

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté par

Mlle Kahina Younsi

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité : production et transformation laitière

THEME

Valorisation des fromages Traditionnels

Soutenu publiquement le : 01/ 06 /2018

DEVANT LE JURY

Président M.Bekada. A

Grade P – Université Mostaganem

Encadreur M. Benmiloud. Dj

Grade M.C.A– Université Mostaganem

Examineur M. Dahou. A

Grade M.C.A– Université Mostaganem

Thème réalisé au laboratoire des sciences et techniques de production animale.

Année Universitaire 2017/2018

Remerciements

Avant tout, je tiens à remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné la santé, la volonté, la patience et m'a guidé à réaliser ce modeste travail.

Nous respectueux remerciements s'adressent tout d'abord à notre encadreur de stage M.BENMILOUD. DJ qui nous suggéré ce sujet, et dirigé notre travail par se conseils scientifique et ses orientations constructives.

Nous tiens à remercier chaleureusement au président du jury M.BEKADA. A et l'examineur M. DAHOU. A d'avoir accepté d'examiner ce travail et d'évaluer notre Modest travail, nous sommes très reconnaissant.

Ces remerciements seraient incomplets si ma famille n'y était pas associée. Sans eux je n'aurais jamais pu envisager d'effectuer ce travail.

Sans oublier l'ensemble des enseignants ayant contribué à ma formation durant mes cycles d'études.

DEDICACE :

Je dédie ce travail :

A celui qui m'a indiqué la bonne voie en une me rappelant

Que la volonté fait les grands

A mon père

A celle qui a attendue avec patience le fruit de son

Éducation

A ma mère

A tous ceux qui me sont chère :

À mes sœurs mes frères

Je vous adore

A mes grands-parents maternels et paternels

A tout la famille Younsi

A mes professeurs de l'université « ITA »

A tous mes ami(e)s

Je vous aime

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

Première partie : Etude bibliographiques.

Introduction

Chapitre 01 : Généralités sur le lait

1. Définition réglementaire du lait.....	01
2. Hygiène de la traite.....	01
3. Composition du lait	02
4. Composition physico-chimique du lait	02
4.1. Caractéristique physico-chimique du lait	03
4.2. Composition chimique moyenne d'un litre de lait.....	04
4.2.1. Matières azotées et protéines.....	06
4.2.2. Les glucides	07
4.2.3. Matières salines.....	07
4.2.4. Matières grasse	08
4.2.5. Les oligo-éléments.....	09
4.2.6. Les Vitamines	10
4.2.7. Les enzymes.....	10

Chapitre 02 :Généralités sur le fromage

1. Histoire et origine des fromages.....	12
1.1Définition.....	13
1.1.1. Aptitude du lait à la transformation fromagère	13
1.1.2. Standardisation du lait de fromagerie.....	14
1.1.3. Transformation du lait en fromage.....	14
1.1.4. Classification des fromages.....	15
1.1.5. Principales classifications des fromages.....	15
1.1.6. Principales classifications des fromages.....	15
2. Les étapes de fabrication fromagère.....	19
3. Conservation des fromages.....	25

Chapitre 03 : Généralités sur les fromages artisanales

1. Fromage traditionnelles ou artisanal en Algérie.....	27
1.1. Principales préparation algériennes.....	27
1.2. Caractéristique des fromages et de fabrication traditionnelle.....	27
1.3. Les différents types des fromages traditionnels.....	27
a) Bouhezza.....	27
b) Kemaria, takmarit.....	28
c) Ighounane.....	28
d) Takammart.....	28
e) Ibakhebakhane.....	29
f) Imadhghass.....	29
g) Adhgass.....	29
h) Aghoughelou.....	29
i) Klila.....	29
j) Jben.....	29

Chapitre 04 : La qualité et la fromageabilité de lait

1. La fromageabilité du lait.....	31
1.1. Maîtrise de la fromageabilité du lait par la maîtrise des taux (TB, TP).....	31
1.1.2. Variation de la teneur en matière grasse (taux butyreux).....	31
1.1.3. Variation de la teneur en matières protéiques (taux protéique).....	31
2. La fromageabilité du lait.....	32
3. Rendement fromager.....	32
3.1. Introduction.....	32
3.2. Les formules de prédiction de(RF) sont classées en deux types.....	33
3. 3. Le lait : aptitude fromagère liée à la composition.....	33
3.4. Facteurs affectant le rendement.....	34
a) Composition du lait.....	34
b) Composition du fromage.....	35
c) Perdu dans la coupe.....	35
d) Stockage à froid du lait.....	35
e) Type de coagulant utilisé.....	35
f) Pasteurisation du lait.....	36

Étude expérimentale

1. Objectif.....	37
2. Lieux de travail.....	37
3. Matériels et produit utilisés.....	37
4. Les Analyses physicochimique du lait avec le « lactoscan ».....	38
5. Fonctionnement.....	39
6. Procédure.....	40

Résultats et discussion

1. Résultats et discussion des analyses physico-chimiques.....	42
1.2. Matière grasse	43
1.3. Extrait sec.....	44
1.4. Le taux de protéine.....	45
1.5. Le taux de lactose.....	46
1.6. La Densité.....	47
1.7. L'Acidité.....	48
1.8. Le pH.....	49
1.9. Les minéraux.....	50
1.10. Point de congélation.....	51
2. Les résultats obtenus de rendements fromagers des différents types de lait.....	39
2.1. Rapport de différence.....	39
2.2. Rapport de rendements des différents types du lait (jus de citron).....	40
2.3. Rapport de rendements des différents types du lait (vinaigre).....	40
3. Facteurs influençant la coagulation.....	55
A. Composition du lait.....	55
B. pH.....	55
C. Traitement thermique du lait.....	56
D. Concentrations en sels.....	56
4. Relation entre TP, MG et Le rendement fromager.....	57

Conclusion

Références bibliographiques

Résumé

Liste des abréviations

A.F.N.O.R : Association française de normalisation.

F.A.O. : organisation des nations unies pour l'alimentation et d'information laitière.

I.S.O : Organisation Internationale de Standardisation.

J.O : Journal Officiel.

MGLA : la matière grasse anhydre.

N : normale.

pH : Potentiel Hydrogène.

µg : microgramme.

°D : degré Dornic.

U.I : Unité Internationale.

Liste des tableaux

Tableaux	Pages
Tableau N°01 : Caractéristiques physico-chimiques du lait (Alais, 1984).	3
Tableau N°02 : Teneur moyenne des principaux constituants du lait (g/l). (Alais ,1984).	5
Tableau N°03 : Composition moyenne et distribution des protéines du lait. (Alais ,1984).	6
Tableau N°04 : Constituants salins majeurs du lait. (Adrian et al ,1995).	8
Tableau N°05 : Constituants lipidiques du lait et localisation dans les fractions physico-chimiques (g/100g de matière grasse) (renner ,1983).	9
Tableau N° 06 : Les vitamines du lait (dans 100 ml). (Adian et al, 1995).	10
Tableau N°07 : Les enzymes du lait (Adrian et al, 1995).	11
Tableau N°08 : Les résultats des analyses physico-chimiques de l'échantillon du lait mesuré par le « LACTOSCAN »	42
Tableau N°09 : les résultats obtenus de rendements fromagers des différents types de lait	52

Liste des figures :

figures	pages
Figure N°01 : Constituants plastique ou énergétique pour un litre de lait. (Veisseyre, 1979)	5
Figure 02: Schéma des méthodes de fabrications des principaux produits laitiers.	36
Figure 03 : Situation géographique du site de prélèvement (Ferme ITA)	37
Figure04 : image représentative de lactoscan	38
Figure 05 : des images présentatives sur la fabrication du fromage artisanale.	41
Figure 06: Matière grasse des 4 types de lait	43
Figure 07 : l'extrait sec des 4 types de lait	44
Figure 08: Tenures en protéines des 4 types de lait	45
Figure 09: le taux de lactose des 4 types de lait	46
Figure 10: Densité des 4 types de lait	47
Figure 11: L'acidité des 4 types de lait	48
Figure 12: pH des 4 types de lait	49
Figure 13: Les minéraux des 4 types de lait	50
Figure 14: le point de congélation des 4 types de lait	51

INTRODUCTION

Introduction :

Le fromage a toujours été une valeur sûre de l'alimentation humaine. C'est le résultat d'une transformation du lait très ancienne puis que des écrits témoignent de sa fabrication quelque trois mille ans avant notre ère en basse Mésopotamie. Source précieuse de protéines, le fromage a été l'un des premiers moyens de conservation du lait, matière première rapidement périssable. Cependant, la coagulation du lait et l'égouttage du caillé qui en résulte en offrent qu'une stabilité relative et variable selon les fromages qui sont des produits laitiers « vivants ». Ainsi, si la protéolyse est un phénomène fondamental lors de l'affinage, cette activité enzymatique se poursuit même à basse température et conduit au-delà d'un certain stade à une altération du fromage. (GUINÉE étale.2004).

L'Algérie est un pays traditionnellement consommateur de produits laitiers fermentés qu'étaient jusqu'à une date récente fabriqués en milieu rural, principalement pour l'autoconsommation, par fermentation spontanée des laits crus produits localement. L'urbanisation a transformé les modes de production, rendant l'ajout de levains incontournable, en premier lieu celui de levains lactiques. L'Algérie importe actuellement ces levains lactiques, qui ont un coût de revient élevé et qui n'ont pas été conçus pour fabriquer les produits fermentés traditionnels ; alors pourquoi ne pas essayer de réaliser nos propres levains adaptés à la fabrication des produits laitiers traditionnellement consommés en Algérie ? Tel est l'objectif de ce travail. (Benkerroum et Tamine, 2004).

En Algérie, la production de fromage est toujours faite d'une manière traditionnelle à l'échelle familiale. (VERDIER ET AL.2005).

Ce manuscrit débute par une synthèse bibliographique qui résume, dans un premier chapitre des généralités sur le lait, puis, dans un deuxième chapitre, des généralités sur les fromages, et en troisième chapitre les fromages traditionnels, quatrième chapitre la qualité et la fermentabilité des laits.

Aussi la présure naturelle jus de citron et de vinaigre.

Ce manuscrit se poursuit par la description des méthodes et matériels utilisés, comprenant la fabrication de fromage traditionnel à l'aide des deux coagulants locaux, et les analyses de ce dernier. Il se termine par la présentation, puis la discussion des résultats obtenus.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 01 :
GENERALITES SUR LE LAIT

1. Définition réglementaire du lait :

Selon l'arrêté interministériel relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation :

Art.2 : la dénomination « lait » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ni soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique.

Art.3 : le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum.

Art.4 : la dénomination « lait » sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservée au lait de vache.

Tout lait provenant d'une femelle laitière, autre que la vache, doit être désigné par la dénomination « lait », suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient.

Art.5 : le lait destiné à la consommation ou à la fabrication d'un produit laitier, doit provenir de femelles laitières en parfait état sanitaire. **(JORA N°69,1993).**

Le lait est l'élément de base des produits laitiers, comme le fromage, le beurre, le yaourt, et est souvent utilisé dans l'industrie agroalimentaire comme ingrédient (en pâtisserie, biscuiterie, charcuterie). La consommation de lait est équivalente entre les hommes et les femmes, bien que le fromage soit plus consommé par les hommes. En revanche, elle est particulièrement forte chez les enfants et les adolescents. (Docteur Nicolas le Berre co-1990).

2. Hygiène de la traite :

Le trayeur doit revêtir des vêtements propres et faciles à nettoyer. Il doit se laver soigneusement les mains et les avant-bras à chaque opération.

Ne pas procéder à l'affouragement pendant ou juste avant la traite, car les poussières et les germes tombent dans le lait.

3. Composition du lait :

Le lait présente des caractéristiques liées à sa nature biologique. Les éléments les plus constants de sa composition méritent d'être signalés en premier et ensuite les fluctuations rencontrées seront associées aux facteurs qui les engendrent.

Le lait qui arrive à l'usine, constitue une matière première dont la composition n'est pas fixe. Ce caractère rend donc l'utilisation de cette matière première assez difficile, diminue les rendements et modifie les caractères organoleptiques des produits finis.

Deux grands types de variation existent, au stade de l'animal et au stade du traitement du lait.

La composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs. Ces principaux facteurs de variation sont bien connus. Ils sont soit intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc.), soit extrinsèques liés au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation).

Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter compte tenu de leurs interrelations. (Ghaoues S, 2011).

4. Composition physico-chimique du lait :

Le lait est un liquide opaque de couleur blanche, plus ou moins jaunâtre selon la teneur en β -carotène et de sa matière grasse. Sa saveur est douce et son odeur faible, mais identifiable. Le pH est voisin de la neutralité. Les principales constantes physiques du lait sont reprises au Tableau N°01.

Le lait est composé de quatre phases physiques :

- **Phase gazeuse :** Elle comprend essentiellement du CO_2 .
- **Phase grasse :** Elle est composée de globules gras de 2 à 5 μm de diamètre. Ils contiennent des lipides et des éléments liposolubles qui sont entourés d'une membrane protidique et de phospholipides.

- **Phase colloïdale** : Elle comporte les micelles de caséine associées à des phosphates et citrates de calcium et de magnésium.
- **Phase aqueuse** : Elle est composée de protéine hydrosoluble de lactosérum, du lactose et des minéraux sous forme d'électrolytes. (Adriane et al, 1995)

4.1. Caractéristiques physico-chimiques du lait :

Ajoutons que le lait a une faible tension superficielle ; Il mousse abondamment lorsqu'il est agité et constitue un édifice chimique et physico-chimique très complexe, dont la connaissance parfaite est indispensable à quiconque désire comprendre les principes du traitement et de transformation du produit.

Tableau N°01 : Caractéristiques physico-chimiques du lait (Alais, 1984) :

Constantes	Moyennes	Valeurs extrêmes
Energie (kcal/litre)	701	587 à 876
Densité du lait entier à 20°C	1,03	1,028 à 1,033
Densité du lait écrémé	-	1,036
Densité de la matière grasse	-	0,94 à 0,96
pH à 20°C	6,6	6,6 à 6,8
Acidité titrable en°Dornic	16	15 à 17
Point de congélation (°C)	-	-0,520 à -0550
Point d'ébullition (°C)	-	100,17-100,15

4.1.1 Le pH du lait :

Le pH du lait frais normal est de l'ordre de 6,7. Cette valeur est due en grande partie au groupement basique ionisable et acide dissociables des protéines, aux groupements esters phosphoriques des caséines et aux acides phosphoriques citriques (Mathieu, 1998).

4.1.2. L'acidité du lait :

On exprime couramment l'acidité du lait en degrés Dornic ($1^{\circ}\text{D} = 0,1\text{g}$ d'acide lactique par litre de lait) ; officiellement et par convention, on la donne en grammes d'acide lactique par litre du lait.

Un lait frais, dont le lactose n'a pas encore été transformé en acide lactique, a une acidité de l'ordre de 16°D . Conservé à la température ambiante il s'acidifie spontanément et progressivement. C'est la raison pour laquelle on distingue l'acidité naturelle, celle qui caractérise le lait frais, d'une acidité développée issue de la transformation de lactose en acide lactique par divers types de micro-organismes. **(Mathieu, 1998)**.

