet d'obtenir le coagulum ou caillé. D'après Abakar (2012), le principal but de l'égouttage est de régler la teneur en eau du caillé.

Selon Quynh (1918), l'égouttage ou déshydratation du caillé permet la concentration des éléments du lait. Selon Kongo et al. (2016) cités par Quynh (1918), le coagulum se sépare du lactosérum par le phénomène de synérèse. A ce stade et grâce à la présence de la présure, à l'acidité et à la température, le coagulum se contracte en éjectant le lactosérum (Guétouache et al. ,2014; Gassi et al. ,2017).

L'égouttage peut être lent, accéléré-pressé ou pressé-chauffé et dure entre 12 et 48 heures. D'après Gobin (1991) cité par Zeller (2005), pour un fromage de bonne présentation, avec des faces régulières et sans trous, il faut pratiquer un retournement de 7 à 8 heures après le moulage, favorisant ainsi l'égouttage dans le moule.

Enfin, l'égouttage diffère selon les types de fromages. Pour les caillés lactiques, il est spontané. Avant sa coagulation, le lait est maintenu durant 12h à 48h à une température d'environ 15°C durant lesquelles les ferments se développent et produisent de l'acidité. Cette dernière rend le coagulum moins souple en le déminéralisant (élimination d'une grande partie du calcium). On obtient ainsi un caillé lactique (coagulum) avec une grande porosité lui permettant de s'égoutter lentement et spontanément.

Pour les pâtes molles tel que le Camembert, le caillé est uniquement découpé. Pour les pâtes pressées, on utilise le découpage et le brassage afin de mieux éliminer l'eau. On peut utiliser aussi le chauffage ou le pressage. Enfin, pour les pâtes persillées comme le Roquefort, le caillé est découpé et brassé.

### 2.3. Salage

Selon Zeller (2005), le salage conditionne l'aspect et le goût du fromage. Il joue plusieurs rôles à savoir:

- La conservation du fromage,
- La préservation de son arôme et de son aspect,
- La lutte contre les microbes et les bactéries,
- La solidification de sa croûte en gardant sa forme,
- Et l'effet régulateur des échanges entre la pâte du fromage et l'atmosphère.

Enfin et selon Guinée et al. (2017) et Ozturkoglu-Budak et al. (2017), le salage des fromages peut se faire de deux manières différentes:

À sec à l'aide de sel fin ou de gros sel;

Ou par immersion du fromage dans un bain de saumure saturée durant une période de temps.

### 2.4. Affinage

L'affinage est défini comme étant la période de maturation pendant laquelle un fromage repose et reçoit des soins. Plus la période de maturation est longue, plus le fromage sera fort au goût.

Pour développer l'aspect, la texture, la composition, les saveurs et les arômes du fromage final vient l'étape de l'affinage (Kongo et al., 2016; Mietton et al., 2018). La durée de cette dernière varie d'un jour à plusieurs mois, en fonction du type de fromage et de l'affinage désiré (Mietton et al., 2018). D'autres facteurs doivent être

pris en considération durant l'affinage, surtout la température et l'humidité de l'endroit où sera entreposé le fromage (Ozturkoglu-Budak et al., 2017).

Selon Zeller (2005), les principes de l'affinage sont :

- La perte d'humidité ;
- La désacidification de la pâte ;
- La transformation de la matière grasse par la lipolyse en libérant des acides gras entraînant la flaveur du fromage ;
- La protéolyse des matières azotées entraînant la production de peptides et des acides aminés;
- Et le développement des moisissures et des levures produisant des enzymes responsables de la dégradation des constituants du coagulum pour donner la texture et le goût recherchés.

Notons que les moisissures et les levures utiles sont situées surtout en surface car elles ont besoin d'oxygène pour se développer.

Enfin, les conditions idéales d'affinage sont résumées comme suit :

- Une température de 8 à 12°C afin d'optimiser les activités enzymatiques;
- Une humidité avoisinant les 85 - 90%, car plus la pâte est humide plus l'affinage du fromage est rapide;
- Une aération suffisante car l'oxygène est important pour le développement de la flore utile et nocif pour certaines flores nuisibles.

### 3. Différents types de fromages

La classification peut s'effectuer selon le type de *caillé* et le type d'*affinage*.

Les différents types de caillés sont :

Le caillé lactique est obtenu soit par une fermentation prolongée du lactose grâce aux bactéries lactiques ou dans le cas de procédés industriels par l'ajout d'agent acidogène (exemple le glucono- $\delta$ -lactone) (Mietton et al., 2018).

Selon Mietton et al., (2018), le fromage type caillé peut contenir de faibles quantités de présure (1-2 ml/ 100L de lait).

### 3.1. Fromages à pâtes lactiques (caillés lactiques)

Caractéristiques :

Égouttage spontané du caillé,

Humidité élevé (80 % - 90 %),

Fromage dégraissé,

Coagulation lente (12 à 18h) et à température de 20 à 28 °C,

Et pH final d'environ 4,60.

Selon le site *Profession Fromager (2016)*, la famille des fromages à pâtes lactiques est constituée de 5 sous-familles :

- Les pâtes lactiques fraîches sans croûte (exemple le *Petit-Suisse*),
- Les pâtes lactiques fraîches enrichies en crème et sans croûte (exemple le *Boursin*),
- Les pâtes lactiques à croûte fleurie (exemple le *Neufchâtel*),
- Les pâtes lactiques enrichies en crème et à croûte fleurie (exemple le *Saint-Félicien*),
- Et les pâtes lactiques à croûte lavée (exemple les *Epoisses*).

### 3.2. Fromages à pâtes mixte et présuré

Caractéristiques :

Préalablement le lait est acidifié par des bactéries lactiques,

Ajout de présure,

Coagulation rapide et à température de 28 à 34 °C.

Selon le site *Profession Fromager (2016)*, 4 familles de fromages sont distinguées parmi les fromages à caillé mixte et présuré et la température de cuisson est le paramètre qui distingue les pâtes pressées non cuites, mi-cuites et cuites :

### 3.2.1. Famille des fromages à pâtes molles (avec égouttage accéléré par découpage)

Ces fromages diffèrent selon 4 types d'affinages :

Les pâtes molles nues avec un affinage sans croûte (exemple la *Féta*)

Selon Hayaloglu (2017), pour le cas la *Feta* :

- ✓ La durée de coagulation: 45 à 50 minutes
- ✓ L'ajout de présure : à 32 - 34 °C.
- ✓ Après coagulation : le caillé coupé et égoutté en moules (à 16 -18 °C durant 18 à 24h).
- ✓ Ensuite, le fromage démoulé, coupé en morceaux et salé à sec.
- ✓ Puis un autre salage en saumure durant 1 à 2 jours.

Les pâtes molles avec un affinage à croûte fleurie (exemple le *Camembert*)

Selon Ozturkoglu-Budak et al. (2017) et Spinnler (2017), pour le cas du *Camembert* :

- ✓ La coagulation : à 32 – 35 °C
- ✓ L'égouttage : durant les premières heures à 26 °C – 28 °C et diminue progressivement jusqu'à 20 °C.
- ✓ Le pH du caillé à ce stade : 4,60 – 4,70 ;
- ✓ Puis le salage à sec du fromage ;
- ✓ L'affinage : à 8 – 15 °C et durant minimum 21 jours ;
- ✓ L'humidité relative : environ 80 - 85 %.

Les pâtes molles avec un affinage à croûte lavée (exemple les *Maroilles*)

Les *Maroilles* se caractérisent par une croûte lisse, souple et de couleur jaune – orange.

Selon Goudédranche et al. (2017), pour le cas des pâtes molles à croûte lavée (*Maroilles*) :

- ✓ Les étapes de production sont similaires au fromage à croûte fleurie ;
- ✓ L'affinage de ces fromages exige des lavages fréquents.
- ✓ Il dure plus longtemps que pour les fromages à croûte fleuries (*Camembert*),
- ✓ L'humidité relative : plus élevée (supérieure à 95 %).

- ✓ L'apport des ferments d'affinage peut se faire de différentes manières : pulvérisation, trempage ou lavage.

Les pâtes molles les bleus (exemple le *Roquefort*)

Ils sont caractérisés par la présence de moisissures en leur cœur, généralement de l'espèce *Penicillium roqueforti*.

Selon Desmasures (2014), ils présentent des gradients prononcés de pH et de sel entre le cœur et la surface.

D'après Ozturkoglu-Budak et al. (2017) et Mietton et al. (2018), l'intensité de leur arôme, forte ou douce, est liée à la coagulation du lait qui se fait à 28 - 30 °C ou à 35 - 40 °C respectivement,

Leur pH : voisin de 6,40 - 6,50

L'affinage : à faible température et haute humidité durant au moins trois mois.

### 3.2.2. Famille des fromages à pâtes pressées non cuites

Durant le procédé de leur fabrication : température inférieure à 40 °C

Ils sont divisés en 3 sous familles:

- Les fromages à *pâte pressée non cuite souple* (exemple le *Reblochon*),
- Les fromages à *pâte pressée non cuite ferme* (exemple le *Gouda*)
- Et fromages à *pâte pressée non cuite broyée* (exemple le *Cheddar*).

### 3.2.3. Famille des fromages à pâtes pressées mi-cuites

Il existe deux sous-familles de pâtes pressées mi-cuites:

- Les pâtes pressées mi-cuites aveugles (exemple l'*Abondance*)
- Et les pâtes pressées mi-cuites à ouvertures (exemple l'*Appenzel*).

### 3.2.4. Famille des pâtes pressées cuites

On distingue les pâtes pressées cuites :

- Sans trous appelées aussi sans « yeux » (exemple le *Parmesan*),
- Ou avec trous appelées aussi avec « yeux » (exemple l'*Emmental*).

Selon Gagnaire et al. (2018), la formation des trous ou « yeux » provient de l'activité de certaines bactéries d'affinage (exemple le *Propionibacterium freudenreichii* pour la production de l'*Emmental*).

Le caillé est chauffé à une température supérieure ou égale à 50 °C.

## 4. Fromages de chèvres

### 4.1. Aptitude fromagère du lait de chèvres

On appelle aptitude fromagère d'un lait, son aptitude à être transformé en fromage. Selon Haeni et al. (2004), l'aptitude fromagère dépend de certains critères de ce lait. Elle est liée à la qualité microbiologique du lait. En effet, un lait mammiteux est caractérisé par une baisse de son aptitude fromagère en raison de la diminution de sa teneur en caséine et de l'augmentation des protéines sériques. L'aptitude à la coagulation d'un lait est plus longue en fin de lactation. Par ailleurs, la qualité des fromages est moins bonne en début de lactation

En raison de sa forte variabilité protéique, Le Jaouen et al. (1990) ont constaté que le lait de chèvre a un comportement technologique différent de celui du lait de vache. Vis-à-vis de la présure et même à teneur égale en caséines, le lait de chèvre n'a pas le même comportement que le lait de vache. Le coagulum formé est moins ferme et plus friable.

Le Jaouen et al. (1990) ont remarqué que le lait de chèvre est caractérisé par un temps de prise plus court, une vitesse de raffermissement plus grande et un rendement moindre, surtout pour les laits à teneur faible en caséines  $\alpha S1$ . Enfin et selon Pierre et al. (1998), c'est la grande taille des micelles de caséines du lait de chèvre qui explique la faible fermeté de son coagulum.

### 4.2. Caractéristiques physicochimiques du fromage de chèvres

#### 4.2.1. pH

Les valeurs du pH des fromages de chèvres varient selon plusieurs auteurs. Sur les fromages des races Alpine et locale Draa, Noutfia et al. (2011) avaient enregistré des pH similaires de 4,56 et 4,56 respectivement. Ces valeurs étaient relativement proches de celles rapportées par Hamama (1997). Pour Mahaut et al. (1986), les fromages de chèvres à caractère lactique, l'égouttage s'accompagne d'une acidification allant jusqu'au pH 4,4 – 4,5.

Le tableau 19 regroupe les valeurs des pH selon plusieurs types de fromages.

**Tableau 19:** variation du pH selon les types de fromages

Type de fromage	Valeur du pH	Références
Petit suisse (fromage frais)	4.70	Gheraia et Amiche (2018)
Camembert (pâte molle)	6,43 - 5,56	Vassal et al. (1986)
Camembert (pâte molle)	7.90	TalebBendiab (2017)
Darfiyeh (fromage artisanal libanais)	5,10 (10 jours d'affinage) 4,87 (40 jours d'affinage)	Serhan (2008)
Camembert (pâte molle)	6,31 (croûte) 5,20 (partie interne)	Louhichi (2008)

#### 4.2.2. Acidité

Un des problèmes rencontrés durant la transformation d'un fromage est la difficulté de maîtriser les paramètres qui influencent la croissance bactérienne et l'acidification de ce fromage. Cette dernière varie considérablement en fonction des catégories de fromages. En effet, toutes ces catégories fromagères sont concernées par la fermentation lactique avec des gradients variant selon le mode de fabrication. Les deux phénomènes, coagulation par la présure et acidification, sont combinés et concernent le début de l'élaboration d'un fromage quel qu'il soit. De ces facteurs vont dépendre la réussite du fromage.

