

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université M'hamed Bougara de Boumerdes

Faculté des sciences

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master
en Nutrition et Science Alimentaire

Caractérisation de la composition du lait de chèvre
« Saanen » et de son aptitude fromagère

Présenté :

TOUBAL Nesrine
ABADA Nora
Bekheti Amal

Devant le jury

Président :	Mme. YAHIAOUL.K	MCA (UMBB)
Promoteur :	Mlle. SLAMANI. R.	CR (INRAA)
Co-promoteur	Mme. AIT KAKI.S.	MCA (UMBB)
Examineur :	Mlle. YOUYOU	MCB (UMBB)

Année Universitaire 2018/2019

REMERCIEMENTS

Tout d'abord nous remerciant DIEU tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de terminer ce travail.

En tout premier lieu, nous tenons à exprimer nos remerciements à notre Promotrice Mlle Slamani R, Chargée de Recherche en Technologie Agro-alimentaire à l'INRAA, pour avoir dirigé ce travail de mémoire, pour sa disponibilité et sa rigueur scientifique qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre gratitude à notre Co-promotrice Mme Ait Kaki S, Maitre de Conférences à l'UMBB pour son soutien et ses encouragements qu'elle n'a cessé de nous accorder tout le long de ce parcours.

Nous tenons à remercier Mme Yahiaoui, Maitre de Conférences à l'UMBB, pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider de jury de notre soutenance.

Notre reconnaissance va à l'égard de Mlle Youyou, Maitre-assistant à l'UMBB, pour avoir accepté d'examiner et de juger ce modeste travail.

Nous présentons nos sincères remerciements à M. Saad et M. Brakni qui ont veillé au bon déroulement de notre expérimentation.

Nous exprimons nos sentiments de reconnaissance à M. senoussaoui Ingénieur au Laboratoire de recherche à la faculté de science ainsi qu'à M. Labadi, Ingénieur au Laboratoire de Science du Sol pour l'aide qu'ils nous ont apporté lors de la réalisation de l'analyse de minéraux.

Toute notre gratitude va à l'égard de toute personne ayant participé de près ou de loin à notre formation ainsi qu'à tous ceux qui nous ont apporté leurs soutiens et encouragements durant la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Ce travail est dédié à

Mon cher père qui a toujours été un exemple pour moi, et qui a veillé à mon éducation en déployant tous les efforts nécessaires.

Ma chère mère qui m'a appris à être ce que je suis aujourd'hui, pour les sacrifices qu'elle a fait pour mon éducation, pour la confiance et l'amour qu'elle m'a toujours accordé.

Ma très chère grandmère, Rabbi yarham'ha

Mon frère Mohamed-amine, mes sœurs Zina, Fairouz, Meriem et ses enfants Douaa et Abderrahmane. Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je vous porte.

A Mes amies Nora, Soraya, Ratiba, Amal, Halla et Sara

A tous ceux qui m'ont soutenu et aidé pour la réalisation de ce travail et tous ceux qui me sont chers.

NESRINE

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux

*Deux personnes que j'aime le plus au monde et qui méritent tout mon respect,
A mon très cher père, l'homme le plus parfait au monde, mon grand exemple, mon
directeur et mon éducateur ;*

*Ma mère, source de compassion et de tendresse, l'exemple de patience et de
sacrifice, la raison de mon existence et le support de ma vie ;
Qu'ils trouvent ici le témoignage de mon profond amour et dévouement infini ;
Que dieu vous protège et vous réserve une longue vie pleine de bonheur et de
santé.*

À mes sœurs Samia, Naima, Ghania, Sabiha, Fatma et Kamilia,

à mes très chers frères Mohammad, Mouloud et Hamza

À mes très chères amies Ratiba, Soraya, Imane et Hanane

À Nesrine et Amel ainsi qu'à leurs familles

À toute la famille ABADA et MAKRANI.

Et à tous ceux que j'aime

NORA

Dédicaces

Que ce travail témoigne de mes respects :

A mes parents :

Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.

Je leur exprime mon respect, ma considération et mes profonds sentiments d'amour en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi

Je prie le bon Dieu de les bénir et de veiller sur eux,

A mes sœurs NARIMENE, SEROUR, HANANE, RAJA

ET MON Fiancé ZAKARIA

A toute la famille BEKHTI.

Qu'ils trouvent ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance pour le soutien qu'ils m'ont apporté.

A tous mes enseignants

Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.

A tous mes amis et mes collègues ;

A NESRINE ET NORA

Qu'ils trouvent ici le témoignage de mon amitié infinie.

Amel

SOMMAIRE

Remercîments

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION01

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Le lait03

1. Composition chimique du lait de chèvre03

1.1. Matière protéique04.

1.2. Matière grasse05

1.3. Lactose06

1.4. Matière minérale06

2. valeur nutritionnelle07

3 valeur thérapeutique.....08

II. Transformation du lait de chèvre en fromage09

1. Etapes de fabrication de fromage de chèvre09

2. Aptitude à la coagulation du lait de chèvre11

3. Grandes variétés de fromage de chèvre14

4. Particularités de l'élevage caprin en Algérie17

4.1. population local17

4.2. La population introduit.....20

4.3. la population croise.....21

MATERIELS ET METHODES

1. Origine de lait caprin23

2. Essais fromagers23

3. Méthodes d'analyses23

3.1. Analyses physico-chimique du lait, du lactosérum et du caillé23

3.1.1. Le pH23

3.1.2. L'acidité titrable26

3.1.3. La densité26

3.1.4. La matière sèche27

3.2. La composition du lait, du sérum et du caillé27

3.2.1. La teneur en matière grasse	27
3.2.2. La teneur en matière azotée et des fractions azotées	28
3.2.3. La teneur en calcium et en phosphore	29
3.2.4. La teneur en lactose	30
4. Evaluation des essais de fabrication de fromages	30
4.1. Bilan de fabrication	30
4.2. Rendements fromagers et coefficient de récupération	31
RESULTATS ET DISCUSSION	
1. Caractérisation des conditions d'élevage	33
2. Caractérisation de la composition du lait de chèvre « Saanen ».....	33
3. Evaluation de l'aptitude à la transformation fromagère du lait de chèvre	
« Saanen » produit localement	35
3.1. Fabrication de fromage et bilans matière	35
3.2. Rendements de fabrication et coefficients de récupération des constituants laitiers	38
3.2.1. Coefficients de récupération	38
3.2.2. Rendement fromager	40
CONCLUSION	42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	34
RESUME	

RESUME

Cette étude avait pour objectifs de déterminer les caractéristiques chimiques du lait de chèvre Saanen et de caractériser son aptitude à la transformation en fromage à pâte fraîche et pâte pressée non cuite.

Les laits étudiés sont caractérisés par une teneur faible en matière protéique et en calcium contrairement à la teneur en matières grasses qui est conforme à la norme.

L'ordre des valeurs des rendements obtenus lors de la réalisation des différents essais est différent selon la composition du lait (matière sèche, matière grasse, protéines). Le lait de chèvre de la race Saanen présente une bonne aptitude à la transformation en fromage par rapport au fromage à pâte pressée non cuite de type Edam. Il en résulte des coefficients de récupération de la matière sèche, de la MG et de la MAT dans le caillé, et des rendements fromagers plus élevés pour les fabrications fromagères de type frais que pour l'Edam.

Mots clés : Lait de chèvre, la Saanen, Fromage frais, Fromage à pâte pressé

ملخص

كان الغرض من هذه الدراسة هو تحديد الخصائص الكيميائية لحليب الماعز من صنف سانين وتوصيف قابليتها للتجهيز إلى جبن مضغوط وجبن طازج.

تتميز عينات الحليب التي تم دراستها بتكونها منخفض من البروتين و الكالسيوم و مرتفع من المادة الدسم ترتيب قيم العوائد التي تم الحصول عليها أثناء التجارب مختلفة باختلاف جودة الحليب (الكثافة، المادة الجافة، الدهون، البروتينات والمعادن)

حليب الماعز من صنف سانين لديه القدرة إنتاجية جيدة للتجهيز إلى الجبن الطازج مقارنة بالجبن المضغوط من نوع أدام

تعتبر معاملات استرداد المادة الجافة، المادة الدسمة ومادة البروتين في الخثارة وإنتاجية الجبن في الجبن الطازج اعلى نسبة مقارنة بجبن الادم

الكلمات الدالة

جبنة الماعز، جبنة طازجة، جبنة مضغوطة الماعز، سانين حليب

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the chemical characteristics of Saanen goat milks and to characterize their ability into fresh and uncooked pressed cheese and to establish the chemical composition of this cheese.

The milks studied are characterized by a low composition in protein and calcium content on contrary to fat which was high. The order of the values of the yields obtained during the realization of the various tests, we notice that there difference explained by the quality of milk (density, dry matter, fat, proteins, and minerals). Goat's milk of the race Saanen presents a good aptitude for processing into fresh cheese that processing into Edam press cheese. The results in coefficients of recovery of the dry matter, the MG and the MAT in the curd, and cheese yields which are higher for the fabrications Fresh cheese as for Edam. The coefficient of recovery of the milk components was influenced by that of the chemical composition of the milk, more particularly the concentrations of caseins, MG, calcium.

Key words: Goat's milk, Saanen, Fresh cheese, Pressed cheese

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. La composition du lait de chèvre en comparaison avec le lait de vache...04
Tableau 2. Eléments minéraux majeurs en mg/l du lait de chèvre en comparaison avec le lait de vache07
Tableau 3. Caractéristique micellaires comparées des laits de vache et de chèvre....11
Tableau 4. Composition moyenne des laits de chèvre(en g/kg).....26
Tableau 5. Caractéristiques physico-chimiques des laits, caillés et lactosérums des trois expérimentations indépendantes de fromage frais.....28
Tableau 6. Caractéristiques physico-chimiques des laits, caillés et lactosérums de deux expérimentations indépendantes de fromage Edam.....28
Tableau 7. Valeurs des coefficients de récupération par type de fabrication fromagère.....30
Tableau 8. Valeurs des rendements fromagers et des coefficients de récupération par type de fabrication fromagère.....32

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Chèvre et son chevreau.....03.
Figure 2. Représentation des principaux fromages de chèvre.....14
Figure 3. Classification des fromages de chèvre en fonction du type de coagulation et du type de pâte d'après Corcy(1991).13
Figure 4. Diagramme de micro-fabrication type « pâte fraîche ».....18
Figure 5. Diagramme de micro-fabrication type « EDAM ».....19

LISTE DES ABREVIATIONS

% : pourcent

°C : Degré Celsius.

°D : Degré doronic.

ANFOR : Association Française de la Normalisation

cm, mm, nm : Centimètre, millimètre, nanomètre.

EST, MST: Extrait Sec Totale, Matière Sèche Totale.

ESD, MSD: Extrait Sec Dégraissé, Matière Sèche Dégraissée.

FAO: Food and Agriculture Organisation

g, mg, g/l: Gramme, milligramme, gramme par litre.

h, min, s : heure, minute, seconde.

ISO: Organisation Internationale de Normalisation.

L, ml, µl : Litre, millilitre, microlitre.

M, mM : Mole, milli mole.

MG : matière grasse

NaOH : hydroxyde de sodium.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

Rff : Rendement fromagere frais

FFs : Rendement fromagère matière sèche

T : Température.

tr/min : tour par minute.

U : Unité.

UI : Unité Internationale.

V : Volume

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'Algérie est le troisième importateur mondial de lait avec plus de 350 000 tonnes de poudre de lait importées annuellement et dont la facture s'élève à plus de 1.3 milliard de dollars. En dépit de ce constat, un déficit laitier est enregistré pour couvrir à la fois les besoins des ménagers et des industriels (M A, 2018).