4.1.3. Les relations entre le pH et l'acidité :

Le pH d'un lait frais compris entre 6.65 et 6.85, son acidité est de l'ordre de 16°D (équivalente à 1.6g d'acide lactique par litre). On considère à la lecture que pH et acidité évoluent avec la composition où une teneur élevée en substances acides (protéines, anions phosphate, citrate ou acide lactique), s'accompagne d'un pH faible et d'une acidité de titration élevée. **(Mathieu, 1998)**.

4.1.4. Densité (masse volumique) :

La densité du lait, est le rapport des masses d'un même volume de lait et d'eau à 20°C **(Mathieu, 1998)**. Un lait pauvre aura une densité faible, il faut cependant nuancer cette remarque, car le lait contient de la matière grasse de densité inférieure à 1 ($0,93$ à 20°C , il en résulte qu'un lait enrichi en matière grasse a une densité qui diminue et qu'à l'opposé, un lait écrémé a une densité élevée. **(Goursaud, 1985)**.

3.2. Composition chimique moyenne d'un litre de lait :

Schématiquement, on peut considérer le lait comme une émulsion de matière grasse dans une solution aqueuse comprenant de nombreux éléments dont un à l'état dissous et les autres sous la forme colloïdale. L'eau est l'élément quantitativement le plus important ; elle représente environ les $9/10$ du lait. **(Figure N°01)(Veisseyre, 1975)**.

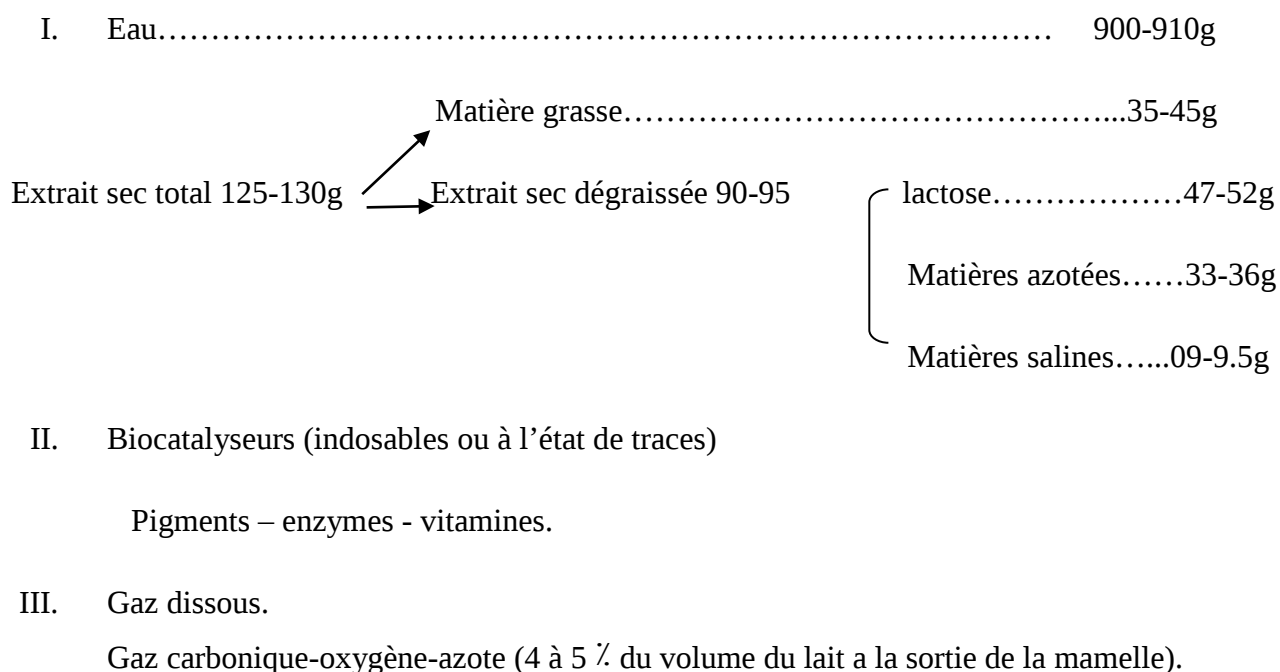


Figure N° 01 : Constituants plastiques ou énergétiques pour un litre de lait

(VEISSEYR 1979)

Le tableau qui suit donne la composition moyenne des éléments majeurs du lait :

Tableau N°02 : Teneur moyenne des principaux constituants du lait (g/litre). (Alais, 1984)

Constituants	moyenne
Matières azotées	34
lactose	48
Matières salines	09
Extrait sec dégraissé	91
Matières grasses	37
Extrait sec total	128
Eau libre (solvant) et liée	902

4.2.1. Matières azotée et protéines :

Les matières azotées, protides ou protéines du lait constituent un ensemble complexe, dont la teneur totale avoisine 35g/litre.

Les protéines représentent 95 % environ des matières azotées et sont constituées soit d'acides aminés seulement (β -lactoglobuline, alfa-lactalbumine), soit d'acides aminés et d'acide phosphorique intervenant dans la composition de ces protéines, leur séquence confèrent à chaque protéines des propriétés propres. (Tableau N°03)(Dagleish, 1982).

Tableau N°03 : Composition moyenne et distribution des protéines du lait (Alais , 1984).

Protéines	Moyennes absolues (g/l)	Moyennes relatives (%)
Protides totaux ou matières azotées totales	34	100
Protéines	32	94
Protéines non solubles ou caséine entière	26	82
Caséine α	12	46
Caséine β	09	35
Caséine k	3,5	13
Caséine γ	15	06
Protéines solubles	6	18
α -lactoglobulines	2,7	45
β -lactalbumine	1,5	25
Sérum-albumine	0,3	05
Globulines immunes	0,7	12
Protéoses peptones	0,8	13
Substances azotée non protéiques	02	06

Les fractions protéiques majeures sont :

- La caséine (72 à 80 % des protéines totales).
- La lactalbumine (14% des protéines, 0,4 % pour 100 ml de lait) et lactoglobuline

(6% des protéines, 0,2% pour 100 ml de lait), sont des protéines solubles mais qui coagulent à la chaleur, formant la peau du lait bouilli. Tous les acides aminés essentiels sont présents, particulièrement la lysine. **(Apfelbaum et al ,1995).**

4.2.2. Les glucides :

Le sucre principal du lait est le lactose ; son taux est de 4,5% à 5% **(Apfelbaum et al, 1995)** ; le lactose, disaccharide composé de glucose et de galactose, est le seul glucide libre du lait présent en quantités importantes. C'est aussi le composé prépondérant des matières sèches totales. **(Luquet, 1985).**

4.2.3. Les Matières salines :

Les minéraux (ou matières salines) sont présents dans le lait (7,3 g/ l environ), soit en solution dans la fraction soluble, soit sous forme liée dans la fraction insoluble (ou colloïdale).

Certains minéraux se trouvent exclusivement à l'état dissous sous forme d'ions (sodium, Potassium et chlore) et sont particulièrement bio disponibles.

Les autres (calcium, phosphore, magnésium et soufre) existent dans les fractions. dans la fraction soluble, ils existe en partie sous forme libre (calcium et magnésium ionisés à ,en partie sous forme saline (phosphates et citrates)non dissociée (calcium et magnésium) ,ou encore sous forme complexe (esters phosphoriques et phospholipides) .Dans la fraction colloïdale , les minéraux (calcium , phosphore , soufre et magnésium) sont associés ou liés à la caséine au sein des micelles (**Tableau N°04**).

Tableau N°04 : Constituants salins majeurs du lait. (Adrian et al ,1995)

Constituants	La teneur moyenne (g/l)
Calcium	1.25
Phosphore	0.95
Magnésium	0.13
Sodium	0.50
Potassium	1.50
Acide citrique	1.75

En résumé, la fraction saline colloïdale renferme environ les deux tiers du calcium, la moitié du phosphore et le tiers du magnésium, tous ces minéraux étant plus ou moins liés à la caséine, alors que la fraction dissoute renferme quasiment tout le sodium, le chlore et le potassium, un tiers du calcium (libre ou salin), la moitié du phosphore (salin et organique soluble) et les deux tiers du magnésium salin.

Il existe un équilibre entre les formes solubles et colloïdales, d'une part, et entre les formes ionisées et non dissociées d'autre part. Cet état est précaire parce que sensible à divers facteurs, notamment au pH, à la température, et à la concentration ou à l'addition de calcium. Toute altération de ces équilibres modifie la stabilité du lait, notamment les propriétés de la caséine native. (Adrian et al ,1995)

4.2.4. Les Matières grasses :

Les lipides (fraction saponifiable) constituant donc l'essentiel de la matière grasse (>98%). Leur concentration dans le lait varie de 30 à 50 g/l, en moyenne 39 g/l. Le lait de consommation est standardisé à un taux fixé par la réglementation selon le type de lait.

Elles sont constituées essentiellement (99 %) de Triglycérides (triesters du glycérol avec divers acides gras saturés). (Apfelbaim et al ,1995). Le tableau N°05 détaille à la fois la teneur (pour 100 g de matière grasse) et la (ou les) localisations principale(s) des lipides du lait.

Tableau N°05 : Constituants lipidiques du lait et leur localisations dans les fractions physico-chimiques (g/100g de matière grasse) (**Renner, 1983**)

Constituants lipidiques	Proportions	Localisation
Triglycérides	96 à 98	globule gras
Di glycérides	0.3 à 1.6	globule gras
Mono glycérides	0.0 à 0.1	globule gras
Phospholipides	0.2 à 1.0	Membrane du globule gras et de lactosérum
Cérébrosides	0.0 à 0.08	Membrane du globule gras
Stéroïdes	0.2 à 0.4	globule gras
Acides gras libres	0.1 à 0.4	Membrane du globule gras et de lactosérum
Ester du cholestérol	Traces	Membrane du globule gras
Vitamines	0.1 à 0.2	globule gras

4.2.5. Les oligo-éléments :

Les teneurs en oligo-éléments du lait sont seulement indicatives, et dépendent aussi des méthodes utilisées, par ordre d'importance (quantitatives au plan nutritionnel), il convient de citer :

- **Le fer :** le lait est pour l'homme une mauvaise source de fer, qu'en raison de sa biodisponibilité .le fer du lait est lié à la caséine et à la fraction de poids moléculaire bas pour 60% environ.
- **Le zinc :** se trouve dans le lait à des taux et sous forme nettement plus favorables pour la nutrition humaine. Il est fortement lié à la caséine (80%) mais aussi aux immunoglobulines 20%.
- **Le cuivre :** est peu abondant dans le lait est lié aux protéines.
- **Le manganèse :** présent dans le lait à des concentrations faibles.

- **L'iode, le fluor et le brome** : ils ne sont trouvés dans le lait que sous forme des traces. l'iode est surtout lié aux protéines, mais existe aussi sous forme libre.
- **Le sélénium** : le sélénium semble exister sous forme ionique à l'état libre.
- **Le cobalt** : constituant de la vitamine B12, (Apfelbaum et al, 1995)

4.2.6. Les vitamines :

Toutes les vitamines connues sont présentes dans le lait (tableau N° 06). Les diverses techniques de traitement du lait peuvent en modifier sensiblement les taux, surtout pour la vitamine C.

Tableau N°06 : Les vitamines du lait (dans 100 ml). (Adrian et al ,1995)

Vitamines	La teneur (100 ml)
Vit A (U.I)	150
Carotène (µg)	25
Vit D (U.I)	4
Vit E (mg)	0.15
Vit C (mg)	2
Vit B ₁ (µg)	40
Vit B ₂ (µg)	175
Vit PP (µg)	90
Vit B ₆ (µg)	60
Acide folique (mg)	0.2
Vit B ₁₂ (µg)	0.6

4.2.7. Les enzymes :

Dans les conditions normales, le lait contient une grande variété d'enzymes (tableau N° 07). Ce sont des substances organiques de nature protidique, par des cellules ou des cellules ou organismes vivants agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. (linden ,1987).

Les rôles et l'importance des enzymes dans le lait, peuvent être résumés en quatre points différents essentiels :

- Ce sont des facteurs de dégradation des constituants originels du lait.
- Certains enzymes jouent un rôle antibactérien et apportent une protection limitée au lait comme la lactopéroxydase et le lysozyme.
- Certaines enzymes sont utilisées comme indicateurs de qualité hygiénique et même d'espèce. (**Goursaud ,1985**).
- Elles participent à l'affinage de certain fromage

Tableau N°07 : Les enzymes du lait (Adrian et al .1995)

Enzymes (En U.I /100 ml)	Lait cru
α -amylase	60.000
Catalase	3
Lipase	275
Peroxydase	750
Phosphatase alcaline	3
Phosphatase	110

1. Fromage traditionnelles ou artisanal en Algérie :**1.1.Principales préparation algériennes :**

Les fromages traditionnels algériens un véritable potentiel de développement selon une récente étude de Ferah (site web gredaal, 2010), l'Algérie dispose bel et bien de tradition avérée de fabrication des produits laitiers même si l'activité est limitée à la sphère domestique. Bien évidemment, une plus ample connaissance des caractéristiques de ces fromages et des procédés de fabrication y afférent reste impérative.

1.2.Caractéristique des fromages et de fabrication traditionnelle

Qu'est-ce que' on entend par fromage de fabrication traditionnelle ? Il s'agit d'une réalité tangible, mais difficile à cerner. Fromages spécialisés, fermiers, artisanaux, régionaux, de niche, voilà autant d'appellations relatives à des produits qui s'inspirent de techniques de fabrication provenant de nos ancêtres. Mais certains de ces produits ont une caractéristique qui distingue ; ils sont fabriqués sans recours aux technologies modernes, sans viser la production de fromage de composition standardisée et uniforme. Dans ce sens, le fromage de fabrication traditionnelle n'est autre que le résultat d'une élaboration soignée. Héritière de traditions séculaire et n'employant que le lait pur de vache, de brebis ou de chèvre. Ces fromages puisent ainsi à même la qualité des troupeaux et des pâtures qui les nourrissent les caractéristiques olfactive, gustative et de texture qui les distinguent.

1.3.Les différents types des fromages traditionnels :**a) Bouhezza :**

C'est un fromage affiné traditionnel, à pâte molle, des régions de l'Est Algérien (Oumel Bouaghi, Khenchella, Batna Biskra, etc...) jadis réputées par une pratique importante de l'élevage extensif des caprins et des ovins. En effet, à l'origine, le Bouhezza était rationnellement le produit de la transformation du lait de chèvre et de brebis ; toutefois la tendance actuelle semble s'orienter vers l'utilisation du lait de vache. (Mekentich, 2003 ; Aissaoui et al.2006).

Le fromage est obtenue après transformation du lait dans une outre, la chakoua, faite de peau de chèvre préalablement traitée avec du sel et du genièvre (**Aissaoui et al.2006**)

L'égouttage, le salage et l'affinage du Bouhezzasont réalisés simultanément dans la chekoua pendant une durée de 2 à 3 mois. Au cours de la période d'affinage, du l'ben et du lait sont rajoutés au contenu de chekoua au stade de consommation le fromage est pétri avec

incorporation de poudre de pigment rouge, ce qui lui donne une caractéristique particulière (Aissoui et al, 2006).

b) Kemaria, takmarit :

Fromage traditionnel à base de lait de chèvre, la Kemariyaou Takkmirt (Berbère) est fabriqué par les femmes selon des procédés traditionnels dans les régions du Sud Algérien notamment dans les wilayates de Ghardaia et Naama. Le Kmariya est un fromage utilisé à des fins festives et souvent servie avec du thé. Il est coagulé par des présure végétales et aussi fabriqué à partir de lait de vache et de chamoelle (Nouani et al., 2009). Du fait de la forte demande de ce fromage, il est de plus en plus produit par des PME selon des processus semi industriels pour être commercialisé aussi bien sur les marchés traditionnels qu'au niveau de certaines grandes surfaces du Nord Algérien.