Au niveau des fromages à base de laits de chèvres, des variations de l'acidité ont été constatées selon plusieurs auteurs. L'acidité titrable enregistrée sur deux fromages de chèvre a été de l'ordre de 157°D et 210°D respectivement pour les races Alpine et Draa (Noutfia et al., 2011). Lors de la fabrication de fromage frais de chèvre dans la région d'Ouarzazate (Maroc), ces mêmes auteurs avaient enregistré une acidité de 147,4°D. Par ailleurs, l'acidité d'un fromage frais type *Petit Suisse* était seulement de 72°D (Gheraia et Amiche, 2018).

#### 4.2.3. Extrait sec

Selon le type de fromage, les teneurs en matières sèches varient considérablement. Ainsi, des teneurs en matières sèches de fromages à pâte molles de 28,82 à 30,77% ont été obtenus par Abakar (1982) sur des fromages frais à pâte molles très hydratées.

Par ailleurs et selon Noutfia et al. (2011), des valeurs moyennes de la matière sèche des fromages des races Alpin et Draa ont été de 39,1 et 43,3%, ce qui a permis de les classer dans la catégorie des fromages frais moulés et mi-sec respectivement.

Selon plusieurs types de fromages à base de lait de chèvres, Mahaut et al. (2000) avaient constaté de grandes variations des extraits secs : 24, 50, 50 et 60% respectivement les fromages frais, à pâte molle avec croûte fleurie, à pâte molle avec croûte lavée et à pâte pressée non cuite. Par ailleurs, Daoudi (2006) a enregistré une valeur d'extrait sec de fromage de chèvre de l'ordre de 57%. Enfin, le tableau 20 résume d'autres valeurs des teneurs en matières sèches selon les types de fromages.

**Tableau 20:** variation de l'extrait sec selon le type de fromages

Type de fromage	Valeur de l'extrait sec (g/100 g)	références
Petit suisse (fromage frais)	20	Gheraia et Amiche (2018)
Camembert (pâte molle)	44,40 - 45,01	Vassal et al. (1986)
Camembert (pâte molle)	42,45	TalebBendiab (2017)
Emmental	63,85	Schmitt (2001)
Cheddar	60,95	Schmitt (2001)
Darfiyeh	41,94-43,23	Serhan (2008)
Camembert (pâte molle)	50	Guégen (1979)
Camembert (pâte molle)	Croûte: 50.63 Partie interne: 50.11	Louhichi (2008)
Gouda	61,4	<a href="https://informationsnutritionnelles.fr/gouda">https://informationsnutritionnelles.fr &gt; gouda</a>
Roquefort	60,62	<a href="https://informationsnutritionnelles.fr/roquefort">https://informationsnutritionnelles.fr &gt; roquefort</a>
Emmental	62,4	<a href="https://sante.lefigaro.fr/Produits/laitiers/Emmental">https://sante.lefigaro.fr &gt; Produits laitiers &gt; Emmental</a>
Cheddar	63	<a href="http://www.milkingredients.ca/index-fra">http://www.milkingredients.ca &gt; index-fra</a>

#### 4.2.4. Glucides

De légères variations des teneurs en glucides de plusieurs types de fromages ont été rapportées par Mahaut et al. (2000). Les fromages frais, à pâte molle à croûte fleurie et à pâte molle à croûte lavée avaient dosaient 4% de glucides. Et seulement 3% de glucides a été obtenu pour le fromage à pâte pressée non cuite.

Par contre, des traces de lactose ont été trouvées dans le fromage de chèvres par Noutfia et al. (2011). Enfin, les teneurs en glucides varient considérablement selon les auteurs et d'autres types de fromages (tableau21)

**Tableau 21:** variations des teneurs en glucides selon le type de fromages

Type de fromage	Teneur en glucides (g/100g)	Références
Camembert (pâte molle)	4	Guégen (1979)
Gouda	0	<a href="https://informationsnutritionnelles.fr/gouda">https://informationsnutritionnelles.fr › gouda</a>
Roquefort	2	<a href="https://informationsnutritionnelles.fr">https://informationsnutritionnelles.fr ›</a>
Emmental	0,3	<a href="https://sante.lefigaro.fr/Produits-laitiers/Emmental">https://sante.lefigaro.fr › Produits laitiers › Emmental</a>
Emmental (type <a href="#">Fromages affinés à pâte dure</a> )	0	<a href="https://sante.lefigaro.fr/Produits-laitiers/Emmental">https://sante.lefigaro.fr › Produits laitiers › Emmental</a>
Cheddar	1	<a href="http://www.milkingredients.ca/index-fra">http://www.milkingredients.ca › index-fra</a>

#### 4.2.5. Lipides

L'intérêt majeur des lipides d'un fromage est le conditionnement et l'onctuosité de la pâte de ce dernier. Durant la maturation du fromage et sous l'influence des lipases microbiennes, on observe une hydrolyse limitée des matières grasses avec libération des acides gras. Cette lipolyse varie selon les fromages (0.25% de la matière grasse pour le camembert frais et 6.4% pour le camembert très affiné). Selon Dillion et Berthier (1997), certains de ces acides gras libres sont volatils et interviennent dans la formation de l'arome du fromage.

Dans des fromages de chèvres, les teneurs en lipides varient selon le type de ces fromages. Elles sont de l'ordre de 7.5% pour le fromage frais et 24% pour les fromages à pâte molle à croûte fleurie, à pâte molle à croûte lavée et à pâte pressée non cuite (Mahaut et al, 2000).

Travaillant sur des fromages à base de laits de chèvres, Daoudi (2006) et Noutfia et al. (2011) avaient enregistré des teneurs en lipides de l'ordre de 31,7% et 20,6% respectivement.

Enfin, d'importantes variations des teneurs en lipides de plusieurs fromages ont été constatées par d'autres auteurs (tableau 22).

**Tableau 22:** variations des teneurs en lipides selon le type de fromages

Type de fromage	Teneur en lipides (g/100g)	Références
Petit suisse (fromage frais)	40	Gheraia et Amiche (2018)
Camembert (pâte molle)	22,23 - 22,37	Vassal et al. (1986)
Camembert (pâte molle)	24 (croûte) 50.11 (partie interne)	Louhichi (2008)
Camembert (pâte molle)	20	TalebBendiab (2017)
Fromage frais (sans affinage)	13,48	Andriampamonjy (2017)
Gouda	29.9	<a href="https://informationsnutritionnelles.fr">https://informationsnutritionnelles.fr</a> > gouda
Roquefort	30,64	<a href="https://informationsnutritionnelles.fr">https://informationsnutritionnelles.fr</a> > roquefort
Emmental ( <a href="#">Fromages affinés à pâte dure</a> )	29,6	<a href="https://sante.lefigaro.fr">https://sante.lefigaro.fr</a> > Produits laitiers > Emmental
Cheddar	33	<a href="http://www.milkingredients.ca">http://www.milkingredients.ca</a> > index-fra

#### 4.2.6. Protéines

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent 10 à 30% de protéines. Ces derniers ont pour origine les micelles des caséines modifiées, au cours de l'affinage, une partie importante se trouve dégradée et solubilisé en oligopeptides et acides aminés sous l'influence d'une série d'enzymes, différentes selon la microflore, ce qui confère au produit final sa texture et sa saveur.

Outre sa teneur élevée en protéines, la haute valeur biologique du fromage lui est conférée par sa composition en acides aminés très intéressant sur le plan nutritionnel (Dillionet Berthier, 1997).

Travaillant sur la qualité d'un fromage algérien à base de lait de chèvre, Daoudi (2006) a constaté une teneur en protéines de l'ordre de 35,8% de sa matière sèche. En revanche, Noutfia et al. (2011) n'ont obtenu que 14,4g/100g de fromage de chèvre.

Enfin, de grandes variabilités des protéines d'autres fromages ont été enregistrées (tableau 23)

**Tableau 23:** variations des teneurs en Protéines selon le type de fromages

Type de fromage	Teneur en Protéines (g/100g)	Références
Fromage frais (sans affinage)	8,52	Andriampamonjy (2017)
Camembert (pâte molle)	30 à 50.	TalebBendiab (2017)
Darfiyeh	38,51-36,72	Serhan (2008)
Camembert (pâte molle)	20	(Guégen. 1979) in Louhichi (2008)
Camembert (pâte molle)	18.34 (croûte) 20.51 (partie interne)	Louhichi (2008)
Gouda	24	<a href="https://informationsnutritionnelles.fr/gouda">https://informationsnutritionnelles.fr &gt; gouda</a>
Roquefort	21,54	<a href="https://informationsnutritionnelles.fr/roquefort">https://informationsnutritionnelles.fr &gt; roquefort</a>
Emmental ( <a href="#">Fromages affinés à pâte dure</a> )	28.2	<a href="https://sante.lefigaro.fr/Produits-laitiers/Emmental">https://sante.lefigaro.fr &gt; Produits laitiers &gt; Emmental</a>
Cheddar	25	<a href="http://www.milkingredients.ca/index-fra">http://www.milkingredients.ca &gt; index-fra</a>

#### 4.2.7. Calcium

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium. Toutefois, le taux de calcium varie en fonction de la teneur en eau et du mode de fabrication du fromage. Pour les pâtes molles, on constate une grande variabilité, en particulier pour le camembert dont la teneur en calcium varie selon de marque, de 200 à 700mg par 100g (Guégen, 1979).

**Tableau 24:** variations des teneurs en calcium selon le type de fromages

Type de fromage	Teneur en Calcium (mg/100 g)	Références
Fromage frais (sans affinage)	85,34	Andriampamonjy (2017)
Camembert (pâte molle)	200 - 700	TalebBendiab (2017)
Darfiyeh	38,51-36,72	Serhan (2008)
Camembert (pâte molle)	400	(Guégen. 1979) in Louhichi (2008)
Camembert (pâte molle)	18.34 (croûte) 20.51 (partie interne)	Louhichi (2008)
Roquefort	662	<a href="https://informationsnutritionnelles.fr/roquefort">https://informationsnutritionnelles.fr &gt; roquefort</a>
Cheddar	721	<a href="http://www.milkingredients.ca/index-fra">http://www.milkingredients.ca &gt; index-fra</a>

## 1. Définition

Le sirop de datte, appelé aussi Robb ou encore mélasse de dattes ou miel de dattes, est un sirop sucré foncé obtenu à partir d'extrait de dattes dénoyautées, cuites et pressées. Selon Mimouni (2015), il est également appelé dans le monde arabe Dibs Tamr. Concernant son goût, on retrouve une légère saveur de dattes, mais surtout celle du caramel due à la cuisson. Sa couleur foncée est due à la présence de mélanoidines provenant de la réaction de Maillard et de complexes de fer-polyphénol.

## 2. Importance de la production phœnicicole en Algérie

Selon le ministère de l'agriculture, la production des dattes en Algérie a atteint 12 millions de quintaux en 2019. Cette quantité est répartie sur une surface de 170.000 hectares et qui concernent 16 wilayas du sud algérien.

Par ailleurs et d'après Blama Merzaia, la variété Deglet Nour, très appréciée mondialement, est produite grâce aux 6 998 143 palmiers dattiers situées seulement au niveau de douze wilayas du pays. Mais d'autres variétés comme Ghers (dattes molle) ou Degla Beida (datte sèche), autant riches les unes que les autres, sont produites par 11 203 497 de palmiers existant dans les wilayas phœnicicoles de l'Algérie. Cet important potentiel agricole a constitué de tout temps, une ressource inépuisable pour le pays. Actuellement, la filière dattes contribue significativement dans l'économie nationale et n'a pas encore révélé toutes ses performances pour se placer en produit phare sur le marché national et mondial.

## 3. Principales méthodes de sa fabrication

### 3.1. Extraction par cuisson dans l'eau tiède

Les dattes, entières ou dénoyautées, sont trempées pendant plusieurs heures dans l'eau tiède. Afin d'éliminer les fibres et éventuellement les noyaux, la suspension est filtrée. Pour faire évaporer l'eau et augmenter sa concentration, l'extrait obtenu de cette filtration est chauffé de nouveau sur un feu doux (Belimi et Reffas ; 2017)

### 3.2. Extraction par pressurage

Le principe de cette méthode repose sur le tassement des dattes. Ce dernier s'effectue le plus souvent dans des sacs en toile permettant la conservation des dattes molles (Ibrahim et Khallil, 1997). Préalablement, les dattes sont lavées à l'eau permettant ainsi l'augmentation de leur taux d'humidité. Le miel de dattes ainsi obtenu est un produit naturel à forte concentration (environ 85%) ; avec un rendement faible de 10 à 15%.

### 3.3. Extraction par trempage dans l'eau très chaude

Il s'agit d'une technique qui consiste à tremper les dattes dans l'eau portée à haute température (jusqu'à 90°C) pendant 2 heures. Par utilisation directement ou indirectement de la vapeur d'eau, le chauffage permet une extraction plus poussée. Selon Bahramian et al. (2011), le passage à la réfrigération permet de poursuivre l'extraction. Le sirop ainsi obtenu est caractérisé par une couleur foncée, d'un goût et d'une odeur d'un sucre brûlé à cause de la température élevée.

### 4. Composition physicochimique du sirop de dattes

La composition physicochimique de certains sirops de dattes varie selon les auteurs. Elle se résume dans les tableaux suivants.