De ce fait, les experts scientifiques ont préconisé d'une part, l'intensification de l'élevage bovin laitier couplée à l'intronisation de processus technico-économiques permettant ainsi à la collecte de tirer plus de lait, et d'autres part, l'exploitation d'autres espèces d'animaux laitiers (caprin, camelin et ovin) pour appuyer la filière laitière. Selon des estimations empiriques d'un panel de spécialistes en production animale, la capacité potentielle du lait produit par ces trois espèces est évaluée à près de 25% de la totalité du lait cru qui est actuellement collecté au niveau national. La part «lactée» de l'espèce caprine est évidemment la plus grande grâce au cheptel caprin national qui est estimé à plus de 4.5 millions de têtes dont 65% de femelles (Mouhous et al.,2013). C'est l'un des plus forts au monde, même s'il est loin derrière les 300 millions de têtes que se partagent l'Inde et la Chine. la Grèce, qui possède le plus grand cheptel caprin en Europe, destiné à une production mixte (lait et viande), en compte 4.2 millions de têtes contre 2.8 millions pour l'Espagne et 1.7 million pour la France, premier pays producteur et collecteur de lait pur chèvre en Europe.

La Saanen est la race de chèvres laitières la plus répandue en Algérie (76,6%). Elle est importée d'Europe et est très appréciée par sa forte production laitière. La race Saanen est élevée principalement par les éleveurs fromagers en Kabylie, en raison de sa parfaite adaptation à la fois au mode d'élevage en stabulation et aux différents régimes alimentaires (Kadi et al., 2014 ; Guintard et al., 2018).

Les travaux consacrés à l'étude des performances laitières de cette race caprine au niveau international ont montré que la chèvre Saanen produit, en moyenne, de 6 à 8 litres de lait/j, et que 10 litres de son lait suffisent pour produire 1 kg de fromage de chèvre (Institut d'élevage, 2008). Ramenée sur le territoire national, la productivité laitière des chèvres est toujours faible. En effet, la production moyenne de la chèvre Saanen ne dépasse guère les 3 litres de lait/jour en raison de la défektivité des systèmes fourragers (Mouhous et al., 2013).

Parallèlement, la bibliographie ne rapporte que peu d'études qui se sont consacrés à la caractérisation de l'aptitude technologique de lait de chèvre Saanen élevée sous les conditions d'élevage locales. En conséquence, l'objectif de cette étude est de caractériser la composition chimique du lait de chèvre Saanen et d'évaluer son aptitude fromagère.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Le Lait

Le premier Congrès International pour la répression des fraudes, tenu à Genève en 1908, avait défini le lait comme le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum (Boudier et Luquet, 1981).

La dénomination 'lait' est acceptée pour les laits autres que celui de la vache seulement si la mention de l'espèce animale est précisée. Ainsi, on retrouve le lait de chèvre dans l'aire de répartition géographique de l'élevage caprin, essentiellement concentré dans le continent Asiatique avec 60% de l'effectif mondial, suivi par le continent Africains avec (36%). On le retrouve dans les régions de l'Amérique environ (3,6%), et enfin l'Europe avec (1,66%) de l'effectif mondial.

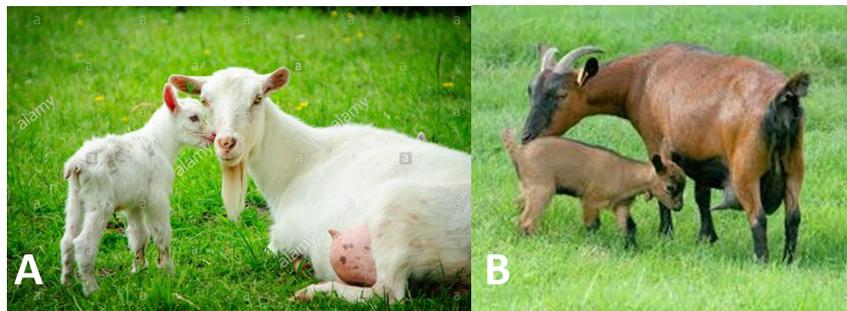


Figure1. Chèvre et son chevreau (A :Saanen B : Alpine)

1. Composition chimique du lait de chèvre

Le lait de chèvre se présente comme un liquide blanc, opaque, d'une saveur particulière liée à sa composition en certains acides gras qui lui sont spécifiques : l'acide caproïque, caprylique et caprique (Penseur et Toussaint, 1995 ; St-Gelais et al., 2000 ; Chilliard et al.,2003). La couleur parfaitement blanche caractéristique du lait de chèvre est due à l'absence d'un pigment naturel présent dans le lait des autres femelles laitières d'élevage : la carotène (Pensuet et Toussaint, 1995; Mathieu, 1998).

Sur le plan technologique, le lait de chèvre a une densité de près de 1,03. Il se compose d'éléments ayant un rôle important en fromagerie : lactose, matières grasses, protéines (caséines), matières minérales, surtout le Ca et le P (Weinberg et al., 1987 ; Pensuet et Toussaint, 1995) et vitamines surtout les vitamines A, D et B (Feinberg et al., 1987). Comparativement au lait de vache, le lait de chèvre est moins riche en lactose, en matières grasses et en protéines (St-Gelais et al., 2000). Cette composition pouvant être très différente selon la race et le type de chèvre et le potentiel de production. La composition chimique du lait de chèvre est résumée dans les tableaux 1.

Tableau 1. La composition du lait de chèvre en comparaison avec le lait de vache

Espèce animale	Matière sèche Totale	Matières protéiques	Matières grasses	Lactose	Matières minérales
<i>Chèvre</i>					
Mahaut et al. (2000)	130	35	42	43	8,6
Le Jaouen (1974) in Chunleau (1994) ; Pensuet et Toussaint (1995)	115 – 130	28 – 35	30 – 38	40 – 50	7 – 9
<i>Vache</i>					
Mahaut et al. (2000)	125	36	41	50	7,1
Le Jaouen (1974) in Chunleau (1994) ; Pensuet et Toussaint (1995)	115 – 130	30 – 35	35 – 40	45 – 50	7 – 9

1.1. Matière protéique

Les protéines du lait sont présentes d'une part sous forme micellaire (micelles de caséines) et d'autre part sous forme soluble dans la phase aqueuse (protéines sériques).

Les micelles, de 255 nm de diamètre dans le cas du lait de chèvre (taille qui varie selon l'espèce), sont constituées de 4 types de caséines (α_{s1} , α_{s2} , β , κ). La proportion des quatre caséines diffère d'une espèce laitière à l'autre. A titre d'exemple, la caséine α_s représentent

34% des caséines totales dans le lait de chèvre contre 47% dans le lait de vache. La richesse en protéines coagulables améliore le rendement fromager et renforce sa capacité à donner un gel ferme et facile à travailler (Pensuet et Toussaint, 1995).

Les protéines sériques, quant à elles, comprennent principalement la β -lactoglobuline, l' α -lactalbumine, le sérum albumine et des immunoglobulines (essentiellement IgG). Ces protéines de lactosérum, ne participant pas à la formation du caillé, sont en grande partie éliminées dans le lactosérum lors de l'égouttage des caillés (Mathieu, 1998). Parmi les protéines solubles (20% des protéines totales), la b-lactoglobuline et l' α -lactalbumine sont présentes dans le lait de chèvre à des concentrations voisines de celles observées pour le lait de vache (3,4 g/l et 1,8 g/l en moyenne pour la b-lactoglobuline et l' α -lactalbumine respectivement). La quantité de sérum albumine est de 0,6 g/l en moyenne et les concentrations en immunoglobulines varient de 0,5 à 0,9 g/l, et ce, pour les deux types de lait.

Par ailleurs, une partie de la matière azotée soluble, non protéique, comprend de l'urée, des acides aminés et de petits peptides. La quantité d'urée, qui est liée à l'alimentation, est importante dans le lait de chèvre (0,3 à 0,4 g/l contre 0,2 g/l pour le lait de vache). Elle pourrait être défavorable à la transformation fromagère si elle augmente.

1.2. Matière grasse

Les lipides du lait sont assemblés sous forme de globules gras. La proportion de globules de diamètre inférieur à 3 μm est plus importante dans le lait de chèvre que dans le lait de vache. La matière grasse est présente essentiellement (96,8%) sous forme de triglycérides. La proportion d'acides gras à chaîne carbonée courte (de 4 à 10 atomes de carbone) est importante dans le lait de chèvre. Les principaux acides gras caractéristiques du lait de chèvre sont, comme leurs noms l'indiquent, l'acide caproïque (C6 : 0), l'acide caprylique (C8 : 0) et l'acide caprique (C10 : 0) qui représentent dans le lait de chèvre 2.9, 2.7

et 8.4 % respectivement (par rapport aux acides gras totaux du lait de chèvre) contre 1.6, 1.3 et 3% pour ces mêmes composés dans le lait de vache. En revanche, les deux acides gras responsables du goût typique chèvre sont l'acide 4 éthyl octanoïque (13 mg/g de matière grasse) et l'acide 4 méthyl octanoïque (80 mg/g de matière grasse). La matière grasse du lait donne au fromage son onctuosité et une partie de sa saveur (Pensuet et Toussaint, 1995 ; Mathieu, 1998 ; Chilliard et al., 2003). Les globules gras fixent les odeurs, rancissent et s'oxydent sous l'effet de l'acidité, la lumière, le cuivre, le sel, l'air et la chaleur (Mathieu, 1998). Cette matière grasse du lait peut être altérée par deux facteurs: les facteurs physiques tel que l'agitation mécanique et la chaleur (Charron, 1986 ; Institut de l'Élevage, 1998), et les facteurs biochimiques à travers la dégradation par les enzymes du lait ou les microorganismes de contamination. cette lipolyse entraîne la libération d'acides gras libres (Mahaut et al., 2000). Le lait de chèvre y est particulièrement sensible (Institut de l'Élevage, 1998), ce qui contribue au goût particulier des produits caprins (Chilliard et al., 2003) mais qui peut aussi provoquer des défauts de goût (rance, savon) (Mahaut et al., 2000).

1.3.Lactose

Le pourcentage de lactose est légèrement inférieur dans le lait de chèvre, étant d'environ 4.4 % comparativement à 4.8 % dans le lait de vache.

1.4. Matière minérale

Les valeurs moyennes comparées à celles de lait de vache montrent que le lait de chèvre est plus minéralisé. Les concentrations en calcium, phosphore, potassium et magnésium du lait de chèvre sont supérieures à celles du lait de vache, excepté pour le sodium. Par ailleurs, le rapport calcium / caséines est plus important dans le lait de chèvre et engendre des différences de comportement en fabrication fromagère (notamment des temps de prise plus courts pour le lait de chèvre que pour le lait de vache) mais aussi lors de traitements

thermiques : plus la teneur en calcium est importante, moins le lait est stable à de hautes températures (UHT).

Tableau 2. Eléments minéraux majeurs en mg/l du lait de chèvre en comparaison avec le lait de vache (Gueguen, 1996)

Minéraux	Lait de chèvre	Lait de vache
Calcium	1260	1200
Phosphore	970	920
Potassium	1900	1500
Sodium	380	450
Chlore	1600	1100
Magnésium	130	110
Calcium/Phosphore	1,3	1,3

Valeur nutritionnelle

De tous les laits animaux, le lait de chèvre est celui qui présente une composition nutritionnelle comparable à celle du lait de vache (Renner *et al.*, 1996). Les deux types de lait comportent environ 13 % de matières sèches. Les teneurs en protéines des deux laits sont comparables. Cependant, le lait de chèvre contient une quantité plus grande de caséine de type bêta alors que le lait de vache contient des quantités équivalentes entre les caséines alpha et bêta (Sylvain, 2004).