A côté des produits précédents, il existe des préparations locales circonscrites à certaines régions de l'Algérie.

c) Ighounane :

Fromage fabriqué en Kabylie à partir du lactosérum (premier lait de vache venant de mettre bas), la préparation d'Ighounane fait dans des ustensiles en terre cuite enduits d'huile d'olive dans lesquels est versée une petite quantité d'eau salée, puis le lait est chauffé et coagulé. Le caillé formé est découpé puis consommé tel quel. (Lahsaoui, 2009).

d) Takammart :

Littéralement « fromage » en langue Tamhaq (Touareg), le takammar est un fromage de la région désertique du Hoggar (Tamanrasset) il est produit par l'introduction d'un morceau de caillette de jeunes chevreaux dans le lait de chèvre. Le caillé obtenu est retiré à l'aide d'une louche et déposé en petits tas sur une natte, il est ensuite pétri pour évacuer le sérum puis déposé sur une natte à base de tiges de fenouil qui transmet un arôme particulier. Les nattes sont, par la suite, exposées au soleil durant deux jours puis placées à l'ombre. Les nattes sont, par la suite, exposées au soleil durant deux jours puis placées à l'ombre jusqu'au durcissement du fromage.

e) Ibakhebakhane :

Originaire de région des Aurès l'Ibakhbakhen est produit à partir d'une mixture de Frik d'orge (Marmaz) et de Lbensoumis à une fermentation à des temp »ratures inférieures à 20 C° par immersion dans un pendant 2 à 5 jour. (Lahsaoui, 2009).

f) Imadhghass :

Produit dans la région des Aurès, l'Imdhgheghassest produit à partir d'une mixture de Klila fraîche et de lait frais. Le produit est consommé comme un dessert.

g) Adhgass :

Produit dans la région des Aurès, l'Adhgass est fabriqué à partir d'un mélange decolosrum et d'œuf est en suite cuit.

h) Aghoughelou :

Fromage fabriqué en Kabylie, il est obtenu à partir de lait frais de vache ou de chèvre coagulé par la sève du figuier. (Lahsaoui, 2009).

i) Klila :

Pour éviter sa dégradation durant la phase de stockage, le L'ben est chauffé modérément (55°C -75°C) jusqu'à la séparation du lactosérum ; le coagulum obtenu, appelé Klila, fabriqué dans plusieurs régions de l'Algérie, est consommé comme un fromage frais après égouttage naturel ou à l'aide d'une pierre ; sinon, il est découpé puis séché (de 2 à 15 jours selon la saison), et en suite utilisé après réhydratation comme un ingrédient dans des préparations culinaires. Sous sa forme déshydratée, il peut être conservé plusieurs années à température ambiante, dans des jarres en poterie ou en verre ou des sacs en peau de chèvre/mouton. C'est un fromage similaire au Jameed au Moyen-Orient et chhana en Inde. (Lahsaoui,2009).

j) Jben :

C'est un fromage frais, traditionnel dans le Nord Sahara Algérie. Cette dénomination regroupe des trajectoires technologiques est très différentes, aboutissant à des produits aux caractéristique très variés. Nous n'avons pas trouvé de publication portant sur la caractérisation du Jben Algérien. Traditionnellement ; il Ya une étape d'acidification spontanée à température ambiante, pendent 24h à 72h selon la température comme celle conduisant au Rayeb. Traditionnellement, le fromage Jben est fabriqué avec du lait cru de brebis ou de chèvre acidifié

spontanément et coagulé par des enzymes coagulantes d'origine végétale issues des fleurs de cardon (*Cynara cardunculus* L.).

D'une planteée pineuse sauvage (*cyndra humilis*) ou d'artichaut (*Cynarascolumus*), ou du latex de figuier (*Ficus carica*) ou des graines de citrouille. (cf. coagulation par voie enzymatique). (Nouani, 2009).

On obtient le Jben. Les fleurs entières sont mises à macérer dans le lait.

Le végétale est utilisé pour accélérer la coagulation et pour donner un certain gout au fromage.

La variété végétale utilisée varie d'une région à l'autre ; elle donne un gout et une texture appréciées par les gens de la région concernée le callé est ensuite égoutté et salé ou non.

Comme décrit au Maroc par **Benkerroum et Tamine (2004)**, le Jben peut aussi être artisanalement fabriqué sans coagulant du lait cru par voie enzymatique ; dans ce, cas le lait cru est seulement coagulé par l'acidification spontané, puis le caillé est égoutté pendant 2 à 3 jours pour obtenir la consistance désirée. Des additifs peuvent être ajoutés après égouttage et salage (ail, persil, poivre...). Le fromage obtenu correspond dans d'autre pays arabe au fromage nommé Jibneh Beida.

1. Histoire et origine des fromages :

Le fromage de l'ancien français « fromage » du latin « formaticus » c'est-à-dire fait une forme. La première occurrence de l'utilisation du fromage comme aliment est inconnue, les ethnologues tiennent preuve que l'homme connaît depuis longtemps, par le phénomène de coagulation du lait depuis la découverte sur les rives de lac Neuchâtel (en Suisse) des moules à caillé datant de 5000 ans av J.-C.

Cependant l'origine exacte de transformation du lait en fromage est incertaine, s'entend pour dire que le fromage serait originaire du sud-ouest asiatique et daterait d'environ 8000 ans, les Romains auraient stimulé le développement de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 av. J.-C, et 300 après J.-C, leur influence est reflétée dans l'étymologie ;

En effet le mot latin caseus, signifiant fromage est la racine donnera le mot caséine en français, nom qui désigne la protéine coagulant du lait (**Gelais et al.2002, Katz et Weaver, 2003**)

Il est probable que les fromages aient été la première fois fait accidentellement en transportant du lait dans des estomacs de mammifères. Il s'agissait en effet d'une pratique courante dans les temps anciens, en Europe de l'Est et en Asie de l'Ouest, pour transporter le lait. Certains facteurs ont été certainement nécessaires à la transformation du lait en fromage comme la chaleur, l'acidité et les sucs de l'estomac. Ainsi, des extraits de l'estomac de plusieurs types d'animaux (moutons, chèvres, vache), mais également des extraits de plante (comme le chardon) ont été utilisés pour la préparation de fromages (**Abid azar, 2007**).

1.1.Définition :

Le fromage, selon la norme Codex, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum (Daniel St Gelais et al) : caséines ne dépasse pas celui du lait. ON obtient le fromage 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 ; on peut aussi faire appel à des techniques de fabrications entraînant la coagulation du lait de manière à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physique, chimique et sensorielles similaires à celles de définitions précédente.

Le fromage affiné est un fromage qui n'est pas prêt à la consommation peu après sa fabrication, mais qu'on doit maintenir pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaire pour que s'opèrent les changements biochimique et physiques caractéristiques du fromage. Le fromage affiné aux moisissures est un fromage dont l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques, dans la masse ou sur la surface du fromage, Le fromage non affiné, dont le fromage frais, est un fromage qu'est prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication.

Les matières premières sont des laits ou des produits obtenus à partir du lait et les ingrédients sont des cultures de bactéries lactiques inoffensives ou des bactéries productrices d'arômes et des cultures d'autres micro-organisme sans danger, des enzymes appropriées et inoffensives, du chlorure de sodium et de l'eau potable.

1.1.1. Aptitude du lait à la transformation fromagère :

Depuis toujours, la transformation du lait en fromage a permis de conserver des éléments nutritifs du lait sur des périodes plus ou moins longues. Emme résulte de la déshydratation partielle du lait, qui concentre de 6 à 12fois les caséines, la matière grasse et les minéraux. L'eau éliminée en proportions variables selon la variété de fromage entraine avec elle une partie des éléments solubles et des protéines non coagulant. (Daniel St Gelais et al).

1.1.2 Standardisation du lait de fromagerie :

De plus en plus, on s'aperçoit qu'une production régulière de fromage de qualité dépend d'une meilleure maîtrise de la préparation des laits de fromagerie, soit d'une standardisation parfaite. On effectue notamment l'ajustement du pH d'emprésurage pour faciliter la coagulation du lait, l'ajout de minéraux, dont le calcium qui permet de corriger en partie les effets de la réfrigération et de traitements thermiques, la réduction de la teneur en lactose par diafiltration ou par hydrolyse enzymatique et la prématuration biologique par l'ajout au lait de ferments lactiques, ce qui permettrait de limiter la croissance de la microflore indésirable et rendrait le lait plus propice à la croissance des bactéries désirées. En plus de ces méthodes, on a aussi recours à l'ajustement des teneurs en matière grasse et en protéines, qui devient de plus en plus indispensable surtout avec l'automatisation croissante des procédés de fabrication fromagère. Cependant, en technologie fromagère, il est préférable de travailler avec la teneur en caséines plutôt qu'avec la teneur en protéine totales. Par contre, comme il est difficile présentement de déterminer avec une grande précision et à faible coût la concentration en caséines des ingrédients laitiers, du lait de fromagerie et des fromages, la détermination des protéines totales ou des protéines vraies demeure un compromis très acceptable.

1.1.3. Transformation du lait en fromage :

La transformation du lait en fromage comporte, pour la plus grande partie des fromages, trois étapes principales : la coagulation, l'égouttage et l'affinage. La coagulation correspond à une déstabilisation des micelles de caséines qui flocculent puis se soudent pour former un gel emprisonnant des éléments solubles du lait. On peut provoquer la coagulation par acidification, par l'action d'un enzyme ou encore par l'action combinée des deux. L'égouttage correspond à une séparation physique entre solide et liquide. Puisque le gel obtenu par la floculation des caséines est instable, il se transforme rapidement à la suite de la concentration des micelles, ce qui provoque l'expulsion de la phase liquide hors du caillé. Ce phénomène appelé synérèse permet de séparer le caillé, contenant la caséine et la matière grasse, du sérum qui contient le lactose, des minéraux et les protéines solubles du lait.

L'affinage correspond à une digestion enzymatique des constituants du caillé égoutté. Comme le caillé frais a un goût fade, l'évolution de la transformation biochimique des composantes du caillé sous l'action de divers enzymes confèrera au fromage sa texture et sa saveur caractéristique au terme de l'affinage. Pour certaines variétés de fromage, il n'y a pas

d'affinage, car le caillé se consomme après égouttage, comme dans le cas des fromages frais. Un fait intéressant est que selon les paramètres technologiques appliqués à ces trois étapes, il est possible d'obtenir une très grande variété de fromage. Si on tient compte du lait des différents mammifères pouvant être transformé, il y aurait selon certaines sources près de 2000 variété de fromage dans le monde.

1.1.4. Classification des fromages :

La notion de fromage à appellation contrôlée (AOC) L'Appellation d'Origine contrôlée (AOC) indique que la désignation fromagère doit se conformer à la réglementation, notamment le type et la race de l'animal dont provient le lait.

L'emplacement de la production de lait et le fromage, les techniques de production (y compris la pasteurisation), la composition finale du fromage (sa teneur en matières grasses et la teneur en eau, par exemple), et les attributs physiques et sensoriels des fromages, dont la forme, la taille, et bien sur la saveur. **(Katz et Weaver,2003).**

1.1.5. Principales classifications des fromages

Il n'existe pas une méthode unique et standard pour leur groupage, les autorités utilisent plusieurs systèmes de classification, des classifications sont basées sur les caractéristique générales tel que le type du lait (ou du lactosérum) utilisés ou le pays d'origine, d'autre plus spécifiques basées sur la teneur en eau du fromage (dur, semi dur, à pâte molle et frais) **(Katz et Weaver, 2003).**

1.1.6. Principales classifications des fromages

Les produits portent, de manière visible et lisible, une indication relative aux traitements appliqués au lait ou à la crème mis en œuvre lors de leur fabrication, de la manière suivante :

- a) Pour tous les produits autres que **les fromages à pâte pressée cuite, les fromages de lactosérum, les fromages fondus et les spécialités fromagères fondus**, cette mention porte sur le traitement thermique subi par le lait mis en œuvre.

Les mentions doivent être, selon le cas :

« **Au lait pasteurisé** (ou thermisé- température inférieure à la pasteurisation) et au lait cru X% minimum » : pour les produits préparés à partir d'un mélange de lait cru et de lait pasteurisé (ou thermisé) ;

« Au lait cru » : pour les produits préparés à partir de lait chauffé à une température d'au moins 72C° pendant quinze secondes ou toute combinaison équivalent ; le lait pasteurisé présente une réaction négative au test de la phosphatase ;

« Au lait thermisé – température inférieure à la pasteurisation » : pour les produits préparés à partir de lait chauffé à une température supérieure à 40C° et inférieure à 72C° pendant au moins quinze secondes ; le lait thermisé présente une réaction positive au test de la phosphatase ;

b) Pour les fromages à pâte pressée cuite, les fromages de lactosérum, les fromages fondus et les spécialités fromagères fondues, la mention porte sur le traitement thermique appliqué au produit en cours de fabrication :

Les fromages à pâte pressée dont le processus de fabrication inclut une cuisson à une température supérieure ou égale à 50C° doivent porter, indépendamment de leur dénomination de vente, la mention « **fromage à pâte pressée cuite** » et, de façon facultative, la mention « au lait cru » lorsque le fromage est exclusivement fabriqué à partir de lait cru ;

La dénomination de vente des fromages fondus ainsi que des spécialités fromagères fondues incluant le qualificatif « fondu » Constituent la mention prévue pour le traitement thermique appliqué :

Les fromages de lactosérum doivent porter, indépendamment de leur dénomination de vente, la mention « **produit pasteurisé** ».

Dénomination « **fromage de lactosérum** » est réservée au produit obtenu par coagulation ou précipitation du sérum, concentré ou non, avec ou sans adjonction d'autres produits laitiers. Les fromages sont généralement fabriqués avec du lactosérum frais de brebis et /ou de chèvre qui sont très riches en protéines, additionné de lait entier de brebis et/ou de chèvre et/ou de vache.

Fromages blancs et fromages frais la dénomination « **fromage blanc** » est réservée à un fromage non affiné qui, lorsqu'il est fermenté, a subi une fermentation principalement lactique.

Les « **fromages blancs frais** » ou « **fromages frais** » sont des fromages blancs fermentés qui répondent à un critère supplémentaire : Ils doivent renfermer une vivante au moment de la vente au consommateur.

Les fromages blancs (éventuellement frais) constituent ainsi parmi les fromages une catégorie particulière qui bénéficie de plus de souplesse en termes de minimum de manière sèche. En effet, la teneur en matière sèche de ces fromages peut être abaissée jusqu'à 15g ou 10g pour 100g de fromage, selon que leur teneur en MG est supérieure à 20g au plus égale à 20g pour 100g de fromage, après complète dessiccation.

Fromages à pâte molle

Les fromages à pâte molle sont des fromages affinés ou non ayant éventuellement subi, indépendamment de la fermentation lactique, et dont la pâte n'est ni cuite ni pressée.

Fromages à pâte molle à croûte lavée

L'expression à croûte lavée s'applique à un fromage dont la croûte subit, au cours de l'affinage, des lavages et brossages qui favorisent le développement d'un goût prononcé.