**Tableau 25** : composition biochimique du sirop de dattes

Composants	Benharzallah et Bouhoureira (2014)	Mimouni et Siboukeur (2011)
Teneur en eau	16	13,7
Sucres totaux	79,45	83,73
Sucres réducteurs	4,87	-
Protéines	0,83	1,15
Pectines	1,46	3,86

**Tableau 26**: caractéristiques physicochimiques et biochimiques des sirops de dattes (Rob) produits dans la région d'Adrar

Paramètres	Mimouni (2015)	Belguedj et al. (2015)	Boussaid et al. (2020)
MS(%)	77	-	51,8-58,9
MM(%)	0,96-2,73	-	3,21-2,64
Densité	-	1,37-1,40	1,28-1,35
pH	4,74-5,28	4,13-4,42	4,53-4,35
Acidité titrable	-	3,20-3,60	1,57-2,89
Sucres totaux %	70,01-73,68	-	69,7-72

## **5. Quelques propriétés organoleptiques**

### **5.1. Goût**

En raison de leur teneur élevée en fructose (ose à pouvoir sucrant élevé), les sirops de dattes sont caractérisés par un goût sucré. Leur goût rappelle celui de la datte dont il est issu. La plupart des édulcorants à haut pouvoir sucrant possèdent des arrière-goûts qui se superposent au goût sucré. Selon Multon et Lapatre (1984), ces arrière-goûts résultent des impuretés qui sont parfois indéfinissables.

### **5.2. Couleur**

D'après Abdelfattah (1990), les sirops de dattes peuvent prendre une couleur noir-rougeâtre dans des flacons transparents. Selon Munier (1973), le sirop de dattes est un produit stable d'une couleur plus ou moins brune.

### **5.3. Viscosité**

Pour un sirop de dattes, la viscosité est une propriété importante. Elle permet de déterminer les conditions de stockage du sirop. Elle diminue lorsque la teneur en eau augmente. Selon Guerin et al, (1982), un sirop de datte ayant 72 à 75% de teneur en matières sèches, a une viscosité de l'ordre de 500 centpoises.

## 1. Objectifs de l'étude

Le présent travail a été effectué au niveau de *l'Ecole Supérieure d'Agronomie* de Mostaganem et au *Laboratoire de Nutrition et Technologie Alimentaire* de l'Université de Mostaganem (Faculté SNV).

Son objectif vise en premier lieu la caractérisation physico-chimique du lait de chèvre provenant de la région d'Oran (Kristel), à savoir le pH, la densité, le point de congélation, l'extrait sec total, la matière grasse, le lactose et la matière protéique ; ainsi que celle du fromage de ce même lait, à savoir le pH, l'indice d'acide, l'extrait sec total, les matières minérales, la matière grasse et les matières protéiques.

Il vise également la détermination de l'effet de l'incorporation du sirop de datte (El Robb), comme antioxydant naturel, sur la conservation du fromage de lait de chèvre traditionnel à patte pressée. Cet objectif consiste à analyser essentiellement la peroxydation des lipides (MDA) du fromage de chèvre.

## 2. Localisation et description de la zone de provenance des laits de chèvres

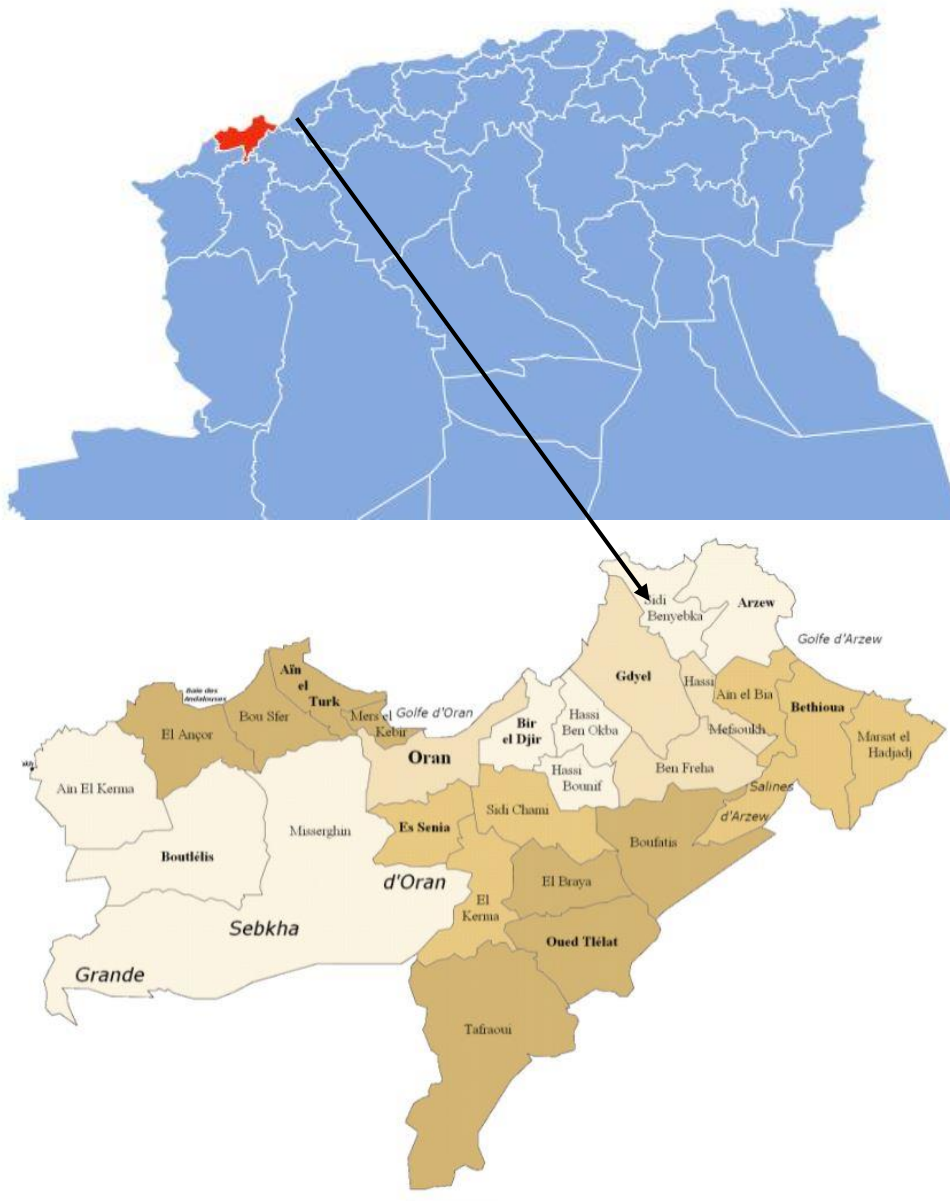
La zone des pâturages du troupeau de chèvres, origine du lait expérimental, est localisée dans la commune de Kristel, wilaya d'Oran (Photos 5 et 6). Elle est située sur le littoral nord-ouest du pays et dispose d'une façade maritime. Elle est enclavée dans une crique, en bordure des villes d'Oran et d'Arzew. Administrativement, elle relève de la commune de Gdyel, avec une côte très rocheuse et un relief très accidenté.

## 3. Matériels

### 3.1. Animaux et lait

Les laits ayant fait l'objet d'analyses et de fabrication du fromage sont issus d'un troupeau de chèvres saines localisées dans la localité de Kristel, commune de Gdyel (Oran). Il s'agit d'une vingtaine de chèvres de race espagnole Murciana (Photo 7).

Après la traite manuelle du matin, le lait a été acheminé directement au laboratoire de Nutrition et Technologie Alimentaire de l'université de Mostaganem pour subir sa transformation en fromage et ses différentes analyses (photo 8).



**Figure1** : localisation géographique de la zone d'élevage caprin (provenance du lait)



**Photos 5 et 6** : zone des pâturages du troupeau caprin (Kristel ; ORAN)



**Photo 7** : la race de chèvre Murciana



**Photo 8** : le lait de chèvre

### 3.2. Sirop de dattes (Robb)

Le sirop de dattes est une préparation traditionnelle à base de dattes cuites dans de l'eau, puis filtrées et pressées pour extraire un jus appelé localement Robb. Le jus extrait est concentré par cuisson à feu doux jusqu'à l'obtention d'un liquide coloré et sirupeux. Il contient principalement des sucres dont le saccharose, le glucose et le fructose.

Notre sirop de dattes utilisé comme un éventuel conservateur a été obtenu artisanalement et provenait de la région de Naama (photo 9).

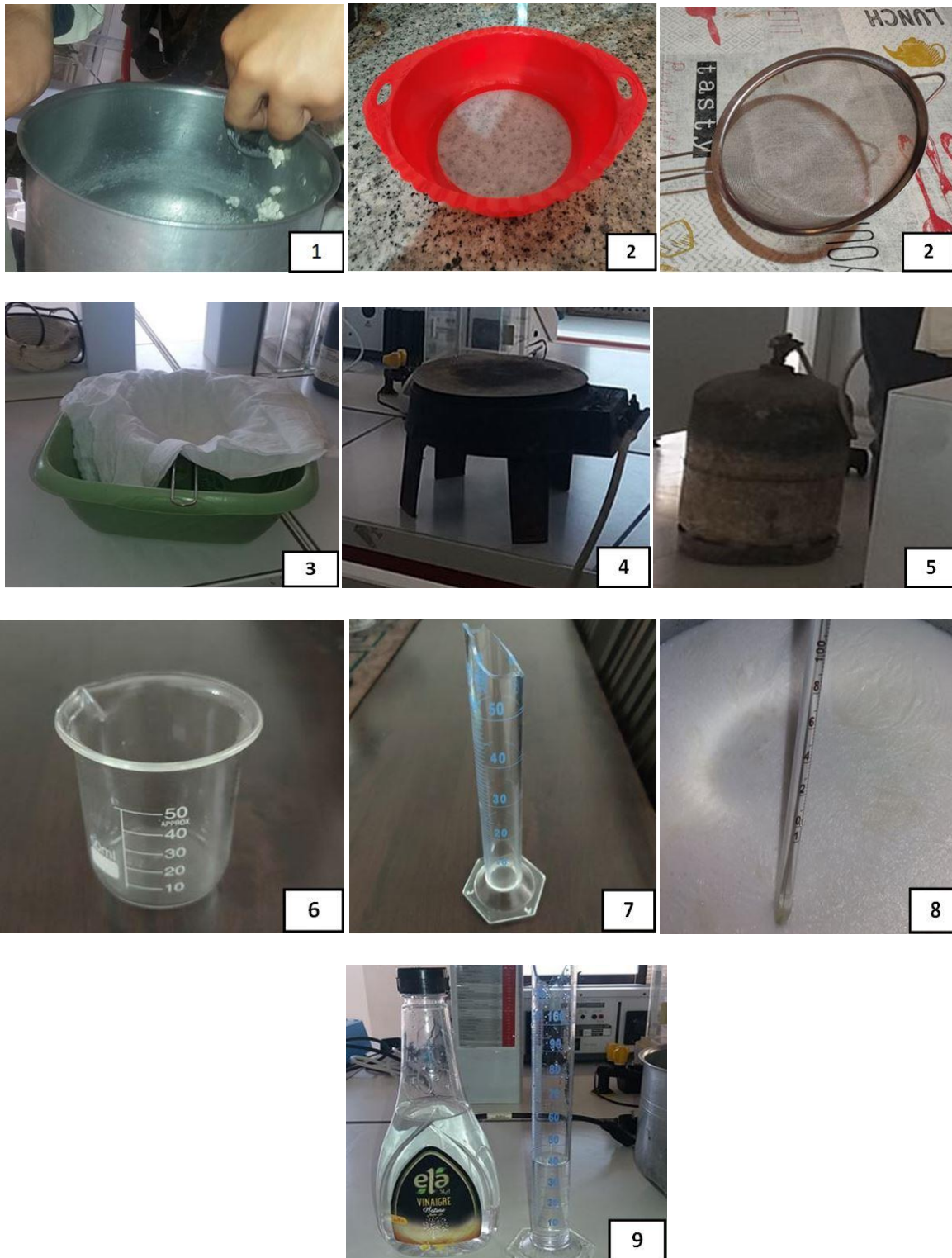


**Photo 9**: sirop de dattes ou mélasse de dattes (Robb)

### 3.3. Matériels de fabrication du fromage

Il s'agit de simples ustensiles de cuisines et de laboratoire: marmite, tamis à faible émailles, filtres en tissus, réchaud de gaz trépied, gaz butane, bécher, éprouvette, thermomètre.

Pour activer la coagulation du lait, du vinaigre commercial a été utilisé (photos 10).



**Photos 10:** matériels de fabrication du fromage (1 : marmite ; 2 : tamis ; 3 : tissu filtre ; 4 : réchaud de gaz ; 5 : gaz butane ; 6 : bécher ; 7 : éprouvette ; 8 : thermomètre ; 9 : vinaigre commercial)

### **3.4. Matériels de laboratoire**

Les différents matériels et produits utilisés pour les différentes manipulations d'analyses du lait et du fromage sont indiqués dans chaque méthode d'analyse.