La matière grasse du lait de chèvre est différente que celle de lait de vache. Une particularité qui rend le lait de chèvre plus digeste. Le lait de chèvre contient deux fois plus de triglycérides à chaînes courtes et moyennes. Ces acides gras étant reconnus pour leur facilité d'absorption (Agathe, 2014 ; Sylvain, 2004).

Le lait de chèvre comporte près de deux fois plus de vitamine A que le lait de vache. Il se retrouve exclusivement sous forme de rétinol. Le rétinol s'avère être la forme

la plus active et la plus rapidement utilisable par le corps. La niacine joue un rôle

important dans l'utilisation des protéines, des glucides et des lipides. Le lait de chèvre en contient trois fois plus que le lait de vache et autant que le lait maternel. Le lait de chèvre renferme globalement plus de calcium, magnésium, potassium et phosphore que le lait de vache. Il possède, par le fait même, un grand pouvoir alcalinisant et un pouvoir tampon, ce qui contribue, entre autres, au maintien d'une bonne masse osseuse (Sylvain, 2004).

Valeur thérapeutique

L'apport de vitamines et de minéraux dits antioxydants passionne les nutritionnistes actuellement à cause des possibilités de réduire les risques de cancers, de maladies cardiovasculaires et de cataractes, pour ne parler que des maladies les plus fréquentes. À ce sujet, on peut noter que le lait de chèvre contient autant de sélénium que le lait maternel et deux fois plus de glutathion peroxydase que le lait de vache. Le sélénium qui est un métal nécessaire à l'activité enzymatique glutathion peroxydase (antioxydant qui agit conjointement avec le sélénium) (Sylvain, 2004 ; Desjeux, 1993).

La xanthine oxydase sert à la dégradation des purines. Ce qui entraîne une augmentation d'acide urique dans le sang. « Le lait de chèvre contient beaucoup moins de xanthine oxydase que le lait de vache, ce qui peut être utile dans les cas de goutte ou chez les personnes qui ont tendance à avoir un taux élevé d'acide urique dans le sang. » (Sylvain, 2004).

Dans les cas d'intolérance à la protéine laitière ou au lactose qui ne comporte aucun risque majeur pour la santé ou la vie du patient, le lait de chèvre pourrait être une alternative à essayer (Sylvain, 2004).

II. Transformation du lait de chèvre en fromage

La chèvre est aujourd'hui élevée dans plusieurs régions du globe pour son lait, qui est destinée principalement à la fabrication de fromages. Il existe des fromages de chèvre dans chaque famille de fromage, sauf pour la famille des pâtes pressées cuites qui nécessitent des provisions de lait beaucoup plus importantes. Mais une grande partie des fromages de chèvres sont de type pâte molle à croûte naturelle.

1. Etapes de fabrication de fromage de chèvre (Corcy 1991).

Depuis l'Antiquité, les grandes étapes de la fabrication des fromages de chèvre sont restées globalement les mêmes. Les innovations apportées au fil des siècles ont surtout servi à améliorer les qualités gustatives et les modes de conservation.

La fabrication de fromages, qu'ils soient fermiers ou fabriqués dans les fromageries, compte cinq étapes qui seront modulées en fonction du résultat souhaité.

Etape 1 : la coagulation ou le caillage du lait

Le lait cru ou pasteurisé, est ramené à une température de 18-19°C, il est additionné de ferments lactiques et/ou de présure. Sous l'action de ces agents coagulants, le lait se transforme en caillé. Cette étape du caillage dure environ 24 heures.

Etape 2 : Mise en moule du caillé

Cylindre allongé ou aplati, bouchon, pyramide, brique ou bûche, c'est le moulage qui donne au fromage sa forme définitive. Une manipulation traditionnellement effectuée à la louche.

Etape 3 : L'égouttage

Il consiste à retirer l'eau (le lactosérum) du caillé et à le rendre plus ferme. La quantité de lactosérum retenue dans le caillé suite à l'égouttage déterminera la fermeté et la texture du fromage. Cette étape dure 24 heures et dont le rôle sur la conservation du fromage est très important.

Etape 4 : Le salage

Il est effectué «à la volée» sur les fromages moulés ou bien se pratique dans la masse avant le moulage. Le sel aide à éviter la prolifération de micro-organismes impropres à la consommation. C'est à cette étape qu'on peut saupoudrer avec de la cendre de charbon végétal les fromages dits «cendrés».

Etape 5 : L'affinage

Cette étape ne concerne ni les fromages de chèvre frais ni les faisselles. Lorsqu'ils poursuivent leur maturation et affinent leurs saveurs, les fromages de chèvre sont disposés sur des grilles appelées claies dans une pièce fraîche maintenue à 10/11°C avec 80% d'hygrométrie, appelée le hâloir. Ils sont retournés fréquemment jusqu'à ce qu'une croûte se forme à leur surface. Ils peuvent se conserver de plusieurs semaines à plusieurs mois.

A noter que la texture du fromage de chèvre varie en fonction de la dose de présure utilisée pour la coagulation du lait. La présure est une enzyme sécrétée par les cellules de la quatrième poche de l'estomac des ruminants non sevrés, la caillette. Composé de chymosine (80%) et de pepsine (20%), la présure a pour propriété d'hydrolyser la caséine, entraînant ainsi la coagulation du lait, et de libérer des peptides qui jouent un rôle primordial dans l'affinage des fromages.

Le mode de fabrication «lactique» concerne entre 80 et 85% des fromages de chèvre aujourd'hui, soit tous les fromages de chèvres frais et affinés.

- Pour obtenir lentement un caillé de lait, on ajoute peu de présure (environ une goutte par litre de lait) et plus de ferments lactiques,

- Le caillé «mixte» est utilisé pour 10 à 15% des produits, en majorité des chèvres-boîtes (Fromages de chèvre, fabriqués en Poitou Charentes qui ressemblent à des camemberts) avec trois fois plus de présure qu'en mode lactique, on obtient un caillage plus rapide.

- Pour fabriquer des fromages à pâte pressée tels que les tommes de chèvre, on utilise six fois plus de présure qu'en mode lactique. Cela peut varier d'un atelier de transformation à l'autre.

2. Aptitude à la coagulation du lait de chèvre

La valeur fromagère d'un lait repose sur deux notions différentes : l'aptitude du lait à être transformé en fromage et celle à donner un produit fini aux caractères organoleptiques recherchés (Remeuf, 1994).

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

Ces paramètres : le temps de coagulation, la vitesse d'organisation du gel et sa fermeté maximale, ainsi que la vitesse et l'importance de la synérèse ; sont principalement influencés par quatre caractéristiques propres au lait qui sont la teneur en caséines, la concentration en calcium et en phosphate de calcium, le pH, la dimension des micelles. Interviennent,

également, de façon significative, d'autres facteurs, tels que les proportions relatives des différentes caséines dans les micelles, et la nature des variant génétiques de celles-ci.

Globalement, le lait de chèvre a un plus faible rendement fromager en comparaison au lait de vache, à cause d'une plus faible teneur en protéines, à des proportions de caséines différentes et à la taille des micelles qui sont plus grosses.

Le lait de chèvre comprend au même titre que celui de vache, une association complexe des quatre caséines α_{s1} , α_{s2} , β et κ en suspension micellaire mais dans des proportions différentes. Ainsi, l'abondance de la caséine α_{s1} observée dans le lait de vache est fortement réduite dans le lait caprin. Inversement, la concentration de la fraction caséinique α_{s2} est plus élevée dans le lait caprin. Cependant, Il existe une forte variabilité individuelle de la teneur en caséine α_s dans le lait de chèvre qui, selon Grosclaude et al. (1987, 1994) et Mora-Gutierrez et al. (1991), est liée à l'existence d'un polymorphisme génétique. La part de la caséine β importante dans le lait de vache, est majeure pour les laits de chèvre. Les proportions de la caséine κ sont particulièrement plus élevées dans le lait caprin (Boulanger et al., 1984; Ould eleya et al., 1995). Le **tableau 1** montre la distribution des différentes fractions des caséines des laits de vache, de chèvre.

Au niveau ultra structural, les micelles de caséine de la plupart des espèces apparaissent très semblables (Mora-Gutierrez, 2007). Cependant les micelles caprines présentent des caractéristiques qui les distinguent nettement des micelles bovines, notamment au plan de la dimension, de la minéralisation et de l'hydratation micellaire (**Tab. 3**).

Les micelles caprines présentent un degré de minéralisation phosphocalcique élevé, ce qui entraîne l'établissement de liaisons protéines-minéraux plus important et le renforcement de la cohésion micellaire. Parallèlement, la réduction du nombre de sites de fixation

disponibles pour les molécules d'eau se traduit par un degré d'hydratation moindre à celui de la micelle bovine (Raynal- Ljutovac et al.,2007).

En ce qui concerne les dimensions micellaires, les micelles caprines ont une taille moyenne nettement supérieure à celle des micelles bovines (Brulé et al., 1997).

Tableau 3. Caractéristique micellaires comparées des laits de vache et de chèvre (Remeuf et al., 1991 , 1989 ; Pelligrini et al., 1994)

		Vache	Chèvre
Proportions relatives des caséines (% totales)	$\alpha_{s1} + \alpha_{s2}$	48	27
	$\beta + \gamma$	40	55
	κ	12	18
Diamètre moyen des micelles (nm)		175	255
Degré d'hydratation micellaire (g eau/g MS)		1.9	1.75
Minéralisation des micelles (mg/g)	Calcium/caséines	29	36
	Phosphore inorganique/caséines	12	15

Les micelles bovines ont une distribution de taille poly-disperses allant de 50 à 500 nm avec un diamètre moyen qui se situe autour de 150 et 200 nm (Dalglish et Corredig 2012). Il est bien établi que la composition des micelles du lait de vache détermine leurs dimensions. Aussi, le diamètre moyen est inversement proportionnel au contenu de la micelle en caséine κ . Quoique le contenu en calcium et en phosphore micellaire augmente avec l'augmentation du diamètre micellaire, il ne contrôle pas la taille des micelles. La quantité de caséine κ est le facteur déterminant (Marchin et al., 2007).

Corrélativement et dans le lait de chèvre, des études ont montré que les micelles caprines ont une distribution de taille large, avec des particules de 40 nm de diamètre et

d'autres, dont le diamètre moyen dépasse 250 nm (Richardson et al., 1974). Les dimensions micellaires seraient selon Remeuf et al. (1989) liées aux proportions relatives des caséines α_s et β par l'intermédiaire du rapport α_s/β . Ainsi, la détermination de la taille des micelles de caséine dans deux laits provenant de chèvres de génotype différent par la caséine α_{s1} , a montré que le diamètre moyen des micelles dans le lait exempt de caséine α_{s1} était de 280 nm, alors que le lait riche en caséine α_{s1} était de 199 nm, soit une valeur inférieure de 29% à la première. Le lait exempt de caséine α_{s1} a une large dispersion des volumes micellaires de 20 à 270 nm et une grande proportion de la caséine à l'état de grosses micelles. Au contraire, le lait à forte teneur en caséine α_{s1} présentait une répartition uni-modale nette, qui se démarque fortement de l'autre lait. L'analyse chimique des laits (caséine totale, caséines individuelles, minéraux totaux, solubles) ne montrait aucune différence notable entre les deux, si ce n'est la présence de caséine α_{s1} dans l'un d'eux. Ces résultats ont conduit les auteurs à conclure que le type de caséine α_{s1} a un effet marqué sur les dimensions des micelles de caséine (Remeuf, 1993; Pierre et al., 1995).