Commentaire : la pluparts des pâtes molles à croûte lavée sont des fromages dont la teneur en matière grasse est importante, rarement inférieure à 45% sur extrait sec.

Fromages « bleu » ou à pâte persillée

La dénomination « **bleu** » est réservée à un fromage affiné, à pâte légèrement salée, éventuellement malaxée et persillée en raison de la présence de moisissure internes de couleur bleu-vert à blanc-gris.

Fromages à pâte pressée

Il s'agit des fromages dont le caillé est pressé après soutirage, puis mis à l'affinage.

Fromage à pâte pressée cuite

Ce sont des fromages à pâte pressée dont le caillé a subi un chauffage supérieur ou égale à 50C° au moment de son tranchage. Sous réserve de conditions particulières d'affinage. L'Emmental peut porter le qualificatif « **affinage de tradition** ». La teneur minimale en matière sèche pour 100g de fromage est de 60g pour l'Emmental, 61g pour le Beaufort et 62g pour le fromage pour le Gruyère et le comté.

Fromages à pâte pressée non cuite

Ce sont des fromages dont le mélange caillé-sérum peut être chauffé, mais à une température inférieure à 50C° et dont le caillé est pressé après soutirage-moulage.

Fromages à pâte filée

Les fromages à pâte filée sont principalement représentés par la Mozzarella. Le fromage filé est généralement vendu en collectivités sous forme de pains à trancher de 1 kg, de billes de 5,8 ou 10g, ou des cubes conditionnés en sachet de 1 kg. Le fromage doit être utilisé le plus vite possible après ouverture du conditionnement. Le fromage est généralement conditionné dans son sérum pour la présentation en billes ou cubes, ou sous vide lorsqu'il est en pain.

Fromage en saumure

Les fromages en saumure sont des fromages affinés, de consistance ferme à molle, dont la pâte présente une coloration blanche à jaunâtre et une texture compacte se prêtant au découpage, et elle est pratiquement exempte de perforations mécaniques. Les fromages n'ont pas véritablement de croûte et ils ont été affinés et conservés en saumure jusqu'au moment de leur vente, ou de leur préemballage pour la vente au consommateur. Certains fromages en saumure contiennent des fines herbes et des épices qui font de leur identité.

Fromages fondus

La dénomination « fromage fondu » est réservée au produit obtenu par la fonte et l'émulsification, à l'aide de la chaleur (à une température d'au moins 70C° pendant 30 secondes ou toute autre combinaison équivalente), de fromage ou d'un mélange de fromage, additionné éventuellement d'autres produits laitiers, présentant une teneur minimale en matière sèche de 40g pour 100g de produits finis, et une teneur minimale en matière grasse de 40g pour 100g de produit après complète dessiccation.

2. Les étapes de fabrication fromagère :**• La coagulation :**

Tout d'abord, le lait va être caillé : c'est l'étape de la coagulation. Les protéines du lait, ou caséines, vont coaguler afin de rendre la matière plus consistante et solidifier le lait. Cela se fait par acidification naturelle des ferments du lait. Ce processus peut être accéléré en ajoutant de la présure qui est une enzyme issue de la caillette (partie de l'estomac des jeunes veaux nourris exclusivement au lait). Les caséines vont ainsi, par ce procédé, être prédigérées. Le lactose, qui est le sucre naturel du lait, va être transformé partiellement ou totalement en acide lactique.

• L'égouttage :

Il permet la séparation du caillé (phase solide) et du lactosérum (phase liquide composée d'eau et de matières solubles comme le lactose, les sels minéraux et les protéines solubles). Au cours de cette phase, jusqu'à 80% de l'eau va être extraite.

• Cas de caillé acide :

Le coagulum obtenu exclusivement par acidification n'a plus de micelles structurées. Il est constitué de molécules de caséine déminéralisée, donc sans lien ni cohésion et incapables de se contracter. L'eau est liée chimiquement à la phase solide et y est retenue fortement. Dans un coagulum frais, la synérèse débute d'elle-même de façon spontanée et rapide, libérant le sérum qui traverse facilement sa masse poreuse. Cependant le phénomène ne se produit pas à un degré avancé, mais laisse un caillé peu déshydraté et très humide. D'autant plus d'ailleurs, que de nature fragile et friable, le caillé acide ne se prête pas au travail mécanique. Les techniques de cet ordre qui sont toutefois nécessaires en fromagerie, comme le brassage, doivent être appliquées de façon délicate, sans quoi il se détache, en excès, de petites particules de caillé, ou « fines », qui rendent le lactosérum trouble et blanchâtre tout en occasionnant des pertes considérables.

Dans le travail du caillé acide, on a généralement recours à la chaleur comme moyen de suppléer au manque d'effet physique pour le raffermissement ; l'élévation de température favorise, en effet, un égouttage plus intense et plus rapide.

- **Cas du caillé présure**

La nature différente du caillé présure se répercute sur le comportement de l'égouttage. Lors de la coagulation, la micelle de caséine conserve sa structure et relie le calcium et le phosphore comme éléments importants qui, entre autres, lui confère sa rigidité, sa cohésion et son imperméabilité. Sous l'effet de la présure, il se produit de nouvelles liaisons. Plusieurs micelles se relient entre elles pour former les réseaux agrandis dont les mailles englobantes, tel un tissu spongieux, retiennent mécaniquement une bonne partie de l'eau. Rendant ainsi possible l'expulsion du sérum. **(MeSWEENEYetal, 2004)**

Toutefois la synérèse ne démarre pas de façon spontanée. Le coagulum imperméable rend difficile et lent le passage de sérum. Mais du fait de sa cohésion, il est capable de supporter des interventions mécaniques favorables à son déroulement. De leur côté, la température et le pH du milieu ont aussi une influence sur l'égouttage. C'est par l'intervention conjuguée de tous ces moyens qu'on peut contrôler la vitesse et le degré de raffermissement du caillé. Dans ce but, on opère les opérations suivantes :

1. **Découpage ou tranchage :**

C'est l'opération qui consiste à trancher en portions égales la masse de lait coagulé. On l'appelle aussi « décaillage » cette opération permet d'augmenter la surface totale d'exsudation du sérum et de favoriser l'égouttage. En principe, pour les fromages frais et les pâtes molles, le caillé est tranché en cubes plus gros, alors que pour les fromages fermes on les découpe plus petits. On recherche une dimension optimale en vue de leur raffermissement voulu. **(MeSWEENEYetal, 2004).**

2. **Brassage :**

L'agitation mécanique des grains de caillé dans le lactosérum a pour effet d'éviter leur agglomération et d'accélérer leur déshydratation. Elle doit être faible avec les coagulum fragiles obtenus par coagulation acide. Par contre, les caillés présure voulus pour les fromages fermes peuvent supporter une agitation plus vigoureuse et plus continue.

3. Pressage :

Ce procédé permet d'extraire l'eau libre de la pâte de fromage et de compléter ainsi son égouttage. Évidemment, il ne s'applique pas à tous les types de fromage, mais seulement à ceux dont la structure est capable de supporter une pression directe. Il va de soi que les conditions de pressage, telles que l'intensité, la progression et la durée dépendent de la nature des fromages et doivent s'y adapter.

4. Température : c'est en activant les réactions de la présure ainsi qu'en diminuant la viscosité du coagulum que l'élévation de température favorise la contraction du gel et, par-là, l'expulsion du sérum. Le degré de chauffage, ou la cuisson, varie avec le type de caillé, son acidité et la fermeté désirée du fromage. On peut même atteindre des températures de 55-60°C dans la fabrication de fromages fermes, peu acides, comme ceux du type Gruyère de même que dans le cas de fromages italiens, à pâte plastique.**5. Acidité :**

L'acidification du gel présure entraîne une diminution de l'eau d'hydratation des micelles, solubilise partiellement les sels de calcium augmentant de ce fait la perméabilité du coagulum, accélère les liaisons secondaires propices à sa contraction : toutes ces conditions interviennent pour faciliter et accélérer l'expulsion du lactosérum. L'efficacité de l'acidification sur l'égouttage peut marquer jusqu'à pH 5.5 mais de là, augmente jusqu'à pH 4.9 où elle atteint son maximum. L'acidification règle l'association calcium-phosphore pour donner au caillé son élasticité et sa fermeté. (MeSWEENEY et al, 2004).

6. Autres facteurs :

L'égouttage est lié à la tension du caillé et mieux ce dernier temps de coagulation est court, plus forte sera la tension du caillé : et mieux ce dernier s'égouttera. Tout ce qui occasionne un caillé mou nuit indirectement à l'égouttage. C'est ainsi que peuvent être en cause : la dose de la présure et son activité protéolytique totale, la pauvreté du lait en minéraux, spécialement en calcium, de même que les protéines solubles dénaturées par un chauffage sévère. On peut noter également qu'une plus forte teneur en matière grasse rend la diffusion du sérum plus difficile à travers le gel et, conséquemment, son raffermissement plus lent. (MeSWEENEY et al, 2004).

Cas du caillé mixte :

Les coagulums mixte présentent des caractères intermédiaires entre les caillés purement présure ou acide. Leur égouttage se déroule donc de façon variée selon la prédominance de l'un ou de l'autre agent coagulant. Le caillé présure conserve son aptitude au raffermissement même s'il se déminéralise au cours de l'acidification. De son côté, l'acidité développée active la synérèse. En fait, il exerce une interaction de tous les facteurs en jeu. L'égouttage se fait de façon plus ou moins poussée l'interaction contrôlée du rôle de présure, de l'acidification, des modalités de découpage, de brassage, de cuisson et de pressage. On arrive ainsi à obtenir des fromages avec leurs propriétés spécifiques.

- **Moulage et salage :**

Le fromage peut ensuite être salé dans la masse des grains de caillé, en surface par salage à sec ou par trempage dans un bain de saumure. Il est ensuite moulé. Les fromages frais sont emballés directement et ne subissent pas d'affinage.

- **L'affinage :**

L'affinage d'un fromage se fait dans des conditions spécifiques de température, d'hygrométrie (humidité) et de ventilation qui lui sont propres. Il permet au sel de migrer dans la pâte et de débiter la formation de la croûte. Les caséines vont subir des fermentations successives grâce à la présure, donnant ainsi une saveur et une texture spécifique au fromage. Les ferments naturels du lait vont ensuite jouer un rôle prédominant dans l'apparition de saveurs typiques de chaque terroir. Enfin, les ferments de la croûte (bactéries et champignons) vont compléter et achever le processus de maturation du fromage. Un fromage à bonne maturation exprime ainsi tous ses arômes.

La durée de l'affinage varie d'un fromage à un autre : de quelques semaines pour un Camembert à plusieurs mois pour un fromage à pâte cuite (type Comté). Il évolue différemment en fonction du type de pâte : les pâtes pressées ne s'affinent que de l'intérieur, les pâtes persillées de l'intérieur vers l'extérieur et les pâtes molles de l'extérieur vers l'intérieur.

Les variétés des fromages :

FAMILLES	EXEMPLES DE FROMAGES	CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES
FROMAGES FRAIS	Faisselles, Fromages blancs, Petits-Suisses...	- Caillé lactique (pas de présure) peu égoutté et non-affiné. ► Fromages très humides : 70 à 80% d'eau. ► Durée de conservation courte. ► Diverses présentations : natures, salés, avec des épices ou des herbes aromatiques, sucrés, aromatisés...
FROMAGES A PÂTE MOLLE ET A CROûTE FLEURIE	Brie de Meaux, Brie de Melun, Camembert, Chaource, Coulommiers, Carré de l'Est, Neufchâtel...	- Caillé mixte (présure + acidification lactique). ► Affinage : en 2 à 6 semaines, les moisissures se multiplient et forment un duvet blanc appelé « la fleur ». ► Taux d'humidité : 50%.
FROMAGES A PÂTE MOLLE ET A CROûTE LAVÉE	Epoisses, Langres, Livarot, Maroilles, Mont-d'Or, Munster, Pont-l'Evêque, Reblochon...	- Caillé mixte (présure + acidification lactique). ► Pendant l'affinage, leur surface est lavée avec de l'eau salée puis brossée afin de favoriser l'implantation d'une flore bactérienne rouge orangée. ► Taux d'humidité : 50%.
FROMAGES A PÂTE PERSILLÉE	Bleu d'Auvergne, Bleu de Gex, Bleu des Causses, Fourme d'Ambert, Fourme de Montbrison, Roquefort...	- Ils sont percés de trous avec de fines aiguilles pour « aérer » la pâte et permettre le développement de moisissures bleues en marbrures. ► Affinage : 12 à 30 semaines ; de l'intérieur vers l'extérieur. ► Taux d'humidité : 45 à 50%.
FROMAGES A PÂTE PRESSEE	Cantal, Edam, Gouda, Laguiole, Mimolette, Morbier, Ossau-Iraty, Pyrénées, Raclette, Saint	- Caillé mixte, à dominante présure. ► Egouttage par pressage. ► Salage en bain de saumure ou salage à sec.

FAMILLES	EXEMPLES DE FROMAGES	CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES
NON-CUITE	Nectaire, Saint Paulin, Salers, Tome de Savoie, Tome des Bauges, Tome noire des Pyrénées...	► Affinage : de 2 mois à plus d'un an. ► Taux d'humidité : 45 à 50%.
FROMAGES A PÂTE PRESSEE CUITE	Abondance, Beaufort, Comté, Emmental, Gruyère, Parmesan...	- Caillé présure très égoutté : cuisson du caillé, pressage, moulage. ► Dans certains fromages, les trous de la pâte sont provoqués par le CO₂ dégagé par les micro-organismes, transformant ainsi la pâte pendant l'affinage. Plus la température est élevée, plus les trous sont nombreux et grands. Ex : le Gruyère (affinage à 16-17°C) a des trous plus petits que l'Emmental (affinage à 20-22°C). ► Affinage : 6 à 24 mois ► Taux d'humidité : 35 à 40%.
FROMAGES FONDUS	Fromages de type crème de gruyère	- Ils résultent de la fonte de fromages à pâte pressée cuite ou non. ► Ils peuvent être additionnés de lait, crème, aromates... ► Taux d'humidité : 40 à 70%.
FROMAGES DE CHEVRE	Banon, Chabichou, Charolais, Chevrotin des Aravis, Crottin de Chavignol, Feta, Mâconnais, Pélardon, Picodon, Pouligny Saint-Pierre, Rigotte de Condrieu, Rocamadour, Selles-sur-Cher, Sainte Maure, Valençay...	- Leur fabrication est proche des fromages à pâte molle et à croûte fleurie. ► Affinage : selon sa durée, de quelques jours à quelques semaines, obtention de chèvres frais, tendres, ½ secs, secs ou durs. ► Diverses croûtes ; cendrées, saupoudrées d'aromates, entourées de feuilles... ► Diverses formes : bâchettes, pyramides, cylindres, pavés...

3. Conservation des fromages :

Le fromage a besoin de fraîcheur et d'humidité afin de bien conserver car il craint la chaleur ainsi que le froid sec.