## **4. Méthodes**

### **4.1. Dispositif expérimental simplifié**

Les étapes du protocole expérimental de ce travail se résument dans la figure 2. Après sa réception, le lait de chèvre provenant de la région de Kristel (Oran) est immédiatement transformé en fromage selon un procédé artisanal. Avant leur affinage, les fromages ont subi de brefs trempages dans des sirops de dattes de deux concentrations différentes (sans et avec 50% de dilution dans l'eau distillée). Notons qu'en raison de l'impossibilité de réceptionner quotidiennement le lait de chèvre, une partie de ce dernier a été congelée pour la suite des opérations de fabrication et traitement des fromages avec le sirop de dattes.

Après chaque opération de trempage dans du sirop de dattes et avant leur analyse, les fromages ont été déposés dans une température de réfrigération de l'ordre de 6 à 8°C pendant 0, 10 ou 15 jours.

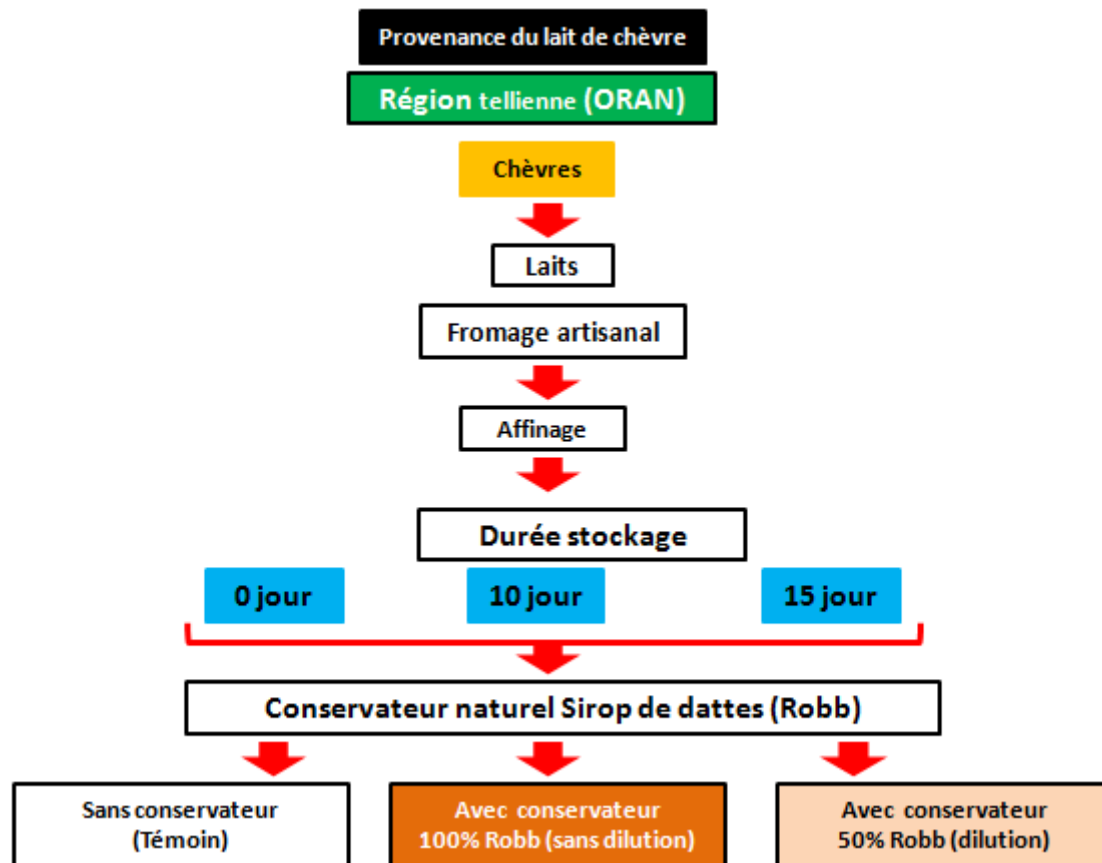


Figure 2 : schéma simplifié du dispositif expérimental

#### 4.2. Fabrication du fromage

Les différentes étapes de la fabrication du fromage durant l'expérimentation sont présentées comme suit :

a. Thermisation du lait de chèvre à une température de 100°C. Une fois cette température atteinte, le lait a été Immédiatement retiré du feu (photos 11 et 12).



Photos 11 et 12 : thermisation du lait avant sa coagulation

b. Addition d'un coagulant industriel constitué de 40ml de vinaigre commercial. Après quelques remuements, la formation du coagulum a été observée (photos 13 et 14).



**Photos 13 et 14** : coagulation du lait pas addition du vinaigre

c. Egouttage du coagulum à l'aide d'un tissu et d'un tamis à faibles mailles (photos 15 et 16).



**Photos 15 et 16** : égouttage du coagulum

d. Pressage du coagulum grâce à un autre tamis à mailles plus fines et à un contre poids (photo 17).



**Photos 17** : Pressage du coagulum

e. Echantillonnage du coagulum pour la suite des opérations de traitement avec du robb et de l'affinage (photo 18).



**Photo 18** : découpe de la pâte pressée en échantillons

f. Traitement avec du sirop de dattes (Robb). Cette opération consiste à induire la pâte pressée d'une couche de sirop de datte (photos 19 et 20).



**Photos 19 et 20** : traitement de la pâte pressée avec une couche de sirop de datte

g. Affinage qui consiste à entreposer les pâtes pressées traitées ou non avec du sirop de dattes pendant 0, 5, 10 ou 15 jour, dans un réfrigérateur (6 à 8°C).

#### **4.3. Analyses physico-chimiques du lait (Lactoscan)**

Pour l'analyse des paramètres physico-chimiques du lait de chèvre, on a utilisé un analyseur de lait. Il s'agit du Lactoscan SP Ultra-Sonic milk analyzer (photo 21). Avec cet appareil, on a déterminé le pH, la densité à 20°C, le point de congélation, l'extrait sec total, la matière grasse, le lactose et les matières protéiques.

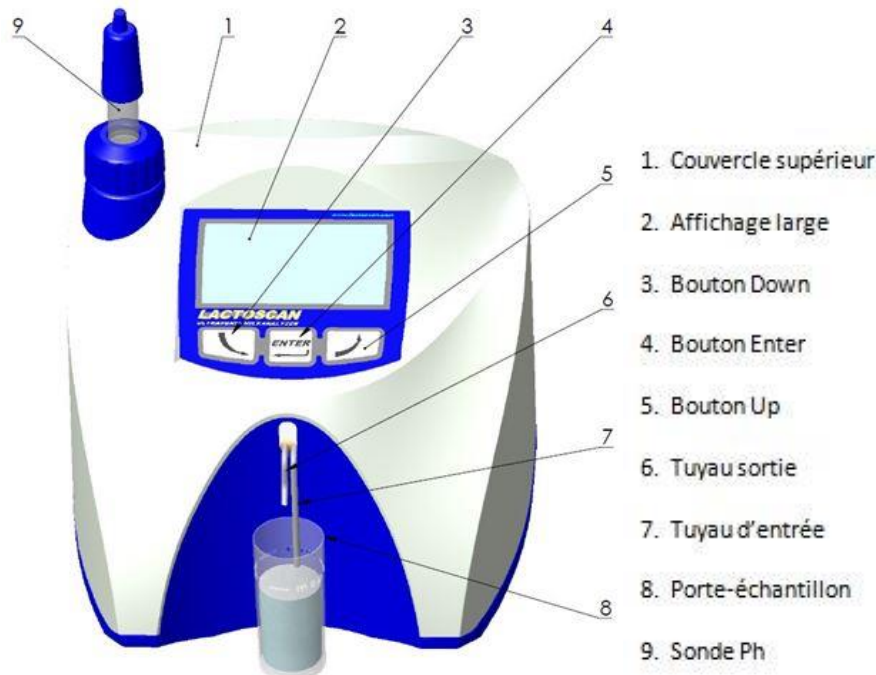


Photo 21 : Lactoscan SP Ultra-Sonic milk analyzer

### 4.3. Analyses physico-chimiques et microbiologiques du fromage

#### 4.3.1. Analyses physico-chimiques du fromage

L'analyse physico-chimique permet le contrôle et le suivi de la stabilité ou le changement des paramètres organoleptiques et nutritionnel au fil du temps d'un produit alimentaire laitier qui est le fromage de chèvres.

##### 4.3.1.1. Détermination du pH (AFNOR, 1986)

###### ✓ Principe

C'est une mesure électro-métrique du pH (acide ionique), c'est-à-dire une détermination des ions présents dans un produit à l'aide d'un pH mètre.

Le pH du fromage de chèvres a été mesuré par l'aide d'un pH-mètre.

###### ✓ Mode opératoire

On pèse 10 g de fromage qui sont complétées à 20 ml avec de l'eau distillée. Puis le mélange est écrasé et homogénéisé à l'aide d'un mortier.

On étalonne le pH-mètre avec des solutions tampons.

On rince l'électrode du pH-mètre avec l'eau distillée.

On plonge l'électrode dans un bécher contenant le mélange fromage-eau distillée.

✓ **Expression des résultats**

La valeur du pH du fromage est lue directement sur l'écran du pH-mètre.

**4.3. 1.2. Détermination de l'indice d'acide**

✓ **Principe**

L'indice d'acide correspond au nombre de milligramme (mg) d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaires pour neutraliser les acides gras libres (AGL) présents dans 1g de corps gras. Il est exprimé en mg/g.

Dans notre cas, l'acidité correspond donc à la teneur du fromage en AGL. On suppose que la teneur en AGL des lipides du fromage augmente avec le temps : l'indice d'acide permet donc de juger son état de détérioration.

Les lipides du fromage réagissent avec un excès de KOH. Cet excès de KOH est alors dosé par une solution d'acide chlorhydrique. Les lipides sont mis en solution par l'éthanol chaud.

✓ **Mode opératoire**

La matière grasse du fromage étant insoluble dans l'eau, il faut la dissoudre dans un solvant (éthanol chaud).

Dans un bécher on met 5g de fromage ;

On ajoute 100ml de l'éthanol chaud ;

On agite pour dissoudre les lipides du fromage ;

On introduit dans un bécher 10ml de solution de l'échantillon ;

On ajoute 10ml de solution de KOH éthanoïque ;

On dose l'excès de KOH par l'acide chlorhydrique en agitant constamment jusqu'au virage de l'indicateur à l'incolore.

✓ **Préparation du témoin**

La concentration de la solution de KOH éthanoïque n'étant pas connue, sa détermination est faite grâce à un témoin.

De ce fait, on introduit dans un bécher 10 ml de solution de KOH éthanolique, 10 ml de solvant et 2 gouttes de phénolphtaléine.

On titre avec l'acide chlorhydrique jusqu'au virage de l'indicateur à l'incolore.

✓ **Expression du calcul de l'indice d'acide**

$$(V_T - V_E) \times C_{\text{HCl}} \times 56,1$$

$$\text{Indice d'acide} = \frac{\text{---}}{\text{m}}$$

$V_T$  : volume de la solution d'acide chlorhydrique utilisé pour le témoin, en ml

$V_E$  : volume de la solution d'acide chlorhydrique utilisé pour l'échantillon, en ml

$C_{\text{HCl}}$  : concentration de la solution titrée d'acide chlorhydrique, en mol/l

**56,1 (g/mol)** : masse molaire de KOH

**m** : masse de corps gras analysée, en g

### 4.3.1. 3. Détermination de la peroxydation lipidique (Genot, 1996)

✓ **Principe**

Les produits secondaires de l'oxydation des lipides les plus couramment dosés sont les aldéhydes. L'acide thiobarbiturique (TBA) réagit avec le malonaldéhyde (MDA) pour former un complexe de couleur rose et/ou jaune possédant un maximum d'absorption à une longueur d'onde de 532 nm. Il réagit également avec d'autres aldéhydes résultant de l'oxydation des acides gras polyinsaturés (AGPI) à longue chaîne. La concentration des substances réactives au TBA (sr-TBA), exprimée en équivalent MDA est évaluée par la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre visible des sr-TBA extraites des échantillons par l'acide trichloracétique (TCA).

✓ **Mode opératoire**

Un échantillon de fromage de 2g est placé dans un tube de 25 ml contenant 16 ml d'acide trichloracétique à 5% (p/v) et éventuellement 100µl de l'acide ascorbique (Vitamine C 0,1%).

Le mélange est homogénéisé 3 fois pendant 15 secondes à l'aide d'un homogénéisateur (Ultra thurax) à une vitesse d'environ 20 000 tr/min.

Le broyat est passé à travers un papier filtre afin d'obtenir un filtrat. Puis de ce filtrat, 2 ml sont additionnés à 2 ml d'acide thiobarbiturique.

Les tubes fermés sont plongés dans un bain-marie à 70°C pendant 30 minutes puis placés dans un bain d'eau froide.

La dernière étape consiste à lire à l'aide d'un spectrophotomètre l'absorbance du mélange réactionnel à 532 nm.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent MDA (malonaldehyde)/kg. La coloration reste stable pendant 1 heure.

#### ✓ Expression des résultats

Les résultats dégagés au cours de ces expériences sont obtenues par la formule suivante :

$$\text{Mg équivalent MDA/kg} = (0,72/1,56) \times (A_{532} \text{ cor} \times V \text{ solvant} \times V \times V_f) / \text{PE}$$

A<sub>532</sub> cor: l'absorbance.