Par ailleurs, les pourcentages des protéines, caséines et matière grasse dans le lait se sont révélés des caractères relativement héréditaires. La sélection sur la base du TP, TB et le variant génétique α_{s1} avait permis d'améliorer l'aptitude fromagère des laits caprins.

3. Grandes variétés de fromage de chèvre

Il existe de nombreuses classifications des fromages de chèvre qui diffèrent entre elles selon le critère de classification retenu : le type de coagulation, la technique de fabrication, le mode d'affinage, la forme et la consistance des fromages, L'aspect extérieur, la couleur, la présence ou non de moisissures, la composition en lait de mélange, la zone géographique ...

La classification des fromages de chèvre la plus couramment retenue est basée sur le type de coagulation (lactique ou présure) et le type de pâte des différents fromages. Cette classification est inspirée de la classification de Lenoir pour les fromages au lait de vache mais adaptée aux fromages de chèvre (**Fig. 2**).

Globalement, les fromages de chèvre présentent une pâte fraîche, ou une pâte molle à croute fleurie, et à l'occasion une pâte dure. Ils sont plus blancs que les fromages de vache, et de saveur plus prononcée. Le fromage de chèvre est généralement humide et lisse, l'intensité de sa saveur dépend de la race et de l'alimentation de l'animal, de la saison et de ses procédés de Fabrication (**Fig. 3**). Les fromages de chèvre sont souvent très salés, afin de prolonger leur durée de conservation

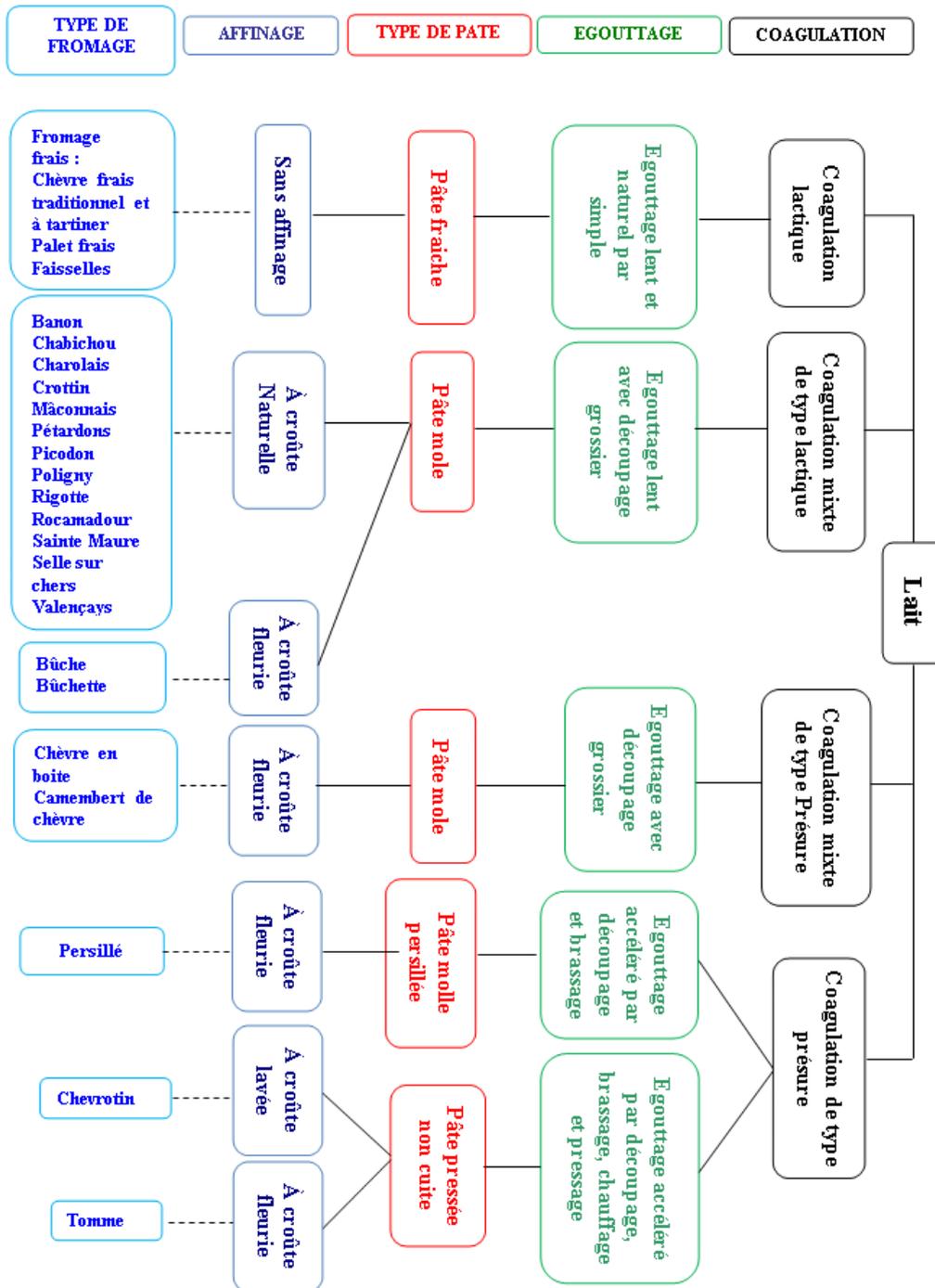


Figure2. Classification des fromages de chèvre en fonction du type de coagulation et du type de pâte d'après Corcy(1991).



Figure 3. Représentation des principaux fromages de chèvre

4. Particularités de l'élevage laitier fromager caprin en Algérie

Le cheptel caprin Algérien est très hétérogène et composé par des animaux de population locale à sang généralement Nubien. Outre les populations locales, il existe aussi des populations introduites, et des populations croisées.

4.1 Population local :

❖ L'Arabia

La plus dominante de ces populations est la chèvre arabe dite population Arabo maghrébine. Elle se localise en zones steppiques ou semi steppiques et présente un format peu développé, brun foncé et dépourvue de corne. Au niveau phénotypique, elle manifeste des caractères plus homogènes: Robe noire à long poils, pattes blanches au dessus du genou, raies blanches et fauves sur le visage, tâches blanches à l'arrière des cuisses. Cet animal est parfaitement adapté aux contraintes des parcours et semble posséder de bonnes aptitudes de reproduction.

La chèvre est principalement élevée pour la viande de chevreaux même si son lait, produit en faible quantité, représente un intérêt indéniable (Tejani, 2010).

❖ Chèvre KABYLE

De petite taille, elle peuple abondamment les massifs montagneux de la Kabylie, des Aurès et du Dahra. Son poil est long, de couleur généralement brun foncé, parfois noir, la tête de profil courbé est surmontée de cornes (Mami, 2013).

Dite aussi «naine de Kabylie», elle est surtout appréciée pour sa viande qui est d'une très bonne qualité, ceci contrairement à sa production laitière qui est médiocre et parfois très faible. Néanmoins, en plus de sa production carnée, son point fort est la longueur de son pelage qui offre un poil pur, généralement de couleur brun à noir (Kebbab, 2016).



Figure 4 : La chèvre a : Arabia, b : Makatia, c : M'Zab, d : Kabyle (Benyoub, 2016)

❖ Chèvre MAKATIA

La chèvre MAKATIA présente un corps allongé à dessus droit, chanfrein légèrement convexe chez quelques sujets, robe variée de couleur grise, beige, blanche et brune à poils ras et fin, longueur entre 3-5 cm. La tête est forte chez le mâle, et chez la femelle elle porte des cornes dirigées vers l'arrière, possède d'une barbiche et deux pendeloques (moins fréquentes) et de longues oreilles tombantes qui peuvent atteindre 16 cm. Le poids est de 60 kg pour le mâle et 40 kg pour la femelle, alors que la hauteur au garrot est respectivement de 72 cm et 63 cm (Benyoub, 2016).

❖ Chèvre M'ZAB

Dénommée aussi « la chèvre rouge des oasis ». Elle est originaire de Metlili ou Berriane, et se caractérise par un corps allongé, droit et rectiligne, la taille est de 68 cm pour le mâle, et 65 cm pour la femelle, avec des poids respectifs de 50 kg et 35 kg. La robe est de trois couleurs : le chamois qui domine, le brun et le noir, le poil est court (3- 7Cm) chez la majorité des individus, la tête est fine, portent des cornes rejetées en arrière lorsqu'elles existent, le chanfrein est convexe, les oreilles sont longues et tombantes (15 cm) (Hellal, 1986). Cette race est très appréciée dans l'Est méditerranéen pour ses capacités laitières et sa fertilité (Tedjani, 2010).

Selon les chiffres représentés dans le tableau 5, la chèvre Mozabite est la plus forte laitière produisant 460 Kg du lait par lactation qui dure 180 jours. Elle a aussi les taux de fécondité et de prolificité les plus élevés par rapport aux autres chèvres locales. En revanche, La chèvre Mekatia est la plus faible laitière (80 Kg du lait par lactation).

4.2 La population introduite:

Plusieurs races performantes tels que: Saanen, Alpine et Maltaise ont été introduites 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**).

❖ La Saanen

Originnaire de la vallée de Saane en Suisse, sa zone d'élevage principale est le sud-est. C'est une chèvre robuste, possédant une bonne charpente osseuse. La femelle pèse de 50 à 90 kg pour 70 à 85 cm et le mâle pèse 80 à 120 kg pour 90 cm à 1 m. Sa robe est uniformément blanche, le poil ras (photo 3). La tête, avec ou cornes, avec ou sans barbiches, comporte un front large et plat. Le mufle est large lui aussi. Les oreilles sont portées à l'horizontale ou légèrement dressées. La mamelle, très large à sa partie supérieure, est globuleuse (De Simiane, 1995). C'est la race la plus représentée en Algérie, puisque elle fut importée massivement. C'est une race rustique, réputée docile et solide. Elle s'adapte à tout type d'élevage, intensif si nécessaire. De plus les chevrettes sont précoces et elles donnent souvent deux chevreaux par an (Babo, 2000). Par contre, son lait est un peu moins riche que celui de l'Alpine. La Saanen produit 757 kg de lait pour une lactation de 268 jours en moyenne (Institut de l'élevage, 2003b), son TP est de 30,6 g/kg, et son TB de 33,6 g/kg. Le lait pour le fromage est le premier débouché de la Saanen. Mais contrairement à l'Alpine, les chevreaux sont bien mieux valorisés pour leur chair et leur peau. C'est ce qui fait que cette race est sûrement la plus rentable de toutes (Babo, 2000).). La quantité de lait produite par chèvre est de 757 kg en moyenne, sur une période de 268 jours. Le TP moyen est de 30,6 g/kg et le TB de 33,6 g/kg.

❖ L'Alpine

Comme son nom l'indique, cette chèvre est originaire des Alpes. La femelle mesure 70 à 80 centimètres (cm) au garrot pour 50 à 70 kg tandis que le bouc mesure 90 cm à 1 mètre pour 80 à 100 kg. La robe la plus répandue est la « chamoisée », avec pattes et raie dorsale noires (photo 2). La tête est cornue, avec ou sans barbiches. Le port des oreilles est dressé, le front et le museau sont larges et le profil de la tête est concave. La mamelle est volumineuse, souple, avec de bonnes attaches avant et arrière (De Simiane, 1995). Elle supporte bien les différentes formes d'élevage, en stabulation, en semi-plein air ou carrément en plein air (Babo, 2000). La quantité de lait produite par chèvre est de 752 kg en moyenne, sur une période de 268 jours, et peut atteindre assez fréquemment 1000 kg. Le TP moyen est de 31,8 g/kg et le TB de 35,7 g/kg. Par son effectif, on attribue à l'Alpine une grande variété de fromages dont le Valençay et le Chabichou sont les plus connus (Babo, 2000).