Voici quelques petits conseils qui vous permettront de déguster vos fromages préférés dans de bonnes conditions :

- Conservez vos fromages dans votre réfrigérateur, de préférence dans le bac à légumes. En effet, le froid y est moins intense et ce bac est conçu afin d'éviter que la soufflerie n'atteigne les aliments et ne les abîment.
- Gardez vos fromages dans leur emballage d'origine ou dans le papier sulfurisé du crémier afin de les protéger du froid sec de votre réfrigérateur.
- Si vos fromages dégagent une forte odeur, vous pouvez les placer dans une boîte hermétique afin d'éviter qu'elle n'envahisse tout votre réfrigérateur. De plus, elle permettra de mieux conserver leur humidité.
- N'oubliez pas de sortir vos fromages du réfrigérateur au moins 30 minutes avant leur consommation afin qu'ils retrouvent la température ambiante ainsi que toute leur saveur !

Document complémentaire

La fabrication en étapes à partir du lait

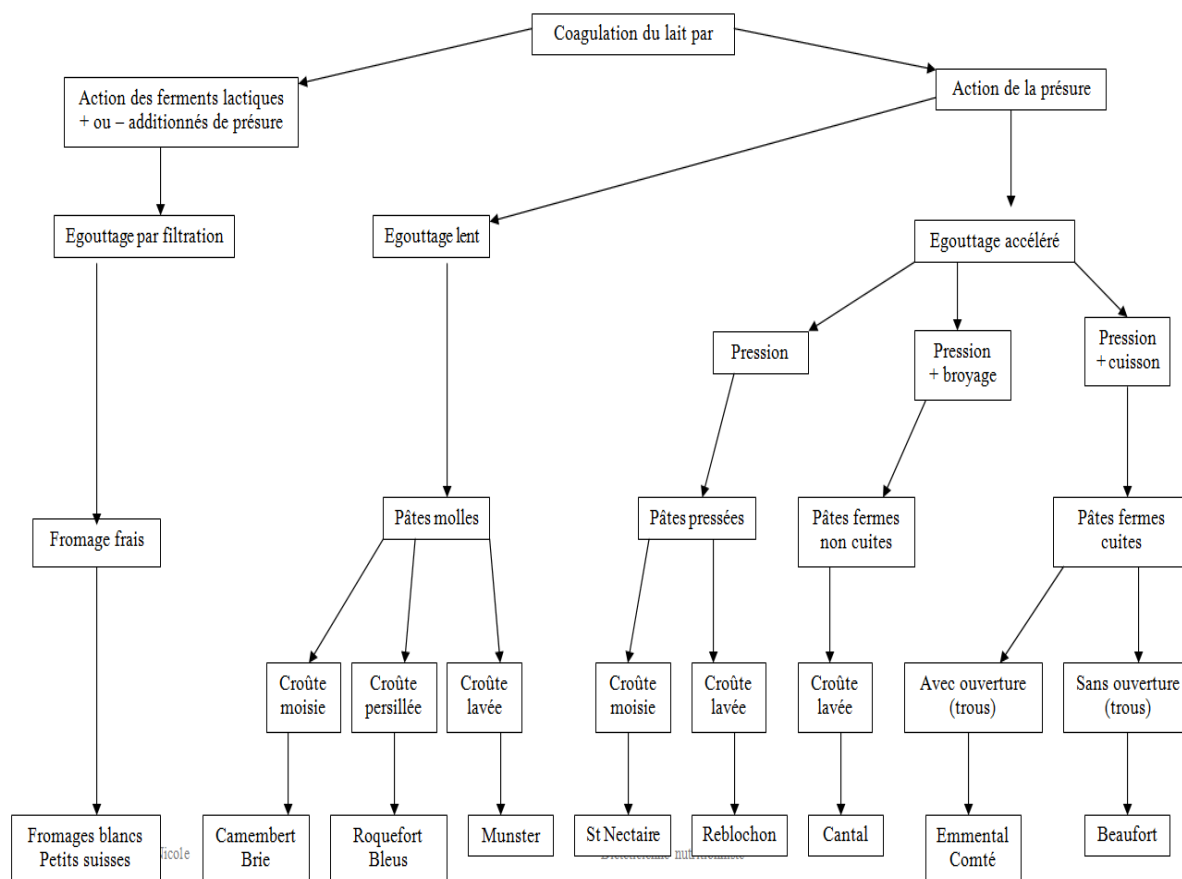


Figure 02: Schéma des méthodes de fabrications des principaux produits laitiers.

Chapitre 04 :

**QUALITE ET FROMAGEABILITE DES
LAIT**

1. La fromageabilité du lait:

L'aptitude d'un lait à être transformé en fromage, est un facteur primordial pour les transformateurs. Cette capacité a été beaucoup étudiée par le passé et peut être caractérisée en routine par l'analyse du temps de prise du lait après emprésurage, du temps de raffermissement du lait et de la fermeté du gel 30 minutes après emprésurage (*Remeuf et al, 1991*). D'autres critères permettent d'estimer indirectement l'aptitude à coaguler d'un lait, tel que les teneurs du lait en matières azotées totales, protéines, caséines, calcium et sodium (*Remeuf et al., 1991*). D'autre part, plusieurs études ont mis en évidence l'impact des caractéristiques de la ration sur le taux protéique du lait (*Coulon et al, 1998*).

1.1. Maîtrise de la fromageabilité du lait par la maîtrise des taux (TB, TP)**1.1.2. Variation de la teneur en matière grasse (taux butyreux)**

Les matières grasses sont présentes dans le lait sous forme d'une émulsion de globules gras. La teneur en matières grasses du lait est appelée Taux butyreux (TP).

Le taux butyreux d'un lait de vache (35 à 45 g/kg) varie en fonction :

1.1.3. Variation de la teneur en matières protéiques (taux protéique)

Le taux de matières azotées totales du lait est appelé Taux Protéique (TP). Le TP est une caractéristique importante du lait. Plus le TP sera élevé par rapport à une référence et plus le lait sera payé cher au producteur. En effet, plus le taux protéique est élevé et plus le rendement de transformation fromagère sera bon.

Les protéines du lait représentent 95% des matières azotées totales du lait. Les 5% restant sont constitués d'acides aminés libres, de petits peptides, d'azote non protéique (essentiellement de l'urée : 0,3 à 0,4g/l) mais aussi de la créatinine, de l'acide urique.

Les protéines du lait, elles, sont constituées de :
80% de caséines, c'est à dire l'ensemble de protéines précipitables à PH 4,6. Les différentes caséines (alpha-caséine, beta-caséine, kappa-caséine) forment avec du phosphate de calcium, un complexe qui se présente sous la forme d'une micelle.

- 20% de protéines solubles : lactalbumines, lactoglobulines, sérum albumines, immunoglobulines.

2. La fromageabilité du lait

Critères d'aptitude fromagère :

- comportement à la coagulation
- temps de raffermissement et fermeté du caillé
- influence sur la texture du fromage.

Ces critères sont influencés par :

- Le taux butyreux pour un produit final à 45% de MG : il en faut un minimum pour le goût, la flaveur (odeur + texture). L'affinage fait surtout travailler ces molécules.
- Le taux de caséines dans le TP : quand la concentration en caséines du lait augmente, le rendement fromager augmente. Cette augmentation de rendement s'explique par un caillage plus rapide et la formation d'un gel plus ferme qui retient ainsi plus de particules (matière grasse et sels minéraux). En général, le taux de caséines est proportionnel au TP.

3. Rendement fromager

3.1. Introduction :

Le rendement en fromage (RF) est la quantité de fromage obtenue à partir de 100 kg de lait. Dans l'industrie laitière, il est important de prévoir le (RF) des productions pour prévoir les matériaux, la main-d'œuvre et l'équipement qui seront utilisés dans l'élaboration; il permet également le calcul de la rentabilité du processus de fabrication (Veisseyre 1980).

Il est important d'avoir une formule qui vous permet de calculer un rendement théorique du fromage aussi proche que possible pour corriger les écarts par rapport au processus et sélectionner le lait qui assure de bons rendements.

Le rendement du fromage a été étudié pendant plus d'un siècle par plusieurs chercheurs (Emmons et al., 1990, Van Slyke, 1894). Plusieurs auteurs ont décrit différentes formules pour prédire le QR en tenant compte de la composition du lait. Il existe différents types d'équations qui utilisent la composition du lait (réactif principal) en utilisant un ou plusieurs paramètres:

Teneur en protéines (PT) ou de la caséine (C), de matières grasses (MG), les matières solides (TS) et de solides non gras (SNG); ainsi que la teneur en humidité (Hum%), le sel et la graisse du fromage (FIL-IDF 1993). Il n'y a pas de façon unique de prédire la performance du fromage en fonction de la composition du lait et de la composition du fromage et des modèles théoriques et empiriques et de leurs formules correspondantes ont été développés. Le modèle théorique utilisé est le Van Slyke (Van Slyke, 1894), bien qu'il existe d'autres formules plus complexes (Lolkema, 1993; Posthumus et al, 1964 ; Emmons et al, 1990 Melilli et al., 2002; Jiménez-Márquez et al., 2002).

Certaines des formules sont d'application générale, tandis que d'autres ont été développées pour des fromages spécifiques.

3.2. Les formules de prédiction de(RF) sont classées en deux types (Emmons et al., 1990):

- a) Les équations théoriques basées sur une connaissance détaillée des changements physico-chimiques et biologiques dans la fabrication du fromage.
- b) Les équations empiriques, développées à partir de données obtenues à partir d'élaborations dans des conditions contrôlées. Les modèles théorique et empirique expriment tous deux un bilan massique, puisqu'ils mettent en relation les kilogrammes obtenus à partir du fromage avec les kilogrammes de lait utilisés (Emmons, 1990, Morison, 1997, Roupas, 2008).

3. 3. Le lait : aptitude fromagère liée à la composition:

Un lait présent une bonne aptitude fromagère s'il permet d'obtenir :

- Un rendement fromager élevé : quantité de fromage obtenue à partir d'une quantité unitaire de lait mise en œuvre;
- Un fromage dont la qualité organoleptique en fin d'affinage est conforme au goût du consommateur ;
- Un fromage dont la composition est conforme aux normes qui s'appliquent à son appellation, pour le rapport matière grasse/extrait sec notamment.

De nombreux auteurs, à partir de l'analyse statistique d'un grand nombre de fabrications, ont pu établir des équations de la forme: $R = a.TP + b.TB$, R étant le rendement en kg de caillé pour 100 kg de lait, TP la teneur en protéines du lait et TB sa teneur en matière grasse ; a et b sont des constantes. Ces équations donnent de très bons résultats, pouvant expliquer 90 % des causes de variation du rendement. Toutefois, à chaque type de fabrication fromagère correspond une équation particulière, par exemple: $R = 0,218 TP + 0,058 TB$ pour une fabrication de gruyère du Jura (Mocquot et al 1963).

3.4. Facteurs affectant le rendement: brève revue

Les principaux facteurs qui affectent la performance de la fabrication du fromage peuvent être :

A- Composition du lait:

Évidemment, la composition du lait, en particulier son teneur en protéines et lipides, joue un rôle fondamental dans la définition de la performance. En ce qui concerne les protéines, est considéré comme particulièrement la caséine, qui est la fraction coagulable et formant un réseau (calcium paracaseinate) « emprisonnant » les autres constituants du lait tels que les matières grasses, le lactose, sels minéraux, etc. Si la teneur caséine dans le lait est augmentée, le rendement de production est visiblement augmenté par le poids de la protéine elle-même, qui est retenue en plus grande quantité et aussi par le fait que la caséine augmente considérablement la rétention d'eau dans le fromage. En outre, une augmentation de la graisse provoque la même augmentation positive du rendement, mais dans ce cas, la rétention d'eau dans le fromage est dû à la synérèse réduite au cours d'égouttage. Il est très important que la standardisation du lait pour la production de fromage est fabriqué à base de matériau de caséine rapport / gras, qui, si elles sont maintenues fixes, permet d'obtenir physique et fromages chimiquement uniforme. Il convient de rappeler que la composition du lait, et par conséquent le rendement, est influencée par divers facteurs tels que la race animale, l'alimentation, la période de lactation, etc.

B- - Composition du fromage:

L'influence la plus expressive est la teneur de l'humidité du fromage. Naturellement, plus la teneur en eau d'un fromage est élevée, meilleures sont les rendements de cette production.

C- Perdu dans la coupe:

Sans doute, il est impossible de couper un caillé sans pertes partielles de composants du lait dans le sérum. Cependant, ces pertes peuvent être minimisées par une coagulation bien contrôlée du lait et une coupe soignée du caillé. La vitesse de coupe et la taille des grains, ainsi que l'intensité d'agitation faite immédiatement après la coupe, ont une grande influence sur les pertes de matières grasses et de protéines dans le sérum.

D- Stockage à froid du lait:

Stockage prolongé du lait cru à des températures basses provoque des changements dans le lait physico-chimique, la dissociation partielle de la caséine micellaire (fraction b) qui passe pour la phase soluble, augmentant les pertes d'azote, de graisse et de fines composés de caillé, et par conséquent, réduire les performances de fabrication, en réduisant le rendement de la fabrication. En résumé, si vous travaillez avec du lait "du jour" il y a plus de chances d'améliorer la performance.

E- Type de coagulant utilisé:

Tous les coagulants utilisés sont caractérisés par la présence d'une ou plusieurs protéases qui attaquent la fraction K de la caséine, provoquant la coagulation du lait. Certaines de ces protéases sont plus protéolytiques ou moins spécifiques que d'autres. En plus de briser la liaison spécifique 105-106 de la caséine K se dégradent rapidement le reste de la chaîne d'acides aminés lors de la coagulation de lait et peut causer une plus grande perte d'azote, de graisse et de fines composés du caillé dans l'égouttage. L'enzyme qui combine les meilleures performances coagulant avec la plus grande spécificité et permet donc une meilleure utilisation des composants du lait caillé fournissant ainsi des performances plus élevées est la chymosine (présente dans le caillé obtenu de veaux) suivie de la pepsine bovine. Choisir la bonne présure est donc un facteur très important dans le contrôle du rendement de fabrication du fromage.

F. pasteurisation du lait:

Lorsque le lait est pasteurisé, un faible pourcentage des protéines de lactosérum est dénaturé (environ 2 à 3%). La b-lactoglobuline n-insaturée tend à s'associer à la K-caséine et va en partie au caillé, au lieu d'être perdue dans le sérum comme cela se produit habituellement avec les protéines sériques. Ce phénomène entraîne une légère augmentation du rendement, due à la présence de la protéine sérique et également à sa capacité d'hydratation connue. On peut en déduire que lorsque l'on compare du lait cru avec du lait pasteurisé, c'est le second qui permet le rendement le plus élevé. Plus la température de pasteurisation est élevée, plus l'indice de dénaturation est élevé. Cependant, il est déconseillé d'utiliser des températures supérieures à 75 °C / 15 s, le caillé devient plus douce, avec le risque de pertes importantes dans l'égouttage et le fromage sera plus humide, mûrit plus rapidement et avec plus grand risque de goût amer (plus grande rétention de la coagulant),

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Objectif :

Le but estompé à travers cette étude pratique, est de fabriqué du fromage artisanale a base des 2 coagulants : citron et vinaigre.

2. Lieux de travail :

L'ensemble des travaux est effectué dans laboratoire des sciences de la production animale (LSPA).



Figure 03 : Situation géographique du site de prélèvement (Ferme ITA)

3. Matériels et produit utilisés :

- Pipette de 40 ml.
- Thermomètre.
- Un bécher de 1l.
- Lait à 20 °C.
- Bain marie à 85-90 C°
- Lait UHT reconstitué (candia), lait reconstitué pasteurisé, lait de vache pasteurisé, lait de vache UHT (Tifrali).
- jus de citron, vinaigre (environ 40 ml/litre de lait).