V solvant : volume de solution de dilution TAC en ml

PE: prise d'essai en gramme

V<sub>f</sub>: volume de filtrat prélevé

0,72/1,56: correspond à la prise en compte du coefficient d'extinction moléculaire du complexe TBA-MDA à la valeur de : 1,56.10<sup>5</sup> M<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup> (Buedge et coll, 1978) et au poids moléculaire du MDA d'une valeur de 72g. Mol<sup>-1</sup>

#### 4.3. 1.4. Détermination de l'extrait sec total (AFNOR, 1985)

##### ✓ Principe

La détermination de l'extrait sec total repose sur la dessiccation par l'évaporation d'une quantité déterminée de produit (fromage).

##### ✓ Mode opératoire

On pèse 5 g de fromage dans une capsule séchée et tarée.

Ensuite, on place la capsule dans une étuve réglée à 105 °C ± 2°C pendant 24 heures.

Après dessiccation, on place la capsule dans le dessiccateur et on laisse refroidir jusqu'à la température ambiante, puis on pèse la capsule avec son résidu de fromage après dessiccation.

#### ✓ Expression des résultats

La teneur du fromage en matière sèche est exprimée en % ou en g/100g de produit selon la formule suivante :

$$\% \text{ en matière sèche} = (M1 - M0) / (M2 - M1) \times 100$$

M0 : est la masse en grammes de la capsule vide.

M1 : est la masse en grammes de la capsule et du résidu après dessiccation et refroidissement.

M2 : est la masse en grammes de la capsule et de la prise d'essai.

#### 4.3.1.5. Détermination des matières minérales (AFNOR, 1985)

##### ✓ Principe

Les matières minérales sont des résidus qui restent après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale et/ou végétale.

L'incinération de la matière sèche s'effectue dans un four à moufle à 500°C pendant 5 heures successives.

##### ✓ Mode opératoire

On place les creusets vides dans l'étuve pendant 24h.

On laisse ces creusets se refroidir dans le dessiccateur.

Puis, on pèse 5 g du fromage dans chaque creuset qu'on place dans le four à moufle réglé à 500°C pendant cinq heures successives.

Après incinérations, les creusets sont placés dans un dessiccateur.

Après leur refroidissement, on pèse les creusets contenant le résidu minéral.

##### ✓ Expression des résultats

Les matières minérales appelées aussi cendres sont exprimées en pourcentage suivant la formule suivante:

$$\% \text{ Matières Minérales} = [(m_1 - m_0) / (m_2 - m_0)] \times 100$$

$m_0$  : est la masse, en grammes, de la capsule vide

$m_1$  : est la masse, en grammes, de la capsule et de la prise d'essai

$m_2$  : est la masse, en grammes, de la capsule et des cendres obtenues.

#### 4.3. 1.6. Matière grasse (Folch et al. (1957))

##### ✓ Principe

Les lipides du fromage sont extraits selon la méthode Folch et al. (1957). Il s'agit d'une technique qui repose sur l'extraction à froid des lipides par un mélange de solvants *Méthanol-Chloroforme* (2/1 ; v/v). L'ajout d'une solution aqueuse de NaCl à 0,73% favorise la séparation des deux phases. Constituée de méthanol et d'eau, la phase supérieure contient les composés hydrophiles tels que les glucides et les protéines et dont la dissolution est favorisée par la présence de sel. Quant aux lipides, ils sont dissous dans la phase organique inférieure. Après évaporation des solvants Chloroforme et Méthanol, la pesée du ballon contenant l'extrait lipidique permet d'évaluer la teneur en lipides du fromage exprimée en g par 100g d'échantillon.

##### ✓ Mode opératoire

Un échantillon de 2g de fromage est broyé et homogénéisé à l'aide d'un broyeur en présence de 60 ml de mélange de solvants *Méthanol-Chloroforme* (2v/1v).

Le mélange obtenu est filtré à vide.

Ce dernier est additionné d'une solution de NaCl à 0,73% à raison d'un volume de NaCl pour 4 volumes de filtrat.

Après une décantation de 2 heures, les deux phases du mélange apparaissent incolores, limpides et séparées par un ménisque.

La phase inférieure (organique : chloroforme – lipides) est filtrée sur du sulfate de sodium qui a la propriété d'absorber l'eau.

La phase supérieure est rincée avec 50 ml d'un mélange à 20% de NaCl (0,58%) et 80% de réactif de Folch de façon à obtenir le reste des lipides dans cette phase.

La phase inférieure est ainsi filtrée comme précédemment.

Le chloroforme est évaporé sous vide dans un Rotavapor.

La quantité de lipides mise à sec est pesée.

Par rapport au poids initial de l'échantillon, le pourcentage des lipides totaux est déterminé.

#### 4.3. 1.7. Détermination de la teneur en matières protéiques (Méthode Lowry)

##### ✓ Principe

Les protéines sont des enchainements d'acides aminés. La méthode de LOWRY est une réaction colorimétrique à la longueur d'onde comprise entre 600 et 750 nm). La coloration dépend de la composition en acide aminés.

La couleur bleue développée par la réduction des composants phosphotungstiques phosphomolybdiques dans le réactif Folin-Ciocalteu par les acides aminés tyrosine, tryptophane et cystéine présents dans la protéine avec le tartrate cuprique alcalin sont mesurées par la méthode de Lowry.

##### ✓ Mode opératoire

On mélange 10 g de fromage avec 40 ml de citrate, puis on ajoute 1 ml de ce mélange au 5 ml de la solution C.

Puis, on laisse se reposer pendant 10 minutes à la température ambiante.

On ajoute 0,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu (dilué au demi) sous agitation rapide.

Enfin, on laisse à l'obscurité pendant 30 minutes.

Enfin, on lit la DO à 750 nm au Spectrophotomètre.

##### Remarque

- Solution A : 2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dans  $\text{NaOH}$  0,1 N.
- Solution B : 0,32%  $\text{CuSO}_4$ , 1% Tartrate de sodium et potassium (2ml de la solution cuivrique avec 2ml de solution de tartrate).
- Solution C : solution cuivrique alcaline ; mélange de 50ml du réactif A avec 1ml du réactif B, laisser une nuit.

##### ✓ Expression des résultats

Teneur en protéine =  $(m_2 \times 100)$  mg/g

Avec

$m_2$  : la masse en mg/ml de protéine, lue sur la courbe d'étalonnage.

100 est le facteur de dilution en ml.

#### **4.4. Traitement et analyse statistique des données**

L'ensemble des résultats ont subi un traitement statistique à l'aide d'un logiciel ANOVA. En parallèle, une comparaison en les valeurs moyennes a été effectuée selon la méthode de Newman-Keuls.

Chaque paramètre étudié est représenté par sa moyenne plus ou moins son écart-type.

## 1. Composition physicochimique du lait de chèvre

Avant les résultats sur le fromage, il apparaît très judicieux de connaître la composition physicochimique du lait de chèvre destiné à la fabrication du fromage artisanal. Rappelons que pour l'analyse des paramètres physico-chimiques du lait de chèvre, nous avons utilisé un analyseur de lait qui un Lactoscan SP Ultra-Sonic milk analyzer. Ces paramètres physicochimiques sont : le pH, la densité, le point de congélation, la matière sèche, la Matière protéique, la Matière grasse et le lactose. Les résultats de ces paramètres sont mentionnés dans le tableau 27.

**Tableau 27** : Composition physicochimique du lait de chèvre

Paramètre	pH	Densité à 20°C	PC	MS (%)	MP (%)	MG (%)	Lactose %
Valeur	6,62	1.033	- 0,510°C	11,70	3,15	3,48	3,62

PC: point de congélation ; MS : Matière Sèche ; MP : Matière protéique ;; MG : Matière grasse

### 1.1. pH

Le pH de notre lait de chèvre frais après la traite est de 6,62. Il est proche de celui d'autres auteurs ayant travaillé sur le même type de lait. En effet, quelque soit la race caprine et le pays les valeurs du pH oscille entre 6,53 et 6,65 (Moualek, 2012 ; Helmut et Gregor, 2013 ; Asif et Sumaira, 2013). De même, la valeur de notre pH est très proche de celle des laits d'autres espèces laitières. Enfin, tous ces résultats sur le pH donnent un aperçu sur le niveau de fraîcheurs des laits avant leur transformation.

### 1.2. Densité à 20°C

Rappelons que la densité d'un lait est définie comme étant le rapport entre la masse de son volume et la masse du même volume d'eau. Une densité de 1.033 est obtenue pour notre lait de chèvre. Ce résultat corrobore celui de Veinoglouet al. (1982) qui avaient noté que la densité du lait de chèvre est relativement stable, en ajoutant qu'elle est de 1.030 pour la chèvre et comparable à celle du lait de vache (1.030 - 1.035). Cependant, elle est relativement supérieure à celle enregistrée dans des les de chèvres produits localement (Boumendjel, 2017)

### 1.3. Point de congélation

Rappelons que le point de congélation d'un lait est l'une des caractéristiques physiques les plus constantes. Et la mesure de ce paramètre permet d'informer éventuellement la quantité d'eau ajoutée dans un lait. En effet et selon Goursaud (1985), un mouillage de 1 % entraîne une augmentation du point de congélation d'environ 0,0055 °C. Si le point de congélation d'un lait est supérieur à - 0,53 °C, nous pouvons suspecter un ajout d'eau. Concernant notre lait, son point de congélation n'est que de -0,510°C. Par conséquent, dans ce cas le problème de mouillage est suspecté. Le doute d'un éventuel mouillage pourrait être appuyé par Helmut et Gregor (2012) qui avaient enregistré un point de congélation de - 0.551°C pour le lait de chèvre de race Saanen.

### 1.4. Extrait sec total

Notre MS est très proche de celle Moualek (2012) travaillant sur des chèvres locales algériennes. Par contre, elle apparaît très en dessous de celles d'autres auteurs ayant travaillé sur d'autres races étrangères (Asif et Sumaira, 2010 ; Noutfia et al. 2011 ; Helmut et Gregor, 2012). Ces variations pourraient s'expliquer par plusieurs facteurs séparés ou combinés tels que le stade de lactation, l'âge et surtout la nature des aliments (pâturage et/ou concentré)

### 1.5. Matière protéique

La teneur protéique de notre lait de chèvre apparaît largement supérieure que celles d'autres laits de chèvres produits en Algérie (Roudj et al.2005 ; Moualek 2012). Cependant, elle très proche de celles d'autres auteurs ayant travaillé dans d'autres conditions expérimentales à l'étranger (El-Zayat et al.1984; Asif et Sumaira 2010; Helmut et Gregor 2012)

Par ailleurs, il est à remarquer que la teneur protéique de notre lait expérimental confirme son infériorité par rapport à celle du lait d'autres espèces laitières telles que la vache, la brebis, la chamelle et la bufflonne (FAO, 1990)

### 1.6. Matière grasse

Dans un lait, la matière grasse constitue la principale source d'énergie. Celle de notre lait de chèvre présente en moyenne 3,48 %. Selon Darton Hill (1987), elle devrait être constituée principalement de triglycérides (98 à 99% des lipides). A l'exception de celle de la vache avec en moyenne 3,7%, elle est très en dessous de celles des autres espèces laitières (Brebis et Bufflonne).

Comparativement à la teneur en matière grasse du lait de chèvre d'une race locale algérienne, notre résultat paraît très proche avec 3,5% (Moualek, 2012). Au contraire,

il apparait que cette dernière est très inférieure de celles d'autres races caprines étrangères (El-Zayat et al.1984 ; Asif et Sumaira 2010 ; Noutfia et al. 2011).

### 1.7. Lactose

La teneur de notre lait de chèvre en lactose est de 3,62%. Elle est très inférieure de celles publiées par la FAO, (1990) chez d'autres espèces laitières : 4,8%, 4,6%, 5% et 4,9% respectivement chez la vache, la brebis, la chamelle et la bufflonne.

Comparativement à celle enregistrée par Roudj et al. (2005) chez une race locale algérienne, la teneur de notre lait en lactose est nettement plus élevée. Ceci est probablement lié à de multiple facteurs surtout les conditions nutritionnelles, le stade de lactation et l'effet race.

Par ailleurs, notre teneur du lait de chèvre en lactose semble être très en dessous de celles enregistrées dans d'autres pays avec des valeurs de 4,48, 4,39 et 4,31% obtenues respectivement par El-Zayat et al. (1984), Asif et Sumaira (2010) et Helmut et Gregor (2013).

## 2. Composition physicochimique des fromages de chèvres

### 2.1. pH et indice d'acidité

Le tableau 28 et la figure 3 illustrent les valeurs moyennes du pH selon le type de fromage (traiter ou non avec du SD) et selon la durée de stockage.

Chez le témoin, il existe des différences significatives entre 5.59 (0j stockage) et 5.46 (10j de stockage) d'une part et entre 5.6 (15j de stockage) et 5.46 (10j de stockage) d'autre part. Par ailleurs,chez les fromages traités au SD on a enregistré pour une durée de stockage de 15j des pH significativement plus bas, 5.42 et 5.29 pour 50% et 100% SD respectivement. Vraisemblablement, l'acidité du fromage s'est accentuée à la fin de conservation. Cette baisse du pH pourrait s'expliquer par une fermentation d'une partie du lactose en acide lactique. Dans ce cas de figure, il est difficile d'attribuer cette acidité à un effet du SD. D'autant plus que le traitement du fromage avec du SD n'était que superficiel.