❖ La race Maltaise

Dite aussi la chèvre de Malte. Elle est rencontrée dans les régions des littoraux d'Europe, a un format moyen et une robe généralement blanche à poils longs. Sa tête est longue, a profil droit, et souvent sans cornes avec des oreilles tombantes. C'est une bonne productrice de lait. Ainsi, elle serait à la base de certaines chèvres laitières d'Italie, d'Afrique du Nord et même de Grèce (Holmes *et al.*, 1966).

4.3 -La population croisée :

C'est le résultat de croisement entre les races standardisées, tel que la race Mekatia ou Beldia qui se localise surtout dans les hauts plateaux. Elle se caractérise par un corps allongé, une

robe polychrome (grise, beige, blanche, brune) à poils ras et fins, et des oreilles tombantes. Sa production laitière est bonne (**Bey et Laloui, 2005**).

MATERIEL ET METHODES

1. Origine du lait Caprin

Le lait de chèvre « Saanen » ayant servi de matière première pour les essais fromagers est un lait de mélange des deux traites de la veille (matin et soir) provenant de trois fermes : la ferme Afir (boumerdes) la ferme de Makouda (Tizi ousou) et la ferme Mizrana (Tizi Ouzou). Le lait a été livré le soir puis conservé dans un tank à 4°C avant d'être pasteurisé le matin du jour de fabrication.

Pour chaque lait mis en transformation, un échantillon est prélevé afin de déterminer les paramètres physico-chimiques et la composition chimique.

2. Essais fromagers

Deux types de micro-fabrications ont été réalisés : la fabrication de type pâte fraîche opérée sur 3 jours (24-26 Mars et 06 Avril 2019) et la fabrication de type pâte pressée (Edam) réalisée sur 2 jours pendant deux semaines (09-15 Avril 2019).

Chaque jour de fabrication, le lait est d'abord écrémé puis transformé. Le protocole de chaque type d'essai fromager est représenté sur les figures 3 et 4.

3. Méthodes d'analyses

4. Les échantillons du lait de cuve utilisés pour les différentes fabrications fromagères ont été prélevés avant l'ajout des ferments lactiques et de présure. L'analyse du sérum et du caillé a été effectuée après démoulage à la fin de l'égouttage et après pesés du caillé et du sérum.

3.1. Analyses physico-chimique du lait, du lactosérum et du caillé (AFNOR, 1980)

3.1.1. Le pH

Le pH du lait est mesuré à 20°C à l'aide d'un pH mètre HI 9025 (Hanna Instruments, Vila do Code, Portugal).

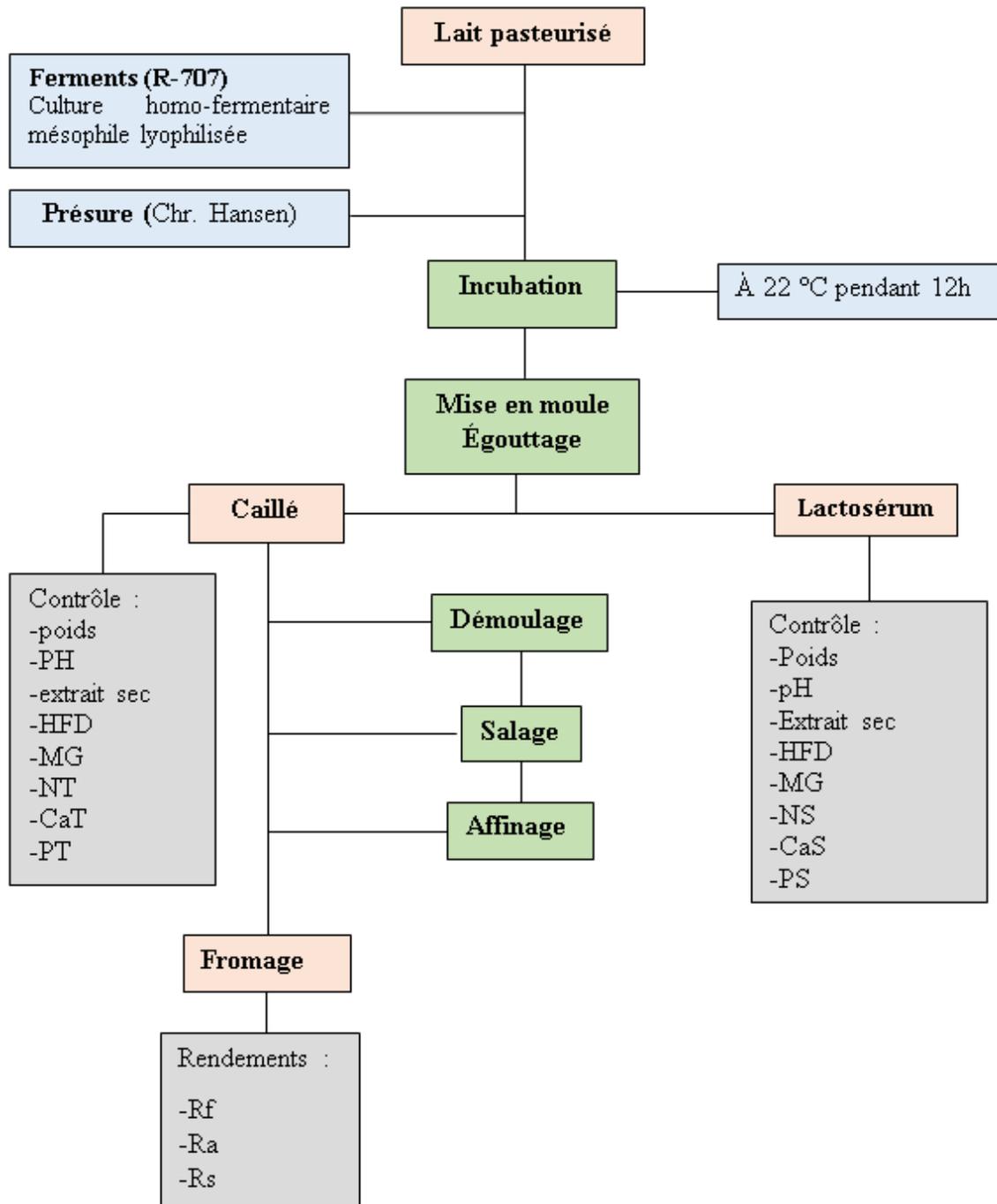


Figure 5. Diagramme de micro-fabrication type « pâte fraîche »

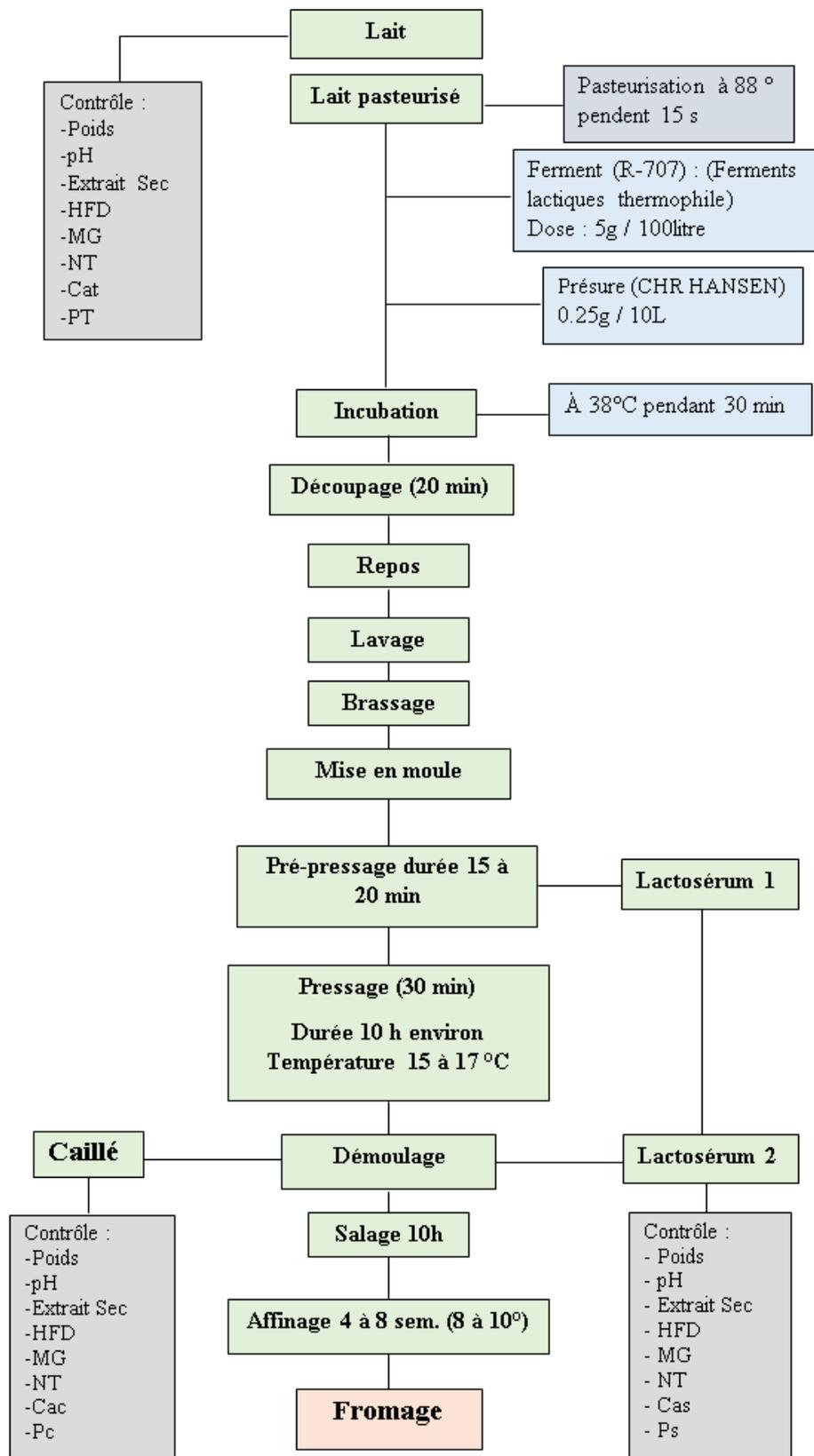


Figure 6. Diagramme de micro-fabrication type « EDAM »

4.1.1. L'acidité titrable

L'acidité du lait est déterminée par titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium (N/9) en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

Un échantillon de 10 ml de lait est placé dans un bécher de 100 ml en présence de deux gouttes phénolphtaléine. La soude est ajoutée à la burette jusqu'au début de virage au rose de l'échantillon.

L'acidité est donnée par lecture directe de la chute de burette (nombre de ml de soude versée) et elle est exprimée en degré Dornic.

4.1.2. La densité

La densité du lait est définie comme le quotient de la masse d'un volume de lait sur le même volume d'eau, à 20 °C.

Elle est déterminée à l'aide d'un lactodensimètre qu'on introduit dans une éprouvette de 250 ml remplie de lait.