4. Les Analyses physicochimique du lait avec le « lactoscan »

Le lactoscan est analyseur moderne qui convient à l'analyse de tout type de lait. Grâce à la technologie à ultrasons qu'il utilise, il n'est pas nécessaire de procéder à son calibrage à intervalles réguliers. Il est automatiquement calibré, sans utilisation d'ordinateur.

La précision des déterminations ne dépend pas de l'acidité du lait et l'analyse peut être réalisée dès la température de 5°C.

Dans sa version de base, lactoscan est proposé réglé pour l'analyse de lait de vache, lait de brebis et lait de chèvre. En option, il est proposé avec réglages pour l'analyse d'autres produits laitiers telle que la crème de lait. Le lait concentré ou écrémé. En outre, le calibrage peut être effectué par l'utilisateur, pour l'analyser des échantillons de yaourt, de mélange de crème glacée ou de lactosérum.



Figure 04 : image représentative de lactoscan

5. Fonctionnement :

Cherchez d'abord le produit souhaité (lait). 20 calibrages de produits différents sont ainsi disponibles (pour le lait entier, le lait écrémé, la crème, le lait de chèvre, le lait de brebis, le lait de vache, etc.).

Plongez le tuyau d'aspiration d'échantillons dans un tube d'essai avec le lait à analyser. Celui-ci devra comprendre au moins 30 ml de lait (la quantité devra être augmentée en conséquence pour des mesures multiples). Sinon, l'appareil aspire de l'air, ce qui déclenchera le message d'erreur « pas de plateau ».

Exigences pour les échantillons de de lait à analyser.

pH : minimum 6.3
Absence de bulles d'air : l'échantillon ne doit pas être mousseux, les bulles d'air perturbant considérablement la mesure.
L'échantillon doit être liquide. Il ne doit pas contenir de composant solide.
L'échantillon doit être secoué/agité. Les perles de matière grasse doivent être bien réparties dans le lait.
Température : de 8°C à 35°C. Les échantillons de lait devront être à température unitaire dans la mesure possible.

Au moyen des touches curseur, allez vers le point de menu « mesure ».

Appuyez sur la touches « enter » --la mesure commence.

De 12 à 20 ml de lait sont d'abord pompés (en fonction du réglage).

4 séquences suivantes se succèdent à chaque mesure :

- Pompage d'échantillons.
- Chauffage d'échantillons.
- Equilibrage de température.
- Mesure.

6. Procédure :**1er jour**

1. Mettre le lait dans b cher et le chauffer à 85-90 C dans un bain marie.
2. Ajoutez 40 ml de jus de citron ou bien vinaigre et bien remuer mais délicatement (15-20 secondes).
3. retirez de bain marie, couvrir et laisser reposer pendant 15 minutes (sans remuer). On devrait voir le caillé et le petit lait (liquide légèrement jaune/verdâtre) se séparer assez nettement.
4. lorsque le caillé et le petit lait sont bien séparés (20 heure à 20-23 C) on verse le tout dans une passoire tapissée de coton à fromage.

2  me jour

5. On laisse égoutter le caillé pendant 6-8 heures.
Le lendemain, le caillé est mis en moules puis égoutté. L'égouttage permet d'évacuer le sérum du fromage frais. On obtient des produits de textures très différents selon la durée et la température d'égouttage car l'extra t sec peut varier sensiblement. Certains fromages moulés sont vendus avec un faible égouttage, laissant une petite couche de sérum au –dessus du caillé. Le produit doit être adapté en fonction des attentes de la clientèle, d'où l'utilité des tests de produit avant le lancement de la production.
6. On sort le fromage du sac et on mesure son poids.

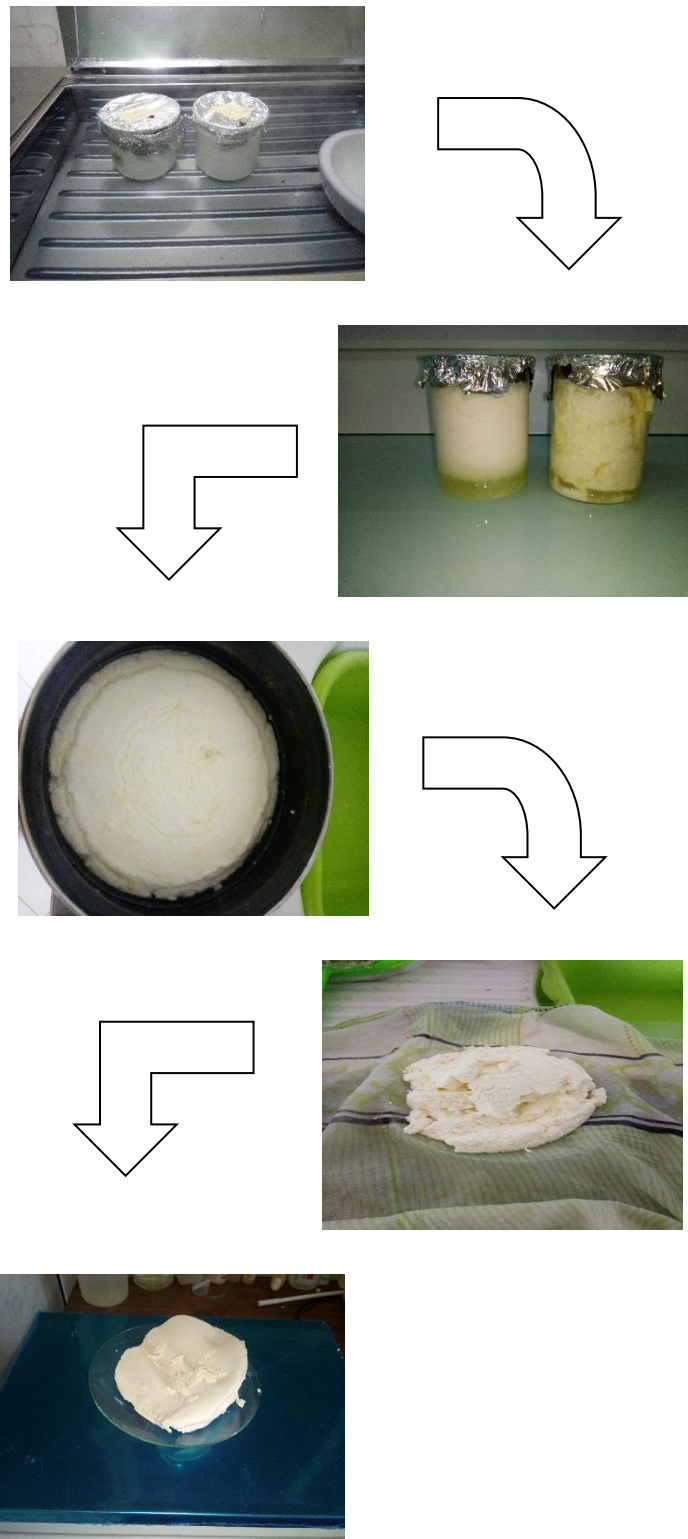


Figure 05 : des images représentatives sur la fabrication du fromage artisanale.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Résultats et discussions des analyses physicochimiques :

Les analyses ont été effectuées selon :

Les normes Algériennes (NA) décrites par le Ministère du commerce.

Les normes AFNOR, ISO.

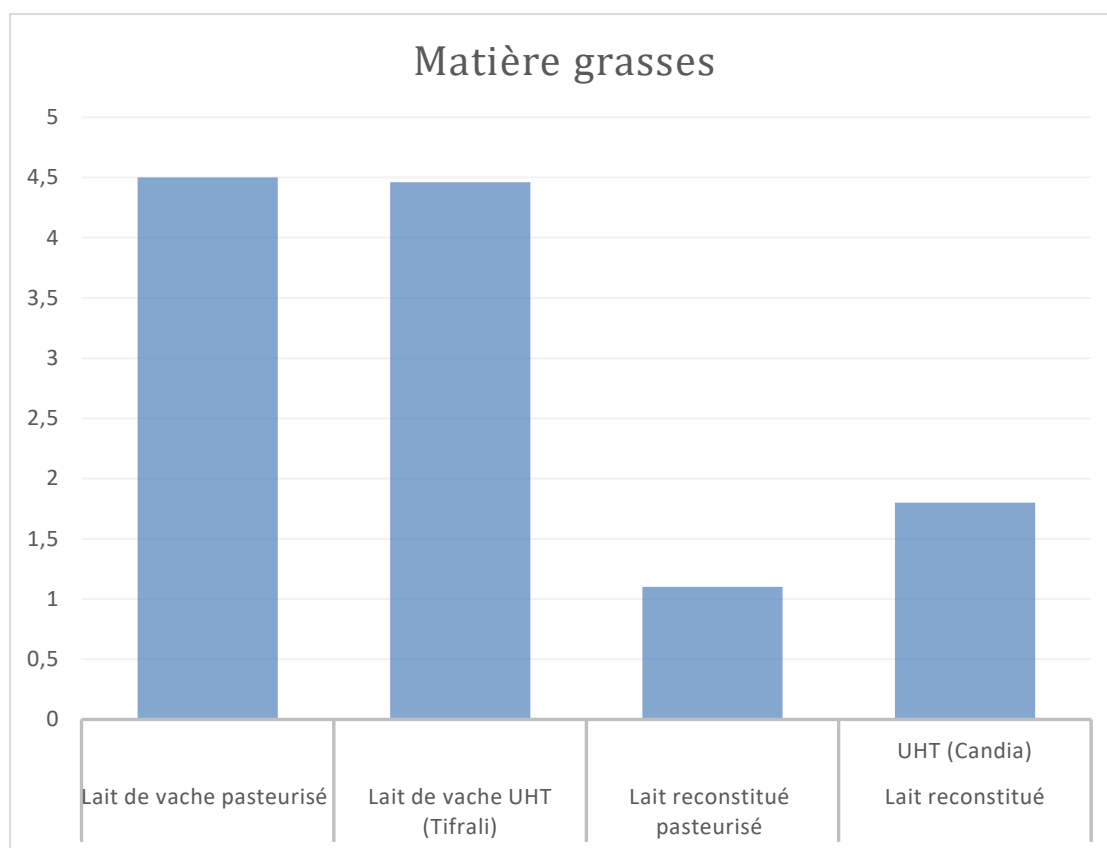
Cette étude a été conduite dans le but de comprendre l'évolution des paramètres, le rendement de fromage et des phénomènes physicochimiques qui interviennent pendant le procédé de fabrication de la spécialité fromagère du fromage traditionnelle on change à chaque fabrication le type de coagulants naturels (jus de citron et vinaigre) et le type de lait.

Tableau N°08:

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'échantillon du lait mesuré par le « LACTOSCAN »

	Lait de vache pasteurisé	Lait de vache UHT (Tifrali)	Lait reconstitué pasteurisé	Lait reconstitué UHT (Candia)
Matière grasses	4.50	4.46	1.1	1.8
Extrait sec	8.4	9.73	5.05	8.27
Protéines	3.20	3.48	1.59	3
Lactose	5.00	4.99	12.72	4.44
Densité	1.033	1.034	1.017	1.028
Point de congélation	0.66	0.593	0.295	0.504
Minéraux	0.6	0.75	0.40	0.66
L'acidité	17.9	17	17.8	16
pH	6.96	6.74	6.72	6.90
Température	23	20	20	20

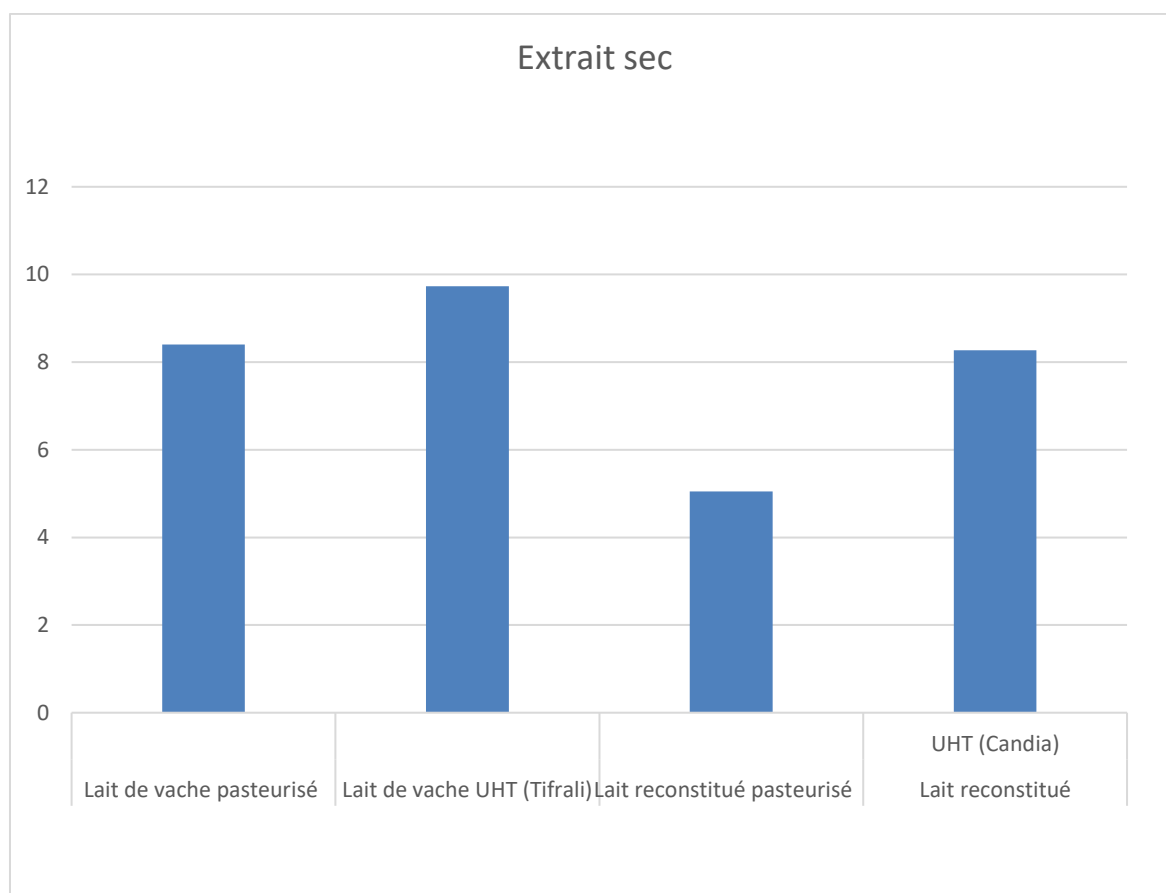
1.1. La teneur en matière grasse

**Figure 06:** Matière grasse des 4 types de lait

On observe que la matière grasse du lait de vache pasteurisé et UHT (Tifrali) est plus importante par rapport à celle du lait reconstitué (lait de sachée et candia) (4.50g vs 1.8g).

Nos résultats révèlent une différence significative des teneurs en matière grasse du lait de vache pasteurisé par rapport aux mêmes teneurs du lait reconstitué pasteurisé (4.5g vs 1.8g) soit un rapport de différence estimé à 60%.

1.2.L'extrait sec

**Figure 07 :** l'extrait sec des 4 types de lait

L'extrait sec est significative pour tous les types de lait de vache pasteurisé, Lait de vache UHT (Tifrali), Lait reconstitué UHT (Candia) (5.4 vs 9.73 vs 8.27) sauf reconstitué pasteurisé 5.05.