Comparativement à ceux de Mahaut et al. (1986) et Noutfia et al. (2011) ayant travaillé sur des fromages de chèvres, nos pH sont relativement plus élevés et ceci quel que soit le fromage traité au SD ou non.

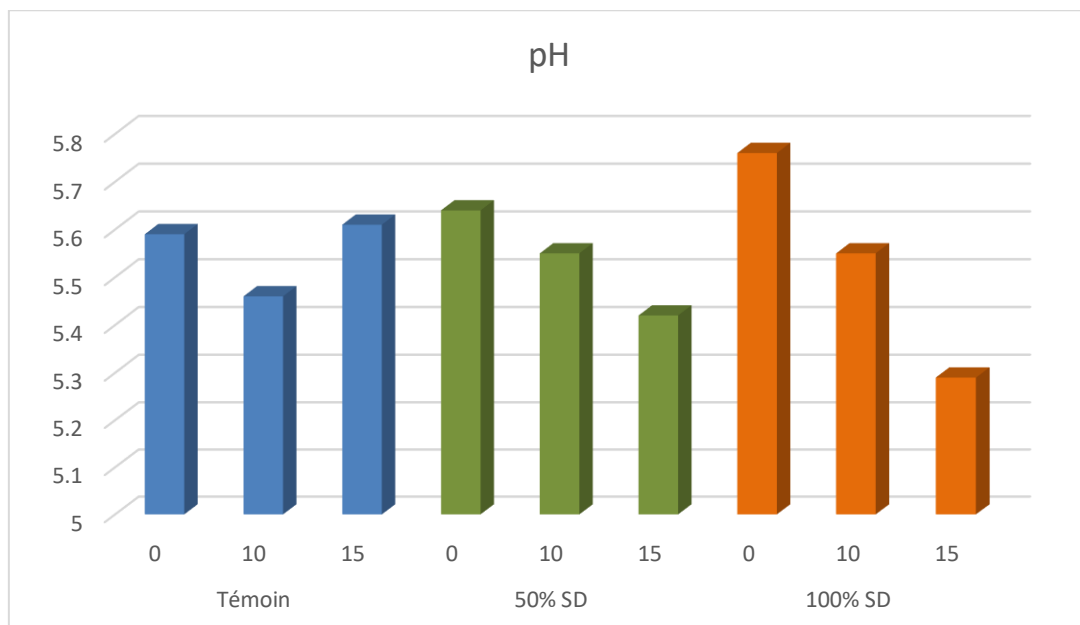
Habituellement la proportionnalité entre le pH, et l'acidité est inversement proportionnel à l'augmentation d'acidité suivie d'une diminution de pH. On suggère que cette proportionnalité est due à l'activité de la flore lactique qui est assez

importante et qui ; soit le milieu ne permet pas le développement de la flore de dégradation d'acide lactique en nombre important.

**Tableau 28** : pH moyens des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation

Type de fromage	Durée de stockage (jour)	Valeur pH
Sans SD	0	5,59 <sup>a</sup> ± 0,07
	10	5,46 <sup>b</sup> ± 0,06
	15	5,61 <sup>a</sup> ± 0,3
50% SD	0	5,64 <sup>a</sup> ± 0,07
	10	5,55 <sup>b</sup> ± 0,15
	15	5,42 <sup>c</sup> ± 0,11
100% SD	0	5,76 <sup>a</sup> ± 0,04
	10	5,55 <sup>b</sup> ± 0,09
	15	5,29 <sup>c</sup> ± 0,16
Signification		P≤0,05

Ns : non significatif ; P≤0,05 : Significatif ; SD : Sirop de dattes



**Figure 3** : pH moyens des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation

Le tableau 29 et figure 4 montrent l'indice d'acide moyen selon le type de fromage (échantillon témoin et fromage avec SD) et le temps de conservation.

Chez le témoin, nous avons enregistré un effet hautement significatif pour la durée de conservation avec des valeurs élevées pour le 15<sup>ème</sup> jour de conservation (3,7) et de (2,4) pour 10j et (1,4) pour 0j.

De même, chez le fromage traité au rob il existe des différences significatives ( $P \leq 0,01$ ) concernant le 50% SD avec une moyenne de 1.26, 2.3 et 2.6 pour 0J, 10J et 15J respectivement.

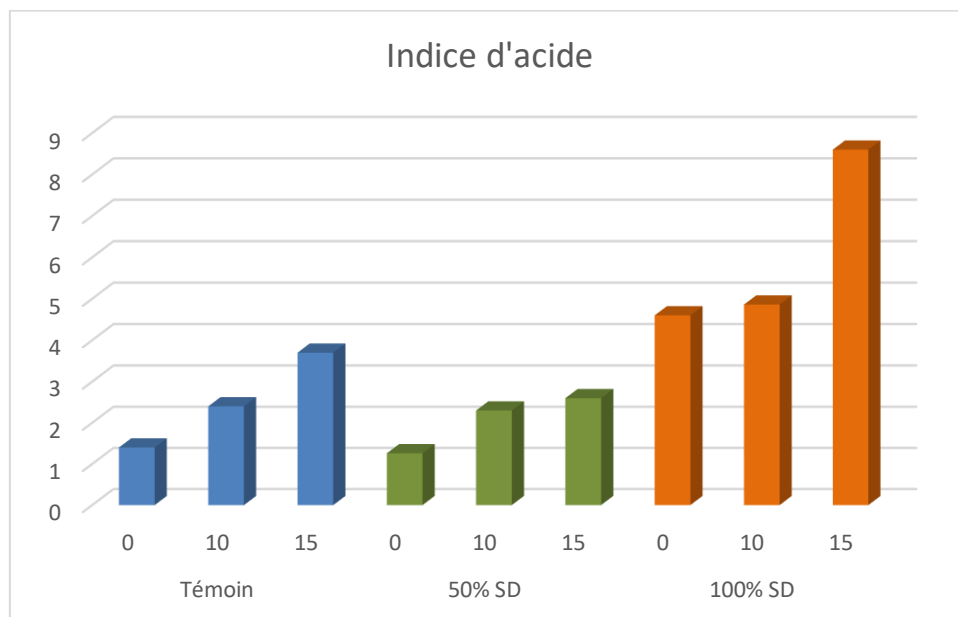
Concernent le fromage avec 100% SD, nous avons remarqué une augmentation significative d'indice d'acide dans la période de conservation de 15 jours. Nous notons un taux de 8,6 pour le 15J contre 4,6 pour 0j.

Une forte activité de lipase prédispose à l'humidité, stimule la croissance des microorganismes et l'hydrolyse des triglycérides (Idoui et al., 2013). Le lait de chèvre est plus riche que le lait de vache en acide gras et plus sujette à la lipolyse, laquelle provoque l'apparition d'une odeur rance. (Attou, 1994 et Chilliard, 1996).

**Tableau 29** : indices d'acide moyens des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation

Type de fromage	Durée de stockage (jour)	Valeur indices d'acide
Sans SD	0	1,4 <sup>c</sup> ± 0,2
	10	2,4 <sup>b</sup> ± 0,7
	15	3,7 <sup>a</sup> ± 0,2
50% SD	0	1,26 <sup>b</sup> ± 0,3
	10	2,3 <sup>a</sup> ± 0,6
	15	2,6 <sup>a</sup> ± 0,1
100% SD	0	4,60 <sup>b</sup> ± 0,4
	10	4,86 <sup>b</sup> ± 0,2
	15	8,60 <sup>a</sup> ± 0,1
Signification		$P \leq 0,01$

Ns : non significatif ;  $P \leq 0,05$  : Significatif ;  $P \leq 0,01$  : hautement significatif ; SD : Sirop de dattes



**Figure 4:** indices d'acide moyens des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation

## 2.2. Protéines et Malondialdehyde

Les résultats des protéines des différents échantillons de fromage sont illustrés dans le tableau 30 et figure 5. Pour le témoin, nous avons constaté un effet significatif de la durée de conservation avec des pourcentages de 30,69 et 27,89 dans les 10J et 15J, alors que pour le fromage avec 50% de sirop de dattes nous avons enregistré 28,95 pour (0J), 30,64 pour (10J), 27,36 pour (15J).

Pour ce qui concerne le fromage avec 100% SD, des résultats étaient plus ou moins similaires avec une quantité important dans le cas de 10 jours de conservation (33,23%).

L'évaluation de la stabilité oxydative du fromage a montré un effet hautement significatif de la durée de stockage en utilisant les différentes doses de sirop de dattes. Pour le témoin, le taux du MDA était plus bas avec 0,06 dans le 0J contre 0,55 pour 10J et 0,28 pour le 15J.

De plus, nous avons trouvé des quantités importantes du MDA dans le fromage avec 50% et 100% de sirop de datte par rapport au témoin ce qui explique le déroulement du phénomène d'oxydation malgré l'ajout d'un conservateur (tableau 30 et figure 6).

L'oxydation des lipides conduisant au rancissement est souvent un facteur déterminant pour déterminer la durée de conservation des produits alimentaires (Manglano et al., 2006).

La lipase, ou enzyme de lipolyse, catalyse les triglycérides hydrolysés. Elle peut être d'origine endogène (Deeth et Fitz-Gerald, 1983), ou d'origine microbienne (c'est-à-dire introduit dans le lait pendant le stockage, le transport ou fabrication). Indépendamment de son origine, par hydrolyse de triglycérides, elle libère les acides gras (AGL). Le plus court (en particulier C4: 0 et C6: 0, dans le cas du beurre) est principalement responsable du caractère de la rancidité (Walstra et al., 1999).

La présence d'acides gras insaturés accélère la détérioration du fromage si les conditions hygiéniques, la production, la maintenance et l'approvisionnement étaient incorrects (Saremnezhad, 2008 ; Samet-Bali, 2009). L'auto-oxydation peut être inhibée ou retardée par l'ajout de faibles concentrations d'antioxydant.

L'oxydation des lipides dans les émulsions est initiée à ou près de l'interface huile-eau, où la concentration en ions métalliques est plus élevée (Venkateshwarlu et al., 2004), et donc la production de composés volatils peut être plus rapide dans les émulsions que dans les huiles. D'autres paramètres que les produits d'oxydation (pigments ou protéines) qui interagissent avec le malonaldéhyde peuvent également produire un changement de couleur (Frankel, 2005).

La stabilité oxydative des produits laitiers est influencée par de nombreux facteurs tels que les concentrations d'oxygène, les métaux ( $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ ), les antioxydants, l'activité de l'eau, etc. (O'Conner et O'Brien, 1995).

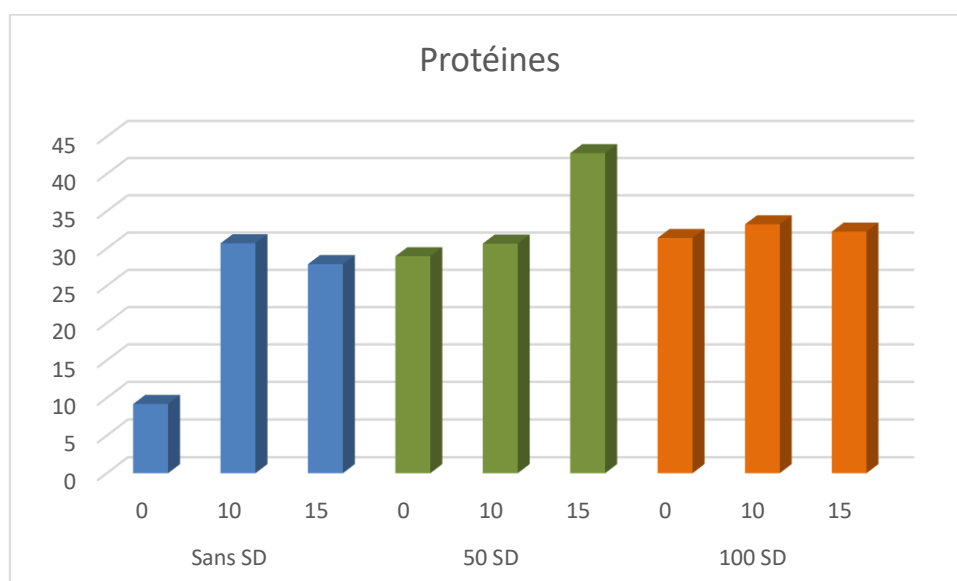
Cela peut résulter de la formation de malondialdéhyde résultant de la dégradation des peroxydes (Fernandez, 1997). De plus, les hydroperoxydes ne sont pas stables, car ils se décomposent en d'autres composés tels que les carbonyles savoureux (O'Connor et O'Brien, 2006).