La densité est donnée par lecture directe de la graduation. Si la température du lait au moment de la mesure est supérieure ou inférieure à 20 °C, une correction de la lecture doit être faite de la façon suivante :

- Si la température est supérieure à 20 °C, augmenter la valeur de la densité lue de 0.2 par degré de au-dessus de 20 °C.
- Si la température est inférieure à 20 °C, diminuer la valeur de la densité lue de 0.2 par degré de au-dessous de 20 °C.

4.1.3. La matière sèche

La détermination de la matière sèche est basée sur la dessiccation par évaporation d'une quantité de produit (**2.5 g de lait / lactosérum, 1.5 g de caillé**) jusqu'à obtention d'une masse constante.

La dessiccation est réalisée à l'aide d'un dessiccateur automatique muni d'une balance intégré, réglé à une température de 90°C et à une humidité de 100%.

Le résultat s'affiche après un bip sonore indiquant la fin de la mesure. Il est exprimé en pourcent en masse (g/100g).

3.2. Composition du lait, du sérum et du caillé

Les teneurs en matière grasse, en protéines et en minéraux (calcium, phosphore) ont été déterminées conformément aux protocoles décrits dans les normes de l'Association Française de Normalisation (AFNOR, 1986).

3.2.1. La teneur en matière grasse (taux butyreux)

Le taux butyreux est déterminé par la méthode acido-butyrométrique (méthode Gerber). Elle consiste en la séparation de la matière grasse de l'échantillon (11 ml de lait / lactosérum, 3 g de fromage ou de caillé) par centrifugation dans un butyromètre approprié (butyromètre Gerber pour le lait et le sérum, butyromètre de Van Gulik pour le fromage ou caillé) obtenu après dissolution des protéines par l'acide sulfurique. La séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool amylique.

La teneur en matière grasse (exprimée en g/kg ou en g/l) obtenue par lecture directe de la différence de niveaux atteints par la couche de matière grasse sur l'échelle du butyromètre.

3.2.2. La teneur en matière azotée totale et des fractions azotées

Le dosage des protéines, de caséines et des protéines sériques du lait a été effectué selon les conditions décrites par Remeuf et al.(1989).

La teneur en azote total (AT), en azote soluble (AS) et en azote non protéique (ANP) a été déterminée par la méthode Kjeldahl (AFNOR, 1980) dont le principe consiste à transformer l'azote organique contenu dans l'échantillon en azote minéral (ammoniac), par minéralisation à 400 °C des échantillons, suivi d'une distillation à la vapeur.

Les différentes fractions azotées étaient préparées selon le protocole préconisé par Rowland (1938). Les teneurs en protéines et caséines, exprimées en g de protéines par litre de lait, sont calculées à partir des valeurs en azote protéique (AT-ANP) et azote caséique (AT-AS) corrigées par le facteur de conversion 6,38.

Le protocole de cette méthode passe par trois étapes :

a-Minéralisation

Dans des matras de KJELDAHL, introduire environ 15 g de sulfate de potassium anhydre K_2SO_4 et 1 g de sulfate de cuivre $CuSO_4$;

- Ajouter dans le premier matras 3 g d'échantillon ;
- Ajouter 25 ml d'acide sulfurique pure ;
- Effectuer un essai à blanc, en utilisant 1 g de saccharose comme prise d'essai ;
- Placer les matras dans le minéralisateur pendant 3 h à 350 °C jusqu'à obtention d'une solution verdâtre limpide.

b-Distillation et dosage de l'ammoniac

- Après refroidissement des minéralisâtes, ajouter avec précaution 90 ml d'eau

distillée dans chaque matras ;

- La neutralisation est réalisée avec 80 ml d'une solution d'hydroxyde de sodium

NaOH à 32 %

- Placer la fiole au distillateur et l'allonge qui termine le dispositif dans une fiole conique contenant 80 ml d'acide borique H₃SO₄ à 2 % et 1ml de l'indicateur mixte

(0,2 g rouge de méthyle et 0,1 g bleu de méthylène dans 100 ml éthanol à 95 %) ;

- Après distillation ; tirer le distillat avec l'acide chlorhydrique à 0,1 N.

3.2.3. La teneur en calcium et en phosphore

Le dosage des différentes formes de calcium (Ca total, Ca soluble) et de phosphore inorganique (Pi total et Pi soluble) sur les cendres obtenus par incinération du lait et du sérum selon les conditions décrites par Remeuf et al.(1989).

- Les Cendres

On entend par cendres du lait (du sérum,du caillé), le produit résultant de l'incinération de la matière sèche du lait par Chauffage dans un four à moufle à 530 °C ± 20°C jusqu'à disparition des particules charbonneuses.

Environ 2,5 g de caillé ou 10 ml de liquide (lait ou lactosérum) étaient pesés dans des creusets en porcelaine préalablement séchés à l'étuve à 150°C pendant 30 min. La masse des creusets vide était notée m_0 et celle des creusets contenant les échantillons m_1 . Les creusets étaient ensuite placés à l'étuve à 150 °C pendant une nuit puis minéralisés au four à 550 °C pendant 5 h et refroidis dans des dessiccateurs à température ambiante. La masse des coupelles contenant les cendres était notée m_2 . La teneur en cendres des échantillons était calculée sur la base de la formule :

$$\text{Teneur en cendres} = (M_2 - M_0)/(M_1 - M_0) \times 100$$

Le dosage des minéraux dans les caillés était réalisé sur les cendres récupérées dans 1 ml d'acide chlorhydrique 1 mol/L et traitées tel que pour le lait et le lactosérum

- **Le calcium**

Le calcium a été dosé par un photomètre à flamme. Sa fraction totale (CaT) était déterminée sur le lait et sa fraction soluble (CaS) sur le filtrat (sérum) obtenu de l'action du TCA (12%) sur le lait. Une gamme étalon a été établie avec une solution de CaCl_2 contenant 1g Ca/ L de solution.

- **Le phosphore**

La teneur en phosphore total et soluble a été déterminée à l'aide d'une méthode colorimétrique basée sur la formation, en milieu acide, d'un complexe coloré de phosphomolybdate d'ammonium. La DO est mesuré à 630 nm. Une gamme étalon a été établie avec une solution de dihydrogène phosphate de potassium (KH_2PO_4) contenant 1g de phosphore /l (solution 1000 ppm)

3.2.4. La teneur en lactose

Le lactose contenu dans le lait est déterminé par un appareil de dosage par absorption dans le moyen infrarouge. Une quantité de lait de 10 ml est placée dans une cellule de mesure puis analysé au moyen d'une unité optique.

4. Evaluation des essais de fabrication de fromages

4.1. Bilan de fabrication

Lors de la fabrication fromagère, le bilan matière est utilisé pour vérifier l'efficacité du procédé de fabrication et la répartition des matières à l'issue des fabrications. Il permet d'estimer les pertes de matière qui sont liés à la qualité du lait. Il égale à :

$$\text{Matière brute (\%)} = \text{Entrée (poids L)} - \text{Sorties (poids C + poids S)}$$

Avec : Poids_L (%) : poids du lait

Poids_C (%) : poids du caillé

Poids_S (%) : poids du lactosérum

Le bilan des constituants du lait se calcule suivant la formule suivante :

Bilan X =Ecart (bilan sortie – entrée de X) x100/teneur globale (X en kg)

4.2. Rendements fromagers et coefficient de récupération

Les rendements de fabrication (rendements en frais (RFf) et en matière sèche (RFs)) et les coefficients de récupération de matière (Cr) étaient calculés à partir des données de suivi de fabrication et des résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les laits de fabrication et les caillés et lactosérums obtenus à l'issue des fabrications.

Le RFf du fromage frais correspond au rapport de la masse du caillé obtenu (m caillé) après égouttage sur la masse de lait (m lait) mise en œuvre dans la fabrication. Le rendement fromager en frais du fromage Edam correspond au rapport de la masse du caillé obtenu (m caillé) après pressage sur lamasse de lait (m lait) mise en œuvre dans la fabrication. Il est exprimé en pourcentage.

RFf =m caillé (kg)/m lait (kg) x 100

Le rendement fromager en matière sèche (RFs) prend en compte les teneurs en EST du lait, caillé et lactosérum. Il est également exprimé en pourcentage.

RFs =[EST lait (g/kg) – EST lactosérum (g/kg) /EST caillé (g/kg) EST lactosérum (g/kg)] x 100

Le Cr d'un élément correspond au rapport de la masse de l'élément dans le caillé sur lamasse de l'élément dans le lait. Il est exprimé en pourcentage. Soit A l'élément considéré :

$$\text{Cr} = [\text{Teneur en A dans le caillé}(\text{g/kg}) \times \text{mcaillé} (\text{g/kg}) / \text{Teneur en A dans le lait} (\text{g/kg}) \times \text{lait} (\text{g/kg})] \times 100$$
$$\text{Cr} = \text{MG f} \times \text{Q f} / \text{MG l} \times \text{Q l} (\text{g/kg})$$

L'humidité du fromage dégraissé (HFD) peut également être calculée pour apprécier la disponibilité de l'eau dans les caillés et caractériser les fabrications du point de vue technologique. Il est exprimé en pourcentage.

$$\text{HFD} = 100 - \text{EST du fromage} (\%) / 100 - \text{MG du fromage} (\%) \times 100$$

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Caractérisation des conditions d'élevage

Les paramètres	La ferme d'Afir	La ferme de Makouda	La ferme de Mizrana
Emplacement	Commune de Afir , daïra de Dellyse, wilaya de boumerdes	Commune de Makouda , wilaya de Tizi Ouzou	Commune Mizrana, wilaya de Tizi Ouzou
Superficie « m ² »	320	420	480
Effectif globale	78	90	62
Chèvre en lactation	32	50	40
La race	Saanen	Saanen	Saanen
Mode de conduit	Extensif	Extensif	Extensif
Mode de collecte de lait	Mécaniquement	Mécaniquement	Manuelle
Nombre de traites par jour	2	2	2
La quantité de lait produite par chèvre	2-4 litres par jour	2-4 litres par jour	2-4 litres par jour

2. Caractérisation de la composition du lait de chèvre « Saanen »

La composition globale du lait de chèvre (tableau 4) présente une teneur moyenne en matière sèche de 124 g/kg. La teneur en protéines est de 25.37 g/kg, dont la fraction de caséine n'est que de 19.3 g/ kg et la fraction de protéines solubles est de 6.06 g/kg. Ces valeurs sont situées à la limite inférieure de la fourchette avancée par plusieurs auteurs (Le

jaouen, 2004 ; Gauzère, 2011) pour les races caprines du pourtour méditerranéen. La Saanen produit un lait d'une teneur protéique de 30,6 g/kg. Ces résultats montrent la pauvreté relative en protéines du lait de chèvre Saanen produit dans ces trois exploitations caprines.

Pour ce qui est de la matière grasse, les teneurs enregistrées varient entre 35 et 49 g/kg. Ces résultats sont comparables à celles citées par différents auteurs. Ainsi, Leroux et al. (2013) soulignent que le lait de chèvre contient une moyenne de 35 g/l de MG. Mayers et Fiechter (2012) rapportent un taux de 36.7 g/l de MG pour le lait de chèvre. Cependant, Morgan et al. (2003) soulignent qu'il existe une très grande disparité de composition des laits de chèvre suivant leur origine géographique. En effet, la teneur en MG du lait de chèvre provenant de la Grèce est nettement plus élevée que celle du lait collecté en France : 51.4 g/kg contre 36.5 g/kg. Tandis que le lait de chèvre collecté au Portugal présente une teneur intermédiaire avec 42.7 g/kg.