Nos résultats révèlent une différence significative des teneurs en extrait sec du lait de vache UHT (Tifrali) par rapport aux mêmes teneurs du lait reconstitué pasteurisé (9.73g vs 5.05g) soit un rapport de différence estimé à 48%.

1.3. La teneur en protéine

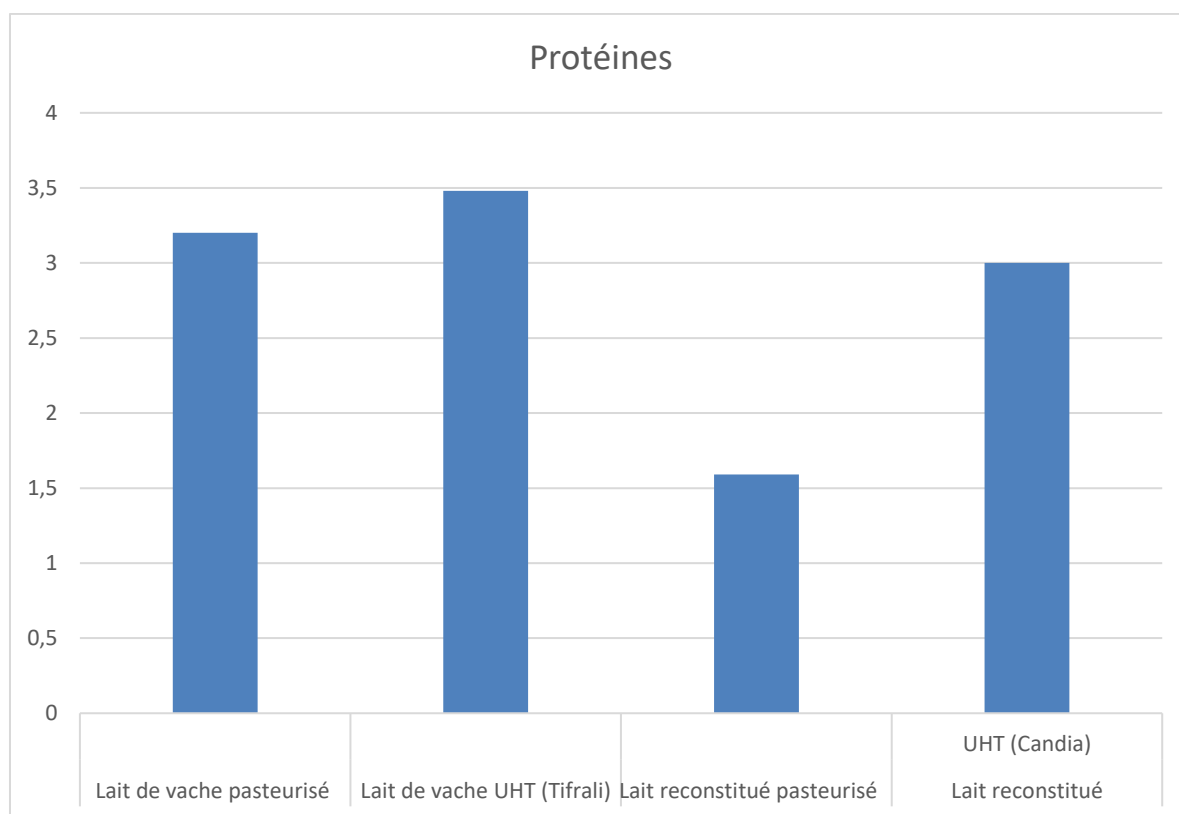
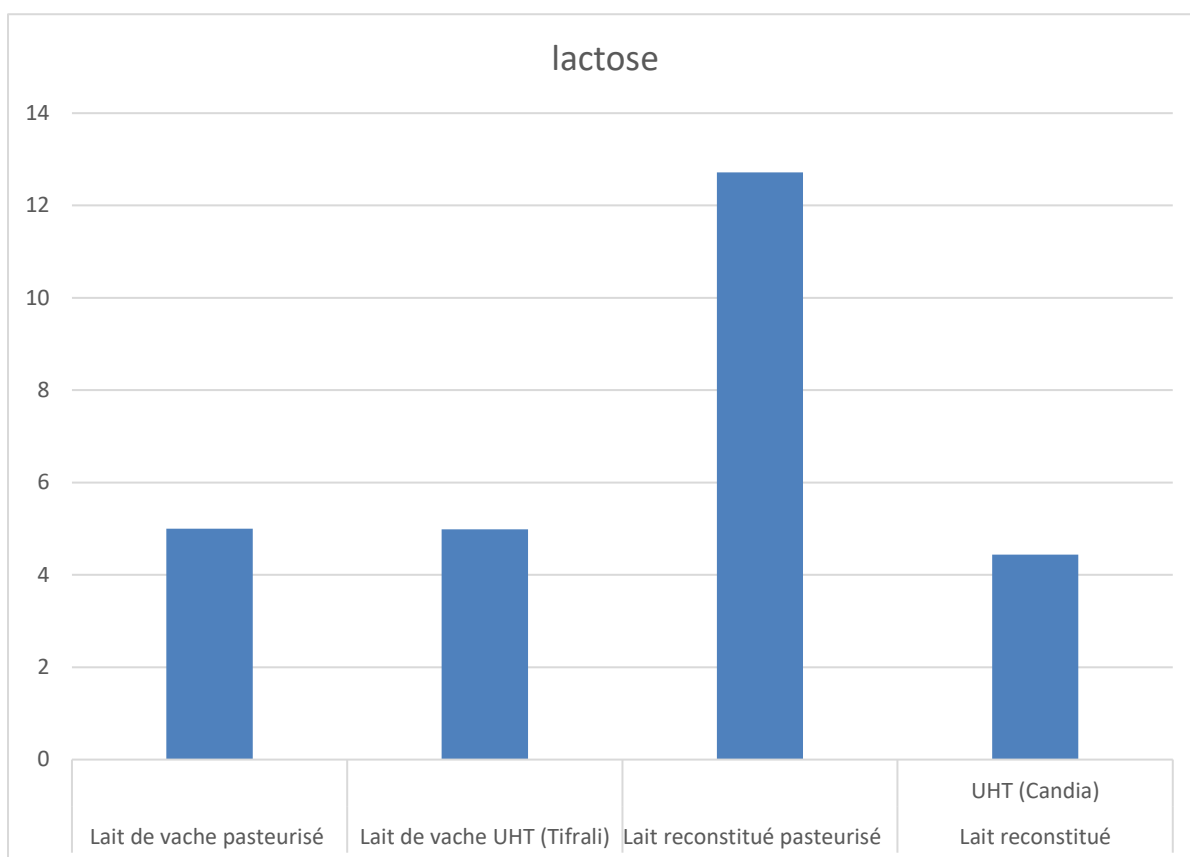


Figure 08 : le taux de protéine des 4 types de lait

Les teneurs en protéines est significative pour tous les types de lait de vache pasteurisé, Lait de vache UHT (Tifrali), Lait reconstitué UHT (Candia) (3.20 vs 3.48 vs 3) sauf reconstitué pasteurisé 1.59.

Nos résultats révèlent une différence significative des teneurs en protéine du lait de vache UHT (Tifrali) par rapport aux mêmes teneurs du lait reconstitué pasteurisé (3.48g vs 1.59g) soit un rapport de différence estimé à 54%.

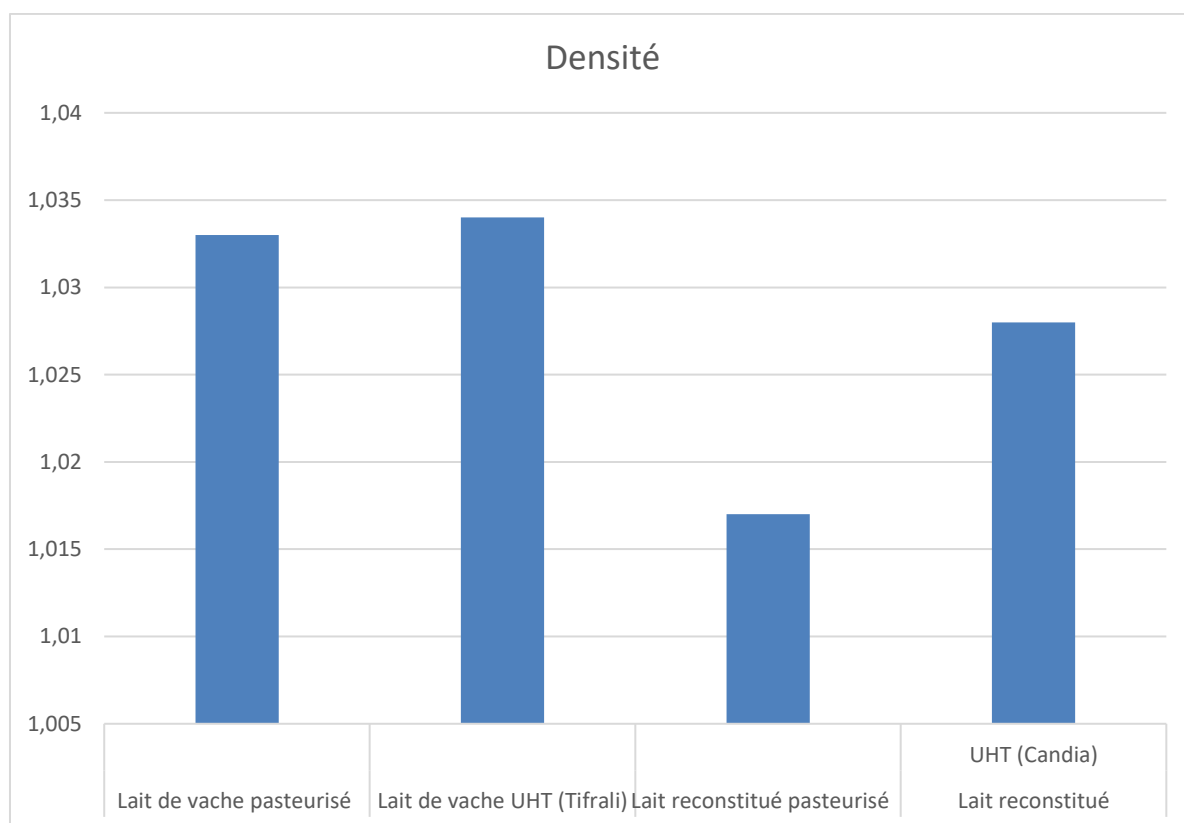
1.4. La teneur en lactose

**Figure 09 :** le taux de lactose des 4 types de lait

Le taux de lactose est significative pour tous les types de lait de vache pasteurisé, Lait de vache UHT (Tifrali), Lait reconstitué UHT (Candia) (5.00 vs 4.99 vs 4.44) sauf reconstitué pasteurisé 12.72.

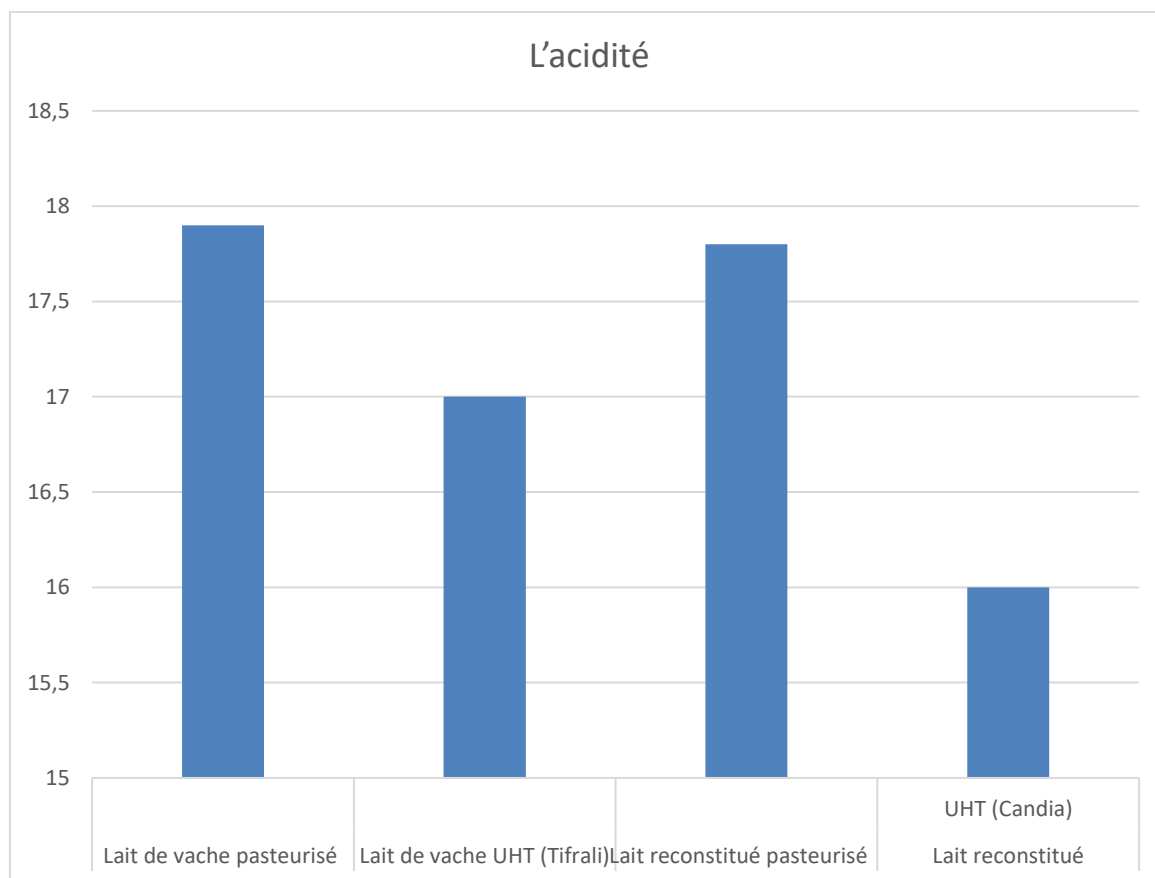
Nos résultats révèlent une différence significative des teneurs en lactose du lait de reconstitué pasteurisé par rapport aux mêmes teneurs du lait reconstitué UHT (candia) (12.72g vs 4.44g) soit un rapport de différence estimé à 65%.