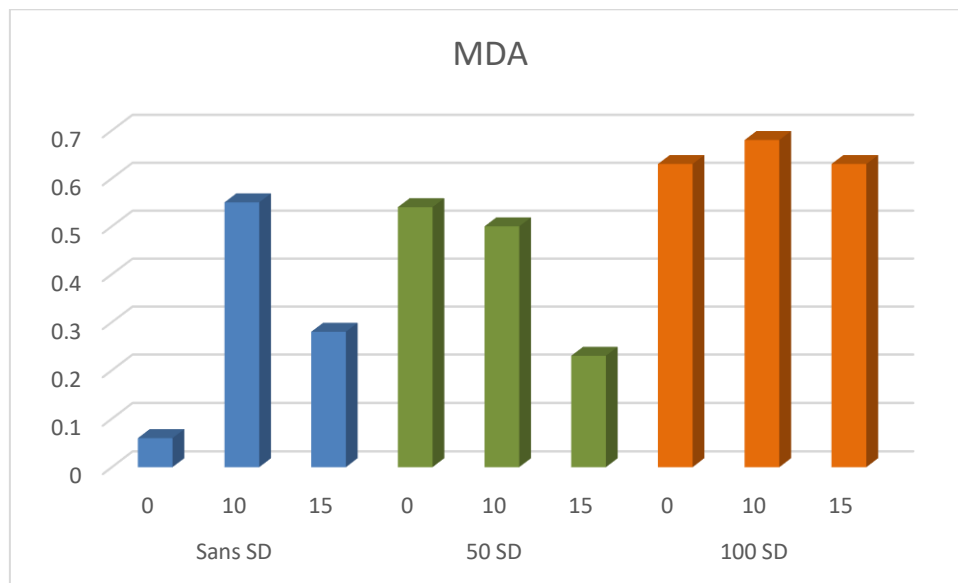
Par rapport à d'autres études sur le lait de chèvre, Remeuf et Lenoir (1985) avec 27g/l et Vassal et al., (1994) avec 27g/l Raynal-Ljutovac et al (2008) avec 26g/l, marque une infériorité de teneur en protéines comparativement à nos échantillon.

**Tableau 30:** teneurs moyennes en Malondialdéhyde et en protéines des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation

Type de fromage	Durée de stockage (jour)	MDA	Protéines (%)
Sans SD	0	0,06 <sup>c</sup> ± 0,24	9,18 <sup>b</sup> ± 1,2
	10	0,55 <sup>a</sup> ± 0,06	30,69 <sup>a</sup> ± 2,77
	15	0,28 ± 0,07	27,89 <sup>a</sup> ± 14,02
50% SD	0	0,54 <sup>b</sup> ± 0,13 <sup>a</sup>	28,95 <sup>b</sup> ± 14,1
	10	0,50 <sup>b</sup> ± 0,19	30,64 <sup>b</sup> ± 3,00
	15	0,23 <sup>c</sup> ± 0,27	42,77 <sup>a</sup> ± 27,36
100% SD	0	0,63 <sup>b</sup> ± 0,15	31,40 <sup>b</sup> ± 15,80
	10	0,68 <sup>a</sup> ± 0,07	33,23 <sup>a</sup> ± 7,77
	15	0,63 <sup>b</sup> ± 0,001	32,25 <sup>b</sup> ± 14,32
Signification		P≤0,01	P≤0,05

Ns : non significatif ; P≤0,05 : Significatif; P≤0,01 : hautement significatif ; SD : Sirop de dattes ; MDA : Malondialdéhyde

**Figure 5:** teneurs moyennes en protéines des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation



**Figure 6:** teneurs moyennes en MDA des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation

### 2.3. Matières sèche, minérale et grasse

Il faut préciser que la détermination des paramètres biochimiques des fromages a été faite selon la nature du fromage seulement (avec ou sans SD). Le tableau 31 présente les valeurs moyennes des teneurs en MS, MM et MG des fromages traités ou non au SD.

Concernant la MS, aucune différence significative n'a été constatée entre les fromages. La légère baisse de MS (67,26) n'a aucun lien avec le traitement du fromage 100% SD. Nos valeurs de MS sont très élevées comparativement à celles d'Abakar (1982) et Noutfia et al. (2011) ayant travaillé sur des fromages à base de lait de chèvre. Par contre elles sont proches de celles de Daoudi (2006) qui a aussi travaillé sur du fromage de chèvres. Ces différences de valeurs sont liées au processus de fabrication de chaque fromage (pâte pressée ou non). La teneur élevée en humidité des fromages traditionnels est justifiée par la méthode traditionnelle de préparation. Contrairement à la méthode de préparation industrielle, la graisse du lait ne disparaît pas complètement et l'eau se substitue à la graisse comme substitut à la formulation du fromage (Saremnezhad et al., 2008; Idoui et al., 2013).

Selon Le Jaouen (1977), l'humidité des fromages frais au lait de chèvre est de 62 %, soit un EST de 38%. À titre comparatif ces valeurs sont inférieures à celles trouvées dans notre travail.

Concernant les MG, celle du fromage témoin (sans traitement SD) est significativement plus élevée que celles des autres fromages traités au SD. Il est très difficile d'expliquer la perte d'une partie de la matière grasse lors des traitements des fromages 50% et 100% SD (tableau 2). Cette déperdition des lipides des fromages traités au SD pourrait s'expliquer probablement par un problème d'échantillonnage des fromages durant le dosage des MG. Ou dans un cas extrême qui est difficile à vérifier, elle pourrait être liée à une transformation d'une partie des lipides en d'autres produits dérivés, surtout pour le fromage 100% SD.

Quel que soit le fromage traité au SD ou non, nos teneurs en MG sont très en dessous de celles enregistrées par Daoudi (2006) et Noutfia et al (2011) qui ont enregistré 31,7 et 20,6% respectivement. Enfin, d'importantes variations des lipides ont été constatées par plusieurs auteurs travaillant sur d'autres fromages tels que le petit suisse, le camembert et le fromage frais sans affinage avec respectivement 40, 22 et 13,5% (Gheraia et Amiche 2018, Vassal et al 1986 et Andriampamonjy 2017).

Pour la matière minérale, les résultats ont révélés des différences significatives entre les 3 lots du fromage. La quantité la plus importante a été trouvée dans le fromage avec 100 SD (1,46) suivi par le 50 SD (1,06) et le fromage sans sirop de datte (0,66). Cette variation est peut être expliquée par la présence des minéraux dans le sirop de datte ce qui peut augmenter sa teneur dans les fromages.

Le niveau de Gras/Sec du fromage frais est proche de celui du Darfiyeh (Serhan, 2010) et plus faible que celui du Tulum (Bayar et Özrenk, 2011). Cependant la teneur en protéines est aussi moindre (Kalitet al., 2010). Ces différences sont dues principalement aux technologies de fabrication distinctes entre ces fromages et le fromage frais.

**Tableau 31:** teneurs moyennes en Matières Sèche, Matières Minérale et Matières Grasse des fromages de chèvres selon le traitement au sirop de dattes et la durée de conservation

	<b>Sans SD</b>	<b>50% SD</b>	<b>100% SD</b>	<b>Signification</b>
<b>Matière sèche (%)</b>	68,86 ± 10,21	68,93 ± 10,65	67,26 ± 10,33	NS
<b>Matière minérale (%)</b>	0,66 ± 0,50 <sup>c</sup>	1,06 ± 0,8 <sup>b</sup>	1,46 ± 0,41 <sup>a</sup>	P≤0,05
<b>Matière grasse (%)</b>	17,10 ± 1,50 <sup>a</sup>	12,73 ± 4,22 <sup>b</sup>	9,33 ± 2,73 <sup>b</sup>	P≤0,05

Ns : non significatif, P≤0,05 : Significatif

## Conclusion

Ces deux dernières décennies et grâce à des programmes de développement agricole, l'élevage caprin en Algérie a connu un certain essor, surtout dans les régions montagneuses et steppiques. L'intérêt pour cet élevage vise aussi bien la production de viande mais surtout celle du lait. En effet et vue l'importance de la facture d'importation du lait qui ne cesse d'augmenter en Algérie, le lait de chèvre ainsi que celui de la chamelle peuvent présenter une très bonne alternative de développement de la filière lait, surtout celle de la production fromagère.

Malgré les nombreux travaux déjà entrepris, cette étude nous a permis en premier lieu d'avoir une idée assez précise sur la composition physicochimiques du lait de chèvre recueilli dans la région ouest du pays à savoir Oran (Kristel).

En effet, les différentes analyses réalisées sur ce lait frais, issu de la traite du matin, nous révèlent une qualité physicochimique appréciable, comparativement aux résultats déjà enregistrés, avec un pH de 6,62, une densité de l'ordre de 1.033, un point de congélation de  $-0,510^{\circ}\text{C}$  et des taux de MS, MP, MG et de lactose de 11,70, 3,15, 3,48 et 3,62% respectivement.

En deuxième lieu, cette étude a permis la proposition d'un procédé de fabrication artisanale d'un fromage à base de lait de chèvre issue de la même région (Oran). Aucun ferment conventionnel n'a été utilisé. La coagulation du lait est obtenue par l'ajout du vinaigre commercial. Avant leur conservation, un antioxydant naturel (sirpo de dattes ou Robb) est utilisé. Trois durée de conservation du fromage sont proposées à savoir 0, 10 et 15 jours dans une température de réfrigération de l'ordre de 6 à  $8^{\circ}\text{C}$ .

Lors de cette deuxième étape expérimentale, des résultats peu concluants sont obtenus sur les fromages de chèvre, surtout concernant leur conservation par le Robb contre la peroxydation des lipides. Par contre, les valeurs des différents paramètres physicochimiques enregistrés sont dans l'ensemble comparables à celles d'autres fromages des laits de chèvres ou celles d'autres espèces animales.

Chez les fromages traités avec du sirop de dattes (100%SD), les valeurs de l'indice d'acide ont subi des augmentations significatives surtout après une durée de conservation de 15 jours. Par ailleurs, les teneurs MDA ont fluctué anormalement d'un fromage à un autre et d'une durée de conservation à une autre.

Les résultats de cette étude nous incitent à penser déjà sur la reconduction d'autres protocoles expérimentaux sur notre fromage de lait de chèvres afin de mieux élucider certains aspects liés à la préparation des laits et à leur transformations en fromages. A

titre d'exemple, pour la fabrication du fromage de chèvre doit-on préalablement utiliser un lait entier, mi-écrémé ou entièrement écrémé ?

Le procédé de traitement des fromages avec du Robb méritent maintes réflexions. En effet, la présence et la nature d'éventuels antioxydants des sirops de dattes méritent d'être mieux connus avant leur utilisation.

Par ailleurs, la couleur des sirops de dattes pose le problème de dosages utilisant des indicateurs (virage lors des titrages).

**Références bibliographiques**

Abakar, 2012 Essai de fabrication d'un fromage frais traditionnel sénégalais, à partir du lait de vache, coagulé par la papaïne naturelle. Mémoire master, Dakar 46p.

Abdelfattah A.C. 1990. La datte et le palmier dattier. Ed.Dar El-Talae, Caire. 818-829p.

Aissaoui M., Deghnouche K., Bedjaoui H., Boukhalfa H.H., 2019. Caractérisation morphologique des caprins d'une région aride du Sud-Est de l'Algérie. Revue Méd. Vét., 170, 7-9, 149-163p.

Arisandy Nampoina 2017. Qualités nutritionnelle et organoleptique du fromage frais optimisé au sein de la société FOOD & BEVERAGE Madagascar, Mémoire Master, 75p.

Asif et Sumaira, 2013. Milk amples collected from buffalo, cow, goat and sheep of Gujrat, Pakistan, 9. 12: 1192-1197p.

Attou S., 1994. Importance de la lipolyse du lait dans l'élevage bovin en Algérie. Thèse de Magister, INA El-Harrach, 132p.

Bahramian S., Azin M., Chamani M and Geramia A. 2011. Optimization of Enzymatic Extraction of Sugars from Kabkab Date Fruit, Middle-East J. Sci. Res. 7 (2): 211-216p.

Banks W., 1991. Milk lipids, International Dairy Federation, Bull, 260, 3-6p.

Belguedj N., Bassi N., Fadlaoui S. et Agli A., 2015. Contribution à l'industrialisation par l'amélioration du processus traditionnel de fabrication de la boisson à base de datte «Robb». 20(7), 818-829p.

Belimi N et Reffas I., 2017. Valorisation et caractérisation des méthodes d'extraction de sirop des dattes à partir des variétés communes. Mémoire Master. 106p.

Benharzallah H. et Bouhoureira S., 2014. effet de trois produits a base de dattes sur quelques germes de la flore intestinale. Memoire D'ingénieur 124p.

Benyoub K.Q., 2016. Caractérisation morphométrique, typologie de l'élevage caprin et étude physico-chimique de son lait au niveau de la wilaya de tlemcen. Tlemcen. Mémoire de master. 100p.

Bey D., Laloui S., 2005. Les teneurs en cuivre dans les piols et l'alimentation des chèvres dans la région d'El-Kantra (Biskra).Thèse. Doc.Vét. (Batna), 60p.

Blama Merzaia A., 2014. Dix sept wilayas productrices de datte , une richesse inépuisable pour l'Algérie. Institute of Agronomic Research of Algeria. <https://www.researchgate.net>

Boumendjel M., Feknous N., Mekideche F., Dalichaouche N., Feknous I., Touafchia L., Metlaoui N. and Zenki R., 2017. Caractérisation du lait de chèvre produit dans la région du Nord-est Algérien. Essai de fabrication du fromage frais. EL-Tarf. Algérie. 492-506p.