Tableau 4. Composition moyenne des laits de chèvre(en g/kg)

Paramètres	Les échantillons de fromage frais			Les échantillons de fromage edam	
	E1	E2	E3	E4	E5
<i>Acidité</i>	17	17	24	16	19
<i>pH /lait</i>	6.43	6.49	6.04	6.4	6.32
<i>Densité</i>	1029	1032	1029	1027	1030
<i>Matière sèche</i>	127	131	117	122	122
<i>Matière grasse</i>	35	43	36	49	41
<i>Protéines</i>	25.46	25.43	25.88	25.24	24.72
<i>Caséines</i>	19.4	19.6	19.9	19.13	18.4
<i>Protéines solubles</i>	6.06	5.84	6.00	6.11	6.30
<i>Lactose</i>	41.3	51.3	53.6	47.3	52.6
<i>Minéraux</i>	7.03	9.23	9.54	8.25	10.28
<i>Calcium total</i>	1.13	0.965	1.13	0.930	0.943
<i>Calcium colloïdal</i>	0.96	0.94	0.93	0.91	0.92
<i>Phosphore total</i>	1.03	1.08	1.03	1.00	1.07
<i>Phosphore colloïdal</i>	0.77	0.78	0.77	0.82	0.88

La teneur moyenne en lactose est de 49 g/kg. Néanmoins, nous soulignons une grande variabilité de la teneur de ce constituant dans le lait.

La teneur en minéraux du lait de chèvre est d'environ 9 g/l. La teneur en calcium et en phosphore sont respectivement de 1.02 et 1.04 g.kg en moyenne. Ces valeurs ne concordent pas avec les résultats rapportés par la bibliographie, en l'occurrence Le frileux et al. (2009) qui rapporte une teneur en calcium 1,14(g / kg) et 0,87 (g / kg) pour le phosphore. Toujours selon cette équipe de recherche, la composition physico-chimique du lait au niveau des fractions azotées et la composition minérale varie avec les variations de la teneur azotée de l'alimentation.

Néanmoins, les valeurs de pH et d'acidité enregistrés montrent que la qualité hygiénique du lait est moyenne. En effet, le pH du lait collecté qui est entre 6 et 6.4 est relativement bas et l'acidité qui lui correspond est élevée.

3. Evaluation de l'aptitude à la transformation fromagère du lait de chèvre « Saanen » produit localement

3.1. Fabrication de fromage et bilans matière

Les fabrications de caillés, réalisées en triple et de façon indépendante pour le fromage frais, étaient effectuées sur des poids moyen de 4,5 kg de lait de chèvre à 3.8% de MG et 12.5% d'EST. Parallèlement, les fabrications de caillés de fromage pressé type Edam sont réalisées en double et de façon indépendante sur un poids moyen d'environ 7,5 kg de lait de chèvre à 4.5% de MG et 12% d'EST.

Au cours de chaque fabrication, les laits, caillés et lactosérums étaient pesés puis des échantillons étaient prélevés en vue de les analyser sur le plan physico-chimique (EST, MP et MG).

Résultats et discussions

Les tableaux 5 et 6 montrent les masses et les teneurs en EST, MP et MG des laits, caillés et lactosérums, ainsi que le bilan matière brute et le bilan des principaux constituants des deux types de fabrications fromagères réalisées.

Le bilan matière consiste à comparer, en poids et composition, le lait mise en œuvre qui constitue les entrées et les produits issus de la fabrication (caillé et lactosérum) qui constituent les sorties. Il permet d'estimer les constituants du lait entrant en fabrication et qu'on ne retrouvera ni dans le caillé, ni dans le lactosérum. En conséquence, le bilan matière est un moyen de vérifier le déroulement de la fabrication par le calcul des pertes de fabrication.

Tableau 5. Caractéristiques physico-chimiques des laits, caillés et lactosérums des trois (3) expérimentations indépendantes de fromage frais.

Fabrication de fromage frais	Poids (kg)	EST (g/kg)	ESD (g/kg)	MG (g/kg)	MP (g/Kg)
Fabrication 1					
Lait	4.33	126,8	91,8	35	25.46
Caillé	0.57	313,2	174,2	139	148
Sérum	3.63	62.9	58.9	4	6.06
Bilan matière (%)	-3.00	-25.5	-20.15	-38.25	-3.81
Fabrication 2					
Lait	4,88	131,4	88,4	43	25.43
Caillé	0,92	366,3	187,3	179	107
Sérum	3,88	79	75	4	5.80
Bilan matière (%)	-1.64	0.31	7.42	-14.28	-2.42
Fabrication 3					
Lait	4.56	116,9	80,95	36	25.88
Caillé	0.83	333,4	164,4	169	106.3
Sérum	3.64	75.8	66.8	9	6.18
Bilan matière (%)	-1.97	3.75	2.71	5.49	-5.93

Tableau 6. Caractéristiques physico-chimiques des laits, caillés et lactosérums de deux expérimentations indépendantes de fromage Edam

Fabrication EDAM					
Fabrication EDAM 1					
	Poids (kg)	EST (g/kg)	ESD (g/kg)	MG (g/kg)	MP (g/Kg)
Lait	8.060	122,1	73.14	49	25.24
Caillé	0,728	358.9	169.9	189	219
Sérum 1	2.170	80.13	64.13	16	8,60
Sérum 2	7.375	43.53	29.53	14	6,11
Sérum théorique	7.375	80.13	65.13	15	6,11
Bilan matière (%)	0.53	-13.41	2.54	-37.47	0.49
Fabrication EDAM 2					
Lait	6.715	122.2	81.2	41	24,72
Caillé	0.910	403.4	201.42	201.98	131.32
Sérum 1	1.575	77.13	61.13	16	10,7
Sérum 2	4.705	79	64	15	6,22
Sérum théorique	5.7	85.3	69.3	16	9,87
Bilan matière (%)	-1.56	4.02	6.05	0.07	6.06

Les pertes de matière sont liées essentiellement soit

-au process, plus particulièrement à la qualité de la matière première (composition du lait, contamination) ou bien aux rétentions de matière dans l'équipement de fabrication.

- aux pertes accidentelles non prévues comme les erreurs de manipulation (conditions opératoires et analyses).

Les bilans matière effectués sur les 3 fabrications de fromages frais sont équilibrés au vue de la perte de matière brute qui est faible et qui varie entre 1.5 et 3 %. Ce résultat démontre la bonne reproductibilité du protocole de fabrication de ce type de fromage. La répartition des constituants laitiers entre les caillés et lactosérums indique une bonne rétention des protéines dans les caillés. En contrepartie la perte en matière grasse est importante particulièrement dans le premier essai de fabrication.

Parallèlement, les bilans ‘Entrée - Sortie’ des principaux constituants ne sont pas similaires dans les deux fabrications de pâte pressée type EDAM. Le comportement fromager du lait en ces deux Micro-fabrication présente d’importantes variations et la rétention de la MG et de l’EST dans le caillé est plus élevé pour le second essai de fabrication. Ces différences vont avoir des répercussions sur les rendements de fabrication.

Selon Kouniba et al. (2007), l’évaporation et les pertes du caillé sur les grilles d’égouttage justifient les bilans matière brute négatifs. Cependant, il nous semble que les différences enregistrées dans ces essais sont liées à la matière grasse du lait mise en œuvre.

3.2 Rendements de fabrication et coefficients de récupération des constituants laitiers

3.2.1 coefficients de récupération

La notion de coefficients de récupération permet d’exprimer la quantité d’un constituant ou d’un groupe de constituants qui est récupérée dans le produit fini par rapport à la quantité présente initialement dans le lait mis en œuvre.

Le tableau 7 rapporte les coefficients de récupération de l’EST, l’ESD ; la MG et le TP obtenus à la fin du démoulage.

Tableau 7. Valeurs des coefficients de récupération par type de fabrication fromagère

Fabrications	Coefficients de récupération (%)			
	EST	ESD	MG	MP
Frais 1	32.51%	24.97%	52.28	76.52
Frais 2	52.57	39.9	78.48	79.32
Frais 3	51.91	36.96	85.45	74.76
Edam 1	26.55	20.98	34.84	78.37
Edam 2	44.74	33.58	66.9	72.29

Nous constatons que dans les 2 catégories de fromage (frais et pâte pressée), le coefficient de rétention protéique n'a pas considérablement variée et est globalement élevé. Il n'a pas également été influencé par le type de fabrication. Contrairement aux protéines, la rétention lipidique est variable d'un fromage à un autre. Elle est importante avec les fromages frais 2 et 3 comparativement au fromage 1. Pour l'Edam, le coefficient de rétention lipidique est meilleur pour la fabrication 2.

Le taux de récupération de l'EST paraît être influencé par la MG qui est plus ou moins récupérée. Il varie de manière comparable à celui de la matière grasse. Cependant, le coefficient de l'ESD est presque similaire dans la fabrication de fromage frais 2 et 3 et du fromage EDAM 2. En effet, L'ESD du fromage est en relation avec la MP du lait ; la MP est le principal constituant de l'ESD du fromage, surtout pour les fromages dits « présures » (Neyers, 2013). La rétention de l'ESD est faible dans la fabrication de fromage frais 1 et dans l'EDAM 1. Ce constat nous permet de dire que les pertes enregistrées dans ces deux fabrications (fromage frais 1 et dans l'EDAM 1) sont principalement dues à des erreurs de manipulations et la non maîtrise des opérations de fabrication des deux fromages étant donné qu'il s'agit du premier essai.

Notons par ailleurs, que le coefficient de rétention protéique, lipidique et en ESD dans le type de fabrication de fromages frais moulés varie entre 77-82%, 96-98% et 38-44% respectivement selon Mietton (1991). Nous pouvons conclure que les résultats obtenus lors des essais 2 et 3 de fromages frais sont conformes à ces données de littérature à l'exception de la matière grasse. Seulement il y a lieu de signaler que nos résultats sont relativement élevés si nous considérons la teneur globale de matière protéique du lait utilisé dans notre expérimentation et qui est à la limite inférieure de celle donnée par la même référence (25-32 g/kg de protéines).

D'autre part et toujours selon Mietton (1991), le coefficient de rétention protéique, lipidique et en ESD dans le type de fabrication de fromages à pâte pressées non cuites, varie entre 75-78%, 88-90% et 33-34% respectivement. Les résultats de la fabrication de l'EDAM 2 sont proches de données à l'exception de la MG.

3.2.2 Rendement fromager

Les rendements fromagers correspondent à la quantité de fromage que l'on peut obtenir avec une quantité fixée de lait. Ils varient principalement en fonction de la quantité d'eau retenue dans le fromage et de la teneur du lait en protéines et en matières grasses (Hurtaud et al., 2001).

D'après les résultats présentés dans le tableau 8, nous constatons que le rendement fromager du fromage frais est d'environ 18 kg/100 kg pour la fabrication 2 et 3 alors qu'il est de 13kg/100 kg pour la fabrication 1. Dans la fabrication EDAM, le rendement est d'environ 13 kg/100 kg pour la fabrication 2 et de 9 kg/100 kg pour la fabrication 1. La différence de rendement trouvée entre les deux types de fabrication (frais et Edam) montre que le rendement varie avec le type de fromage fabriqué en raison du taux de récupération des constituants qui est à l'origine de fortes variations de rendement.

Selon Mietton (1991) le rendement fromager est de 16-18 kg/100kg lait pour le fromage frais moulu et 10.5-11 kg/100kg lait pour le fromage à pâte pressé. La comparaison de nos résultats avec ceux de Mietton (1991) montre bien que l'égouttage pratiqué lors de nos essais de fabrication est insuffisant. En effet, les résultats du rendement en matière sèche confirment cette conclusion et nous donne une idée sur la qualité des fromages obtenus. Le fromage frais 3 présente un rendement fromager en matière sèche inférieur au fromage 2 malgré que leur rendement en frais soit identique. Ceci est expliqué par le taux d'humidité du fromage 3 qui est supérieur au taux d'humidité du fromage 2.