Boussaid L., Bouallala M., Aguedal H., Iddou A. et Bouras N., 2020. Aperçu sur les caractéristiques physicochimiques et biochimiques de trois sirops de dattes (Rob) élaborés

traditionnellement dans la région d'Adrar (Algérie). Inter. J. Nat. Resour. Env. : Vol. 2, N°1 ; 14-20p.

Carole L., Vignol A., 2002. Science et Technologie du lait. In Abakar. 598p.

Caron A., St-gelais D., et Pouliot Y., 1997. Coagulation of milk enriched with ultrafiltered or diafiltered, microfiltered milkretentate powders, 445-451p.

Chanokphat P., 2005. Casein micelle structure: a concise review. Journal of Science and Technology, 1 (27), 201-212p.

Codex STAN 283-1978 General Standard for cheese Food and Agriculture. <http://www.fao.org>

Daoudi A., 2006. Qualité d'un fromage local à base de lait de chèvre, Mémoire Master, Chlèf, 187p.

Darton Hill I. and Coveney, 1987. Goats milk: nutritional and public heath aspects. A review. Australia, 39, n°12, 568-572p.

Daviau C.M.H., Famelart A., Pierre H., Gouedranche J.L., Maubois, 2000. Rennet coagulation of skim milk and curd drainage: Effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment, Lait, 80 (4): 397-415p.

Desmaures N., 2014. *Mold-Ripened Varieties*, Encyclopedia of Food Microbiology, Elsevier, 409-415p.

Dillon J.C. & Berthier A.M., 1997. Le fromage dans l'alimentation. In Le fromage, Paris, 713-724p.

Djari M.S., Ghribeche M.T., 1981. Contribution à la connaissance de la chèvre de Touggourt et à l'amélioration de son élevage. Mémoire de fin d'études, ITA Mostaganem.

Eck A., Gillis J.C., 1997. Le Fromage, De la science à l'assurance-qualité ; 3e éd-Paris, 891p.

El-Zayat A.I., Mahmoud A.A., Gouda A.A. and Abbas F., 1984. Chemical composition and physical properties of goat milk in Suez Canal area and Sinai Peninsula. Egypt. J. Food. Sci., 12, 149-151p.

Fantazi K., (2004). Contribution à l'étude du polymorphisme génétique des caprins d'Algérie. Cas de la vallée de Oued Righ (Touggourt). Thèse de Magister I.N.A. Alger, 145p

FAO, 2011. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine 255p.

Collection FAO: Alimentation et nutrition n° 28 <http://ftpmirror.your.org>

Gagnaire V., Spinnler E. & Thierry A., 2018. Biochimie de l'affinage: les phénomènes enzymatiques et microbiens. In: *Le fromage*. 429-466p.

Gassi J. & Schuck P., 2017. Partie 1: Procédés de transformation fromagère 33 (partie 3), 1-11p.

- Gheraia F.Z et Amiche S., 2018. Contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique du fromage frais type petit suisse conservé à différent température, Mémoire Master, Khemis Miliana,
- Guerin B., Gauthier A. et Orthier J., 1982. Les sirops (saccharose, glucose, fructose et autre édulcorants : valeur technologique et utilisation. Ed. APRIA, n° 18, Paris.
- Gobin M., 1991. cité par Zeller, 2005, La coagulation et la l'égouttage des fromages, Réussir la chèvre, 185, 36-38p.
- Goudéranche H., Camier-Coudron B., Gassi J.-Y. & Schuck P., 2017. Partie 2: Procédés de transformation fromagère 33 (partie 2).
- Goursaud J., 1985. Composition et propriétés physico-chimiques. Dans Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M.. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris
- Grand Pierre C., Ghisolfi J. et Touvenot J.P., 1988. Etude biochimique du lait de chèvre. Cahiers de Nutrition et Diététique, XXIII, n°5, 367-374p.
- Guégen L., 1979. in Mohamed LOUHICHI, *Cach. Nutr. Diét.*, 14, 213-217p.
- Guelmaoui S., Abderahmani H., 1995. Contribution à la connaissance des races caprines algériennes (cas de la race M'ZAB), Thèse. Ing. Agro.INA.El Harrach. Alger.
- Guetouache et al., Guetouache M., Guessas, Bettache, Medjekal & Samir, 2014. Composition and nutritional value of raw milk. *Issues Biol. Sci. Pharm. Res.* 2(10), 115-122p.
- Guinee T.P. & Fox P.F., 2017. Salt in Cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects. *In: Cheese.* Elsevier, 317-375p.
- Haeni J.P., Fragnière C., 2004. La fromageabilité du lait, N°17. 1-11.in Aptitude des laits de chèvre et de brebis à la coagulation <http://dSPACE.ensa.dz/bitstream/aitamermeziane>
- Hafide N, 2006. l'influence de l'âge, de la saison et de l'état physiologique des caprins sur certains paramètre sanguins. Mémoire de magister en science vétérinaires. Dép vétérinaires. BATNA.
- Hamama A., 1997. Improvements of the manufacture of traditional fermented products in Morocco: case of JBEN (Moroccan traditional fresh cheese). In: H.A. DIRAR (éd.) : Emerging Technology Series- Food Processing Technologies for Africa, UNIDO, Vienna, 85-102p.
- Hannane M., 2011. Lait cru de chèvre en Algérie. mémoire licence. 38p.
- Hayaloglu A.A., 2017. Cheese Varieties Ripened Under Brine. *In: Cheese.* Elsevier, 997-1040p.
- Hellal F., 1986, Contribution à la connaissance des races caprines Algériennes : Etude de l'élevage caprin en système d'élevage extensif dans les différentes zones de l'Algérie du nord. Thèse d'ingénieur d'état en agronomie, INA., El-Harrach, Alger, 78p.

Helmut K., Mayer, Gregorfechter, 2012. Physico chemical characteristics of goat's milk in Austriaseasonal variations and differences between six breeds. 92 (2), 167-177p.

Ibrahim M.A et Khallil H.N.M., 1997. Le palmier dattier protection et production. Ed. Iskandaria : 432-627p.

Jerónimo E. & Malcata F.X., 2016. Cheese: Composition and Health Effects. *In: Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier, 741-747p.

Jouhannet P., 1992. Le lait de chèvre : un produit d'avenir ?.Thèse Doctorat. 96p.

Kerkhouche K., 1979. Etude des possibilités de mise en place d'une chèvrerie à vocation fromagère dans la région de draa ben khedda éléments de réflexion sur un projet d'unité caprine. Thèse Ing. Agr.INA El-Harrach, Alger, 72p.

Kongo J.M. and Malcata F.X., 2016. Cheese: Processing and Sensory Properties. *In: Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier, 748-754p.

Le Jaouen et al., 1990. Caractérisation morphométrique, typologie de l'élevage caprin et étude physicochimique de Tlemcen.

Le Mens, 1985. Composition du lait : la situation actuelle. *La Chèvre*, n°153, 14-21p.

Lenoir J., Lamberet G et Schmidt J.L., 1983. L'élaboration d'un fromage: exemple du camembert. *Pour Sei* 69, 30-42p.

Louhichi M., 2008. Effet de l'irradiation sur la texture d'un fromage à pâte molle de type Camembert, Projet de fin d'étude, Tunis, 71p.

Luquet, F-M., 1985. Lait et produits laitiers: vache, brebis, chèvre. 3 volumes, Paris, Technique et documentation, Lavoisier, 150p.

Mahaut M., Jeantel R., Brulé G. et schuck P., 2000. Les produits industriels laitiers. Edition: Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 26-37-31-33-200.

Mahaut M., Korolczuk J., Pannetier R., and Maubois J.L., 1986. Eléments de fabrication de fromage de type pâte molle de lait de chèvre à caractère lactique par ultrafiltration de lait acidifié et coagulé. *Techn. Lait Market.*, 1011, 24-28p.

Mahaut M., 2000. Les produits industriels laitiers. Cités par Mana et Drif 2017

Mahé M.F., Manfredi E., Ricordeau G., Piacère A. and Grosclaude F., 1993. Effets du polymorphisme de la caséine  $\alpha_{S1}$  caprine sur les performances laitières : analyse intradescendance de boucs de race Alpine. *Genet. Sel. Evol.* 26, 151-157p.

Manallah I., 2012, Caractérisation morphologique des caprins dans la région de Sétif. Thèse de Magister. Université de Sétif. 107p.

Masle et Morgan, 2001. Aptitude du lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques - Facteurs de variation liés à la composition du lait. *Lait* 81. 561-569p.

- Mathieu J., 1998. Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris. 222p.
- Mba A.V., Boya B.S. and Oyenuga V.A., 1975. Studies on the milk composition of west Africa Dwarf, Red Sokoto and Saanen goats in different stages of lactation. *J. Dairy Res.*, 42, 217p.
- Mietton B.M., Desmazeaud H. Roissart et Weber, 1994. Transformation du lait en fromage, Bactéries lactiques. In Abakar. vol.2, Chap.IV, 3è édition, Loriga, 133p.
- Mietton B., 1995. La typologie des fromages, in Abakar. Symposium organisé. 245p.
- Mietton B. & Chablain I., 2018. Du lait au fromage : les fondamentaux technologiques. *In: Le fromage*. 321-359p.
- Mimouni Y. et Siboukeur O.E.K., 2011. Etude des propriétés nutritives et diététiques des sirops de dattes extraits par diffusion, en comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (isoglucoses), issues de l'industrie de l'amidon. *Ann. Sci. Tech.*, 3 (1), 1-11p.
- Mimouni Y., 2015. Développement de produits diététiques hypoglycémiant à base de dattes molles variété Ghars, la plus répondeuse dans la cuvette d'Ouargla. Thèse doctorat. Université Ouargla. 142p.
- Morrissey P., Lactose : chemical and physicochemical properties. In: FOX, P.F. *Developments in dairy chemistry* –3, 1995. Elsevier, London.
- Moualek I., 2012. Caractérisation du lait de chèvre collecté localement : Séparation chromatographique et contrôle électrophorétiques des protéines. Thèse de magistère. Tizi Ouzou, Algérie. 53p.
- Munier P., 1973. Le palmier dattier, techniques agricoles et productions tropicales. Ed. Maison Neuve et la rosse, Paris
- Noutfia Y. Zantar S., Ibelbachyr M., 2011. Caractéristiques physicochimiques du lait et du fromage des chèvres Draa et Alpine, 163-169p.
- Ozturkoglu-Budak S. & De vries R.P., 2017. *Mold-ripened and raw milk cheeses: Production, risks, and benefits to human health*, Dairy in Human Health and Disease across the Lifespan, Elsevier Inc., 353-361p.
- Panthi R.R., Jordan K.N., Kelly A.L. & Sheehan J.J. (Diarmuid), 2017. Selection and Treatment of Milk for Cheesemaking. *In: Cheese*. Elsevier, 23-50p.
- Parkash et Jenness, 1968. Composition and characteristics of goat's milk. *Dairy Science Abstract*, 30, n°143, 66-87p.
- Park W.Y., Juarez M., Ramos M. And Haenlein G.F.W., 2007. Physicochemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 68, 88-113p.
- Quynh My O., 2018. Caractérisation physico-chimique et microbiologique des fromages fermiers. Mémoire Master ; Gembloux Agro-Bio Tech, 81p.

Remeuf F., Cossin V., Dervin C., Lenoir J. and Tomassone R., 1991. Relations entre les caractères physico-chimiques des laits et leur aptitude fromagère. *Lait* 71. 397-421p.

Renhe I.R.T., Perrone Í.T., Tavares G.M., Schuck P. and Carvalho A.F., 2019. Physicochemical Characteristics of Raw Milk, *Raw Milk*, Elsevier Inc., 29-43p.

Roudj S., Bessadat A. et Karam N-E., 2005. Caractérisations physicochimiques et analyse électrophorétique des protéines de lait de chèvre et de lait de vache de l'Ouest algérien. *Rencontres Recherches Ruminants*, 12, 400p.

Serhan M., 2008. Valorisation durable des laits de chèvre de la région du Nord Liban. Transformation en fromage Darfiyeh et établissement de caractéristiques physico chimiques et microbiologiques en vue de la création d'une appellation d'origine. Thèse, Lorraine, 199p.

Sina L., 1992. Contrôle de qualité du lait et des produits laitiers fabriqués par la soca. Thèse Doctorat, Dakar. 245p.

Spinnler H., 2017. Surface Mold–Ripened Cheeses. *In: Cheese*. Elsevier, 911-928p.

Taleb Bendiab F., 2017. Contrôle physico-chimique et microbiologique du camembert. Mémoire Master En Nutrition et Santé, Tlemcen, 93p.

Vassal, Véronique Monnet, D., Le Bars, Colette Roux, J.C., Gripon, 1986. Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert L. *Le Lait*, 66 (4), 341-351p.

Veinoglou B., Baltadjieva M., Anifantakis E. and Edgaryan M., 1982. La composition du lait de vache de la région de Plovidiv en Bulgarie et de Lonina en Grèce. *Lait*, 62, 55-66p.

Vierling E., 2008. Aliments et boissons filières et produits. 3<sup>ème</sup> édition Biosciences et techniques. Paris. 15-16p.

Zeller, 2005. Le fromage de chèvre : spécificités technologiques et économiques, Thèse, Toulouse. 78p.