Tableau 8. Valeurs des rendements fromagers et des coefficients de récupération par type de fabrication fromagère

Fabrications	RF _f (kg/100 kg)	RF _s (%)	HFD (%)	Coefficients de récupération (%)			
				EST	ESD	MG	MP
Frais 1	13.16	25.53	79.76	32.51%	24.97%	52.28	76.52
Frais 2	18.85	18.24	77.18	52.57	39.9	78.48	79.32
Frais 3	18.20	15.95	80.21	51.91	36.96	85.45	74.76
Edam 1	9.03	15.95	80.21	26.55	20.98	34.84	78.37
Edam 2	13.55	11.60	74.76	44.74	33.58	66.9	72.29

Cependant, il faut noter que les valeurs de rendement trouvées restent élevées et ce malgré quel taux protéique du lait transformé est faible par rapport à la norme. En principe, plus le taux protéique et plus précisément la teneur en caséines, protéines coagulables, est élevée, plus le rendement fromager devient plus important. D'autre part, sille rapport MG/MP est trop faible, l'égouttage sera plus important, en réduisant le rendement. Cela nous permet de conclure que si un lait est pauvre en protéines et en extrait sec total, les rendements en fromage seront faibles (Villette, 2016).

CONCLUSION

Conclusion

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation du lait de chèvre 'Saanen' en production de fromage lactique et à pâte pressé. L'objectif étant de caractériser la composition de ce lait et d'évaluer sa valeur fromagère.

Les laits étudiés sont caractérisés par une composition pauvre en matière protéique (25 g/kg) et en caséines (19 g/kg). La composition en matière grasse est riche, elle de l'ordre de 41 g/kg de lait. Néanmoins elle présente une grande variabilité d'un échantillon à un autre. La teneur en calcium enregistre des valeurs faibles. La comparaison de nos résultats aux données de la bibliographie qui caractérisent le lait de chèvre Saanen a mis en évidence des différences importantes concernant la teneur en matières protéiques. Ces différences seraient vraisemblablement liées à la nature de l'alimentation et sa teneur azotée et qui ont un impact sur la composition du lait particulièrement sur les fractions azotées et la composition minérale.

La transformation du lait de chèvre Saanen en fromage frais et en fromage à pâte pressé type Edam, et avait montré grâce à la réalisation du bilan matière que les pertes en matière brute étaient faibles. Cependant le comportement fromager du lait de chèvre en Micro-fabrication avait présenté d'une part d'importantes variations d'un essai à autre et d'autre part la rétention de la matière grasse était fluctuante. Les rendements fromagers étaient surestimés en raison du manque d'égouttage des caillés qui s'est manifesté par une humidité élevée des fromages.

L'amélioration des pratiques d'élevages et de transformation sont des moyens qui permettent d'augmenter les rendements fromagers. Parallèlement, l'équilibre de la ration alimentaire des animaux en apport protéinique et en énergie joue un rôle important sur les protéines et la matière grasse du lait.

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

RENERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR. (1980). Accueil des normes françaises ; Lait et produits laitiers : méthodes d'analyse. 1ère édition.

Babo D.(2000) : Races ovines et caprines françaises, 302pages, France Agricole Éditeurs, Paris.

Benyoub K. 2016. Caractérisation Morpho-métrique, Typologie De L'élevage Caprin

Et Etude Physicochimique De Son Lait Au Niveau De La Wilaya De Tlemcen. Master en génétique. Université de Tlemcen. 114p

Boudier et Luquet(1981). Dictionnaire laitier. Ed TEC et DOC Lavoisier. pp 220.

Boulangier A., Grosclaude F., Mahé M.F. (1984). Polymorphisme des caséines α s1 et α s2 de la chèvre (*Capra hircus*). Génét. Sel. Evol., 16, 157-176.

Brulé G., Lenoir J., Remeuf F. (1997). La micelle de caséine et la coagulation du lait. In : Eck A., Gillis J.C. (Eds.), Le Fromage, Lavoisier Tec & Doc, Paris, pp. 7–41.

Charron, 1986 ; Institut de l'Élevage, 1998

Corcy J.C.(1991). La Chèvre, Edition La Maison Rustique, 180-197.

Chilliard Y., Rouel J., Leroux C. (2006). Goat's alpha-s1 casein genotype influences its milk fatty acid composition and delta-9 desaturation ratios. Anim. Food Sci. Technol, 131, 474-487.

Dalgleish D G., Corredig M. (2012). The structure of the casein micelle of milk and its changes during processing. Ann Rev Food Sci Technol, 3, 449–467.

De Simiane M.(1995). La chèvre. 1^{ère} Edition. Rustica, Paris. 103p.

Grosclaude F., Mahé M.F., Brignon G., Di Stasio L., Jeunet R. (1987). A Mendelian polymorphism underlying quantitative variations of goat α s1- casein. Génét. Sel. Evol., 19, 399-412.

Grosclaude F., Ricordeau G., Martin P. (1994). Du gène au fromage : le polymorphisme de la caséine α s1 caprine, ses effets, son évolution. (From the gene to the cheese: goat α s1-casein polymorphism, its effects, and its evolution). INRA Prod. Anim., V (7), 3-19.

Guintard C., Ridouh R., Thorin C., Tekkouk-Zemmouchi F. (2018). Etude ostéométrique des métapodes de chèvres(*Capra hircus*, L., 1758) d'Algérie : cas de la race autochtone Arabia. Revue Méd. Vét., 2018, 169, 10-12, 221-232

Hurtaud C., Rulquin, H., Delaite, M., Vérité R. (1995). Appréciation de l'aptitude fromagère des laits de vaches individuels. Tests d'aptitude fromagère et rendement fromager de fabrication. Ann. Zootech., 44, 385-398.

Institut de l'Élevage-GEB (2008). Journée défis et opportunités pour l'élevage ruminant en Europe. (08 Juin 2008).

- Kadi S.A., Hassin i F., Lou n as N., Mou h ou s A (2014).** Caractérisation de l'élevage caprin dans la région montagneuse de Kabylie en Algérie. In: Chentouf M. (ed.), López-Fran cos A. (ed.), Ben goumi M.(ed.), Gabiñ a D. (Ed.). Technology creation and transfer in small ruminants: roles of research, development services and farmer associations. Zaragoza: CIHEAM / INRAM / FAO, 2 01 4. p. 451 -456 (Option s Méditerranéen n es : Série A. Séminaires Méditerranéen s; n. 1 08)
- Kouniba.A., BerradaM et. El Marakchi. A (2007).** Étude comparative de la composition chimique du lait de chèvre de la race locale Marocaine et la race alpine et évaluation de leur aptitude fromagère. Revue Méd. Vét., 2007, 158, 03, 152-160
- Leroux C., Bernard L., Dessauge F., Le Provost F., Martin P. (2013).** La fonction de lactation: régulation de la biosynthèse des constituants du lait. INRA Productions animales, 26 (2), 117-128.
- Mahieu H., Luquet F.M., Mouillet L. (1976).** A propos de la teneur des laits individuels et de mélange en matières minérales et urée. Le lait, N° 559-560, 657-698.
- Marchin S, Putaux JL, Pignon F, Léonil J. (2007).** Effects of the environmental factors on the casein micelle structure studied by cryo transmission electron microscopy and small-angle x-ray scattering/ultra small-angle x-ray scattering. J Chem Phys.28 ; 126 (4), 451-501.
- Mathieu, j. (1998).** Initiation à la physico-chimie du lait. Tec et Doc, 1^{ère} Ed, Lavoisier, Paris.
- Mietton B (1991) :** Initiation à la technologie fromagère (Tec et Doc) Tableau 11 page 98
- Mora-Gutierrez A., Kumosinski T.F., Farrell H.M. (1991).** Quantification of α s1-casein in goat milk from French-Alpine and Anglo-Nubian breeds using reversed-phase high performance liquid chromatography. J. Dairy Sci., 74, 3303-3307.
- Morgan F, Massouras T, Barbosa M, Roseiro L, Ravasco F, Kandarakis I, Bonnin V, Fistakoris M, Anifantakis E, Jaubert G, Raynal-Ljutovac K. (2003).** Characteristics of goat milk collected from small and medium enterprises in Greece, Portugal and France. Small Rumin Res, 47, 39–49.
- Mouhous A., Bouraine N., Bouaraba F., 2013.** L'élevage caprin en zone de montagne.Cas de la région de Tizi-Ouzou (Algérie). Rencontres Rech. Rumin. : 20, 248.
- Neyers F. (2013)** Les fondamentaux fromagers : simplifier pour mieux comprendre. Deuxième partie : préparer le caillé pour en faire « tout un fromage ». Revue des ENIL n° 325, Mai - Juin.
- Ould-Eleya M M., Desobry-Banon S., Vétier N., Hardy J. (1995).** Étude rhéologique des gels acides de laits de vache, de chèvre et de brebis. Le Lait 78, 453-459.
- Pellegrini O., Remeuf F., Rivemale M. (1994).** Évolution des caractéristiques physico-chimiques et des paramètres de coagulation du lait de brebis collecté dans la région de Roquefort. Le Lait, INRA Editions, 74 (6), 425-442.
- Pensuet P., Toussaint G., 1995.** La chèvre. In : L'élevage des chèvres et des moutons. Paris : De VecchiS.A., 274 pp.

Pellegrini O., Remeuf F., Rivemale M. (1994). Évolution des caractéristiques physico-chimiques et des paramètres de coagulation du lait de brebis collecté dans la région de Roquefort. *Le Lait*, INRA Editions, 74 (6), 425-442.

Pierre A., Michel F., Le Graet Y. (1995). Variation in size of casein micelle of goat milk related to casein genotype. *Le Lait* 75, 489-502.

Raynal-Ljutovac K., Pirisi A., De Cremoux R., Gonzalo C. (2007). Somatic cells of goat and sheep milk: analytical, sanitary, productive and technological aspects. *Small Rumin Res*, 68, 126-144.

Remeuf F., Lenoir J., Duby C. (1989). Étude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. *Le Lait* 69, 499-518.

Remeuf F., Cossin V., Dervin C., Lenoir J., Tomassone R. (1991) Relations entre les caractéristiques physicochimiques des laits et leur aptitude fromagère. *Lait* 71,397-421.

Remeuf F. (1993). Influence du polymorphisme génétique de la caséine $\alpha s1$ caprine sur les caractéristiques physico-chimiques et technologiques du lait. *Le Lait* 73, 594-557.

Rowland J. (1938). The determination of the nitrogen distribution in milk. *J. Dairy Res*, 9, 42-46.

St-Gelais D., Baba Ali O., Turcot S., 2000. Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation, [en ligne]. Site du ministère de l'agriculture et agroalimentaire du Canada. Disponible sur : http://res2.agr.gc.ca/crda/pubs/chevre200-goat2000_f.htm.

Sylvain N. 2004. Positionnement des produits laitiers caprins auprès des professionnels de la santé. Association Laitière de la Chèvre du Québec. 64p.

Tejani k. (2010). Le partial de la nature et l'écologie en Algérie. Revue de web et article sur l'environnement en l'Algérie. Réseau de compétence et de bonne volontés. Outil web de recherche: Ecologie et environnement en Algérie en Afrique de Nord, en Méditerranée et dans le reste du monde.

Villette, A(2016). Améliorer son rendement fromager. Réussir le chèvre.