1.5. La densité

**Figure 10 :** Densité des 4 types de lait

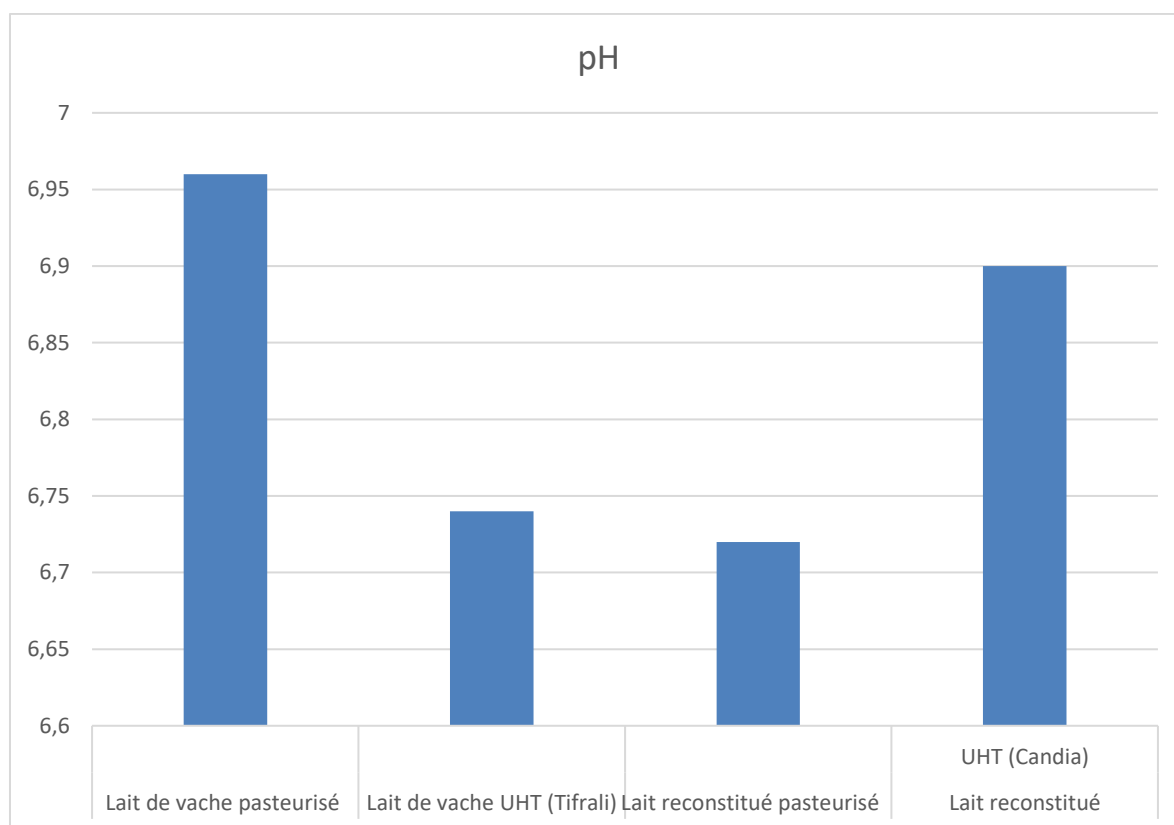
Nos résultats révèlent une différence significative de Densité du lait de vache UHT (tifrali) par rapport aux mêmes Densité du lait reconstitué pasteurisé (1.034 vs 1.017g) soit un rapport de différence estimé à 1.64%.

1.6.L'acidité

**Figure 11 :** L'acidité des 4 types de lait

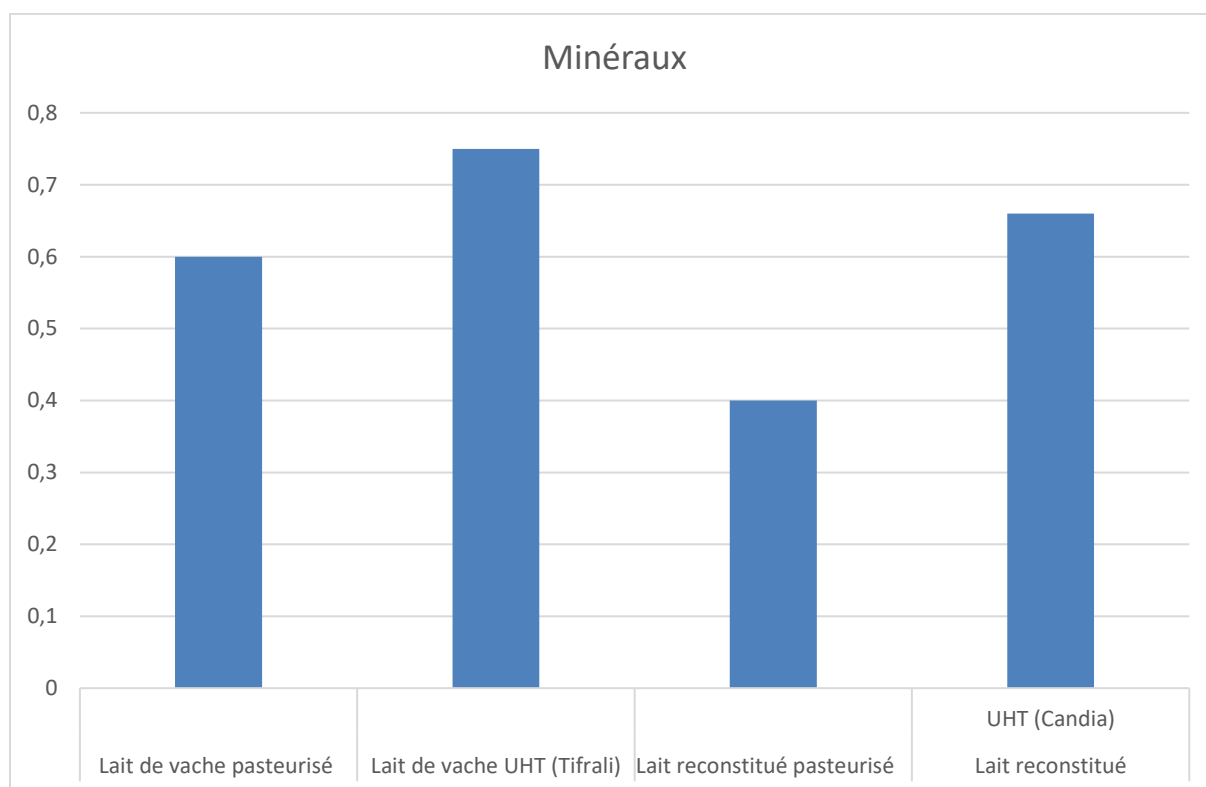
Nos résultats révèlent une différence significative de l'acidité du lait de vache pasteurisé par rapport aux mêmes du lait reconstitué UHT (candia) (17.9g vs 16g) soit un rapport de différence estimé à 10.6%.

1.7.pH

**Figure 12 :** le pH des 4 types de lait

Nos résultats révèlent une différence significative du pH du lait de vache pasteurisé par rapport aux mêmes pH du lait reconstitué pasteurisé (6.96 vs 6.72) soit un rapport de différence estimé à 3%.

1.8.Minéraux

**Figure 13 :** les minéraux des 4 types de lait

Nos résultats révèlent une différence significative des teneurs en minéraux du lait de vache (tifrali) par rapport aux mêmes teneurs du lait reconstitué pasteurisé (0.75g vs 0.44g) soit un rapport de différence estimé à 41%.

1.9. Le point de congélation

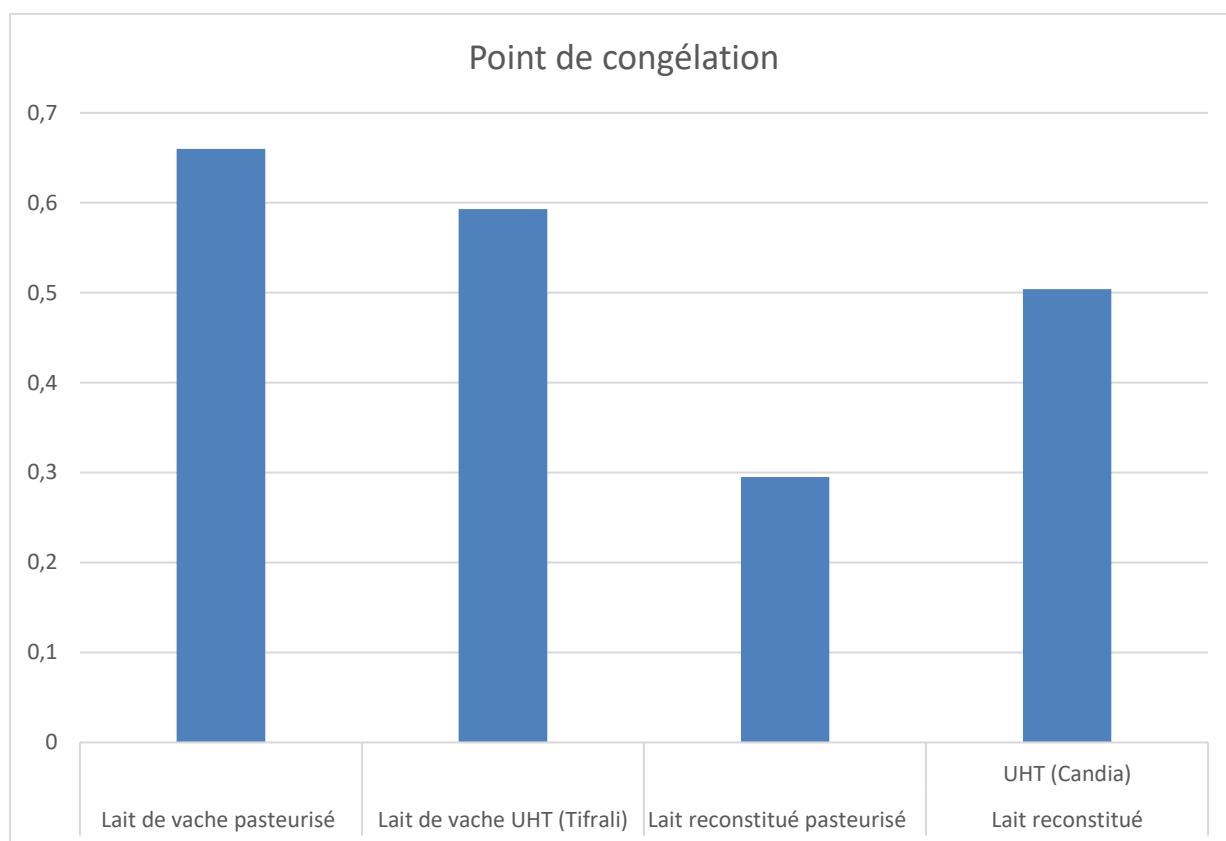


Figure 14 : le point de congélation des 4 types de lait.

Nos résultats révèlent une différence significative de point de congélation du lait de vache pasteurisé par rapport aux mêmes teneurs du lait reconstitué pasteurisé (**0.66** vs **0.295**) soit un rapport de différence estimé à 55%.

1. Les résultats obtenus de rendements fromagers des différents types de lait.

Tableau N°9:les résultats obtenus de rendements fromagers des différents types de lait.

	Citron	Vinaigre
Lait de vache pasteurisé	164g	104g
Lait de vache UHT (Tifrali)	140g	137g
Lait reconstitué pasteurisé	94g	76g
Lait reconstitué UHT (Candia)	150g	92g

1.1.Rapport de différence : **Lait de vache pasteurisé**

$$[(164-104)/1000]*100 = 6 \%$$

D'après nos résultats, le rapport de différence entre le lait de vache pasteurisé traité au citron et celui du vinaigre est estimé à 6%

 Lait de vache UHT (Tifrali) :

$$[(140-137)/1000]*100=0.3\%$$

D'après nos résultats, le rapport de différence entre le lait de vache UHT (tifrali) traité au citron et celui du vinaigre est estimé à 0.3%

 Lait reconstitué pasteurisé

$$[(94-76)/1000]*100= 1.8\%$$

D'après nos résultats, le rapport de différence entre le lait de reconstitué pasteurisé traité au citron et celui du vinaigre est estimé à 1.8%

 Lait reconstitué UHT (Candia)

$$[(150-92)/1000]*100= 5.8\%$$

D'après nos résultats, le rapport de différence entre le lait de reconstitué UHT (candia) traité au citron et celui du vinaigre est estimé à 5.8%

1.2.Rapport de rendements des différents types du lait (jus de citron) : pH= 3.6 **Lait de vache pasteurisé ;**

$$(164g/1000)*100= 16.4\%$$

 Lait de vache UHT (tifrali) ;

$$(140g/1000)100= 14\%$$

 Lait reconstitué pasteurisé ;

$$(94g/1000)*100=9.4\%$$

 Lait reconstitué UHT (candia) ;

$$(150g/1000)*100=15\%$$

On observe que le rendement du lait de vache pasteurisé est plus important par rapport aux autres rendements.

Le rapport de différences entre le rendement du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé est estimé 42%.

1.3.Rapport de rendements des différents types du lait (vinaigre) : pH =4.2

 **Lait de vache pasteurisé ;**

$$(104\text{g}/1000)*100= 10.4\%$$

 **Lait de vache UHT (tifrali) ;**

$$(137\text{g}/1000)100= 13.7\%$$

 **Lait reconstitué pasteurisé ;**

$$(76\text{g}/1000)*100=7.6\%$$

 **Lait reconstitué UHT (candia) ;**

$$(92\text{g}/1000)*100=9.2\%$$

On observe que le rendement du lait de vache UHT (Tifrali) est plus important par rapport aux autres rendements.

Le rapport de différences entre le rendement du lait de vache UHT (Tifrali) et le lait reconstitué pasteurisé est estimé 44%.

3. Facteurs influençant la coagulation :

La production de coagulum satisfaisant est importante dans la fabrication fromagère car la nature du caillé formé détermine la qualité du produit final. De nombreux facteurs influencent la coagulation du lait. Ce sont la composition, la température, le pH, les sels minéraux, la quantité des agents coagulants.

A. Composition du lait :

La composition du lait influence la coagulation du lait de différentes façons. Une augmentation du niveau de caséines dans le lait résulte en un temps de coagulation plus court, un taux de raffermissement plus élevé et un caillé plus ferme au temps de coupage (Hill, 1995). Une augmentation du degré de glycosylation de la caséine κ augmente la vitesse de raffermissement du gel sans toutefois influencer le RCT (Robitaille *et al.*, 1995).

B. pH :

L'influence du pH est double. Tout d'abord, le pH optimal de jus de citron et vinaigre se situe entre 3.6 et 4.2. L'acidification du lait à pH de 6,3 améliore les propriétés de coagulation à la présure (Renault *et al.*, 2000). Il y a augmentation de la vitesse d'hydrolyse enzymatique, et formation d'un gel plus ferme (Roupas, 2001; Lenoir *et al.*, 1997; Horne et Muir, 1994).

Ensuite, l'acidification mène à la neutralisation des charges de répulsion puisque le nombre de charges positives augmente, ce qui déstabilise la micelle et permet davantage d'attraction électrostatique entre les micelles (Renault *et al.*, 2000). La diminution du pH mène également à la solubilisation du phosphate de calcium micellaire et fait augmenter le calcium soluble. Le calcium qui se lie à la surface des micelles contribue à modifier leur charge nette en plus d'accroître l'efficacité des collisions entre l'enzyme et le substrat (Roupas, 2001).

C. Traitement thermique du lait

Les traitements thermiques appliqués au lait altèrent ses propriétés coagulantes, ce qui rend le lait chauffé inapte à la fabrication fromagère. La fabrication fromagère est réalisée de préférence sur des laits non chauffés ou ayant subi une thermisation (Vasbinder *et al.*, 2003). Ensuite, les traitements thermiques imposés au lait modifient les cinétiques de coagulation. D'une part, l'entreposage du lait au froid conduit à une augmentation du temps de prise puisque les minéraux de la phase colloïdale sont solubilisés (Raynal et Remeuf, 2000).

D. Concentrations en sels

La composition minérale du lait va affecter la coagulation et tout particulièrement la quantité de calcium ajouté au lait. En effet, le temps de prise diminue tandis que le taux de raffermissement et la fermeté du gel vont augmenter jusqu'à des concentrations de CaCl_2 d'environ 0,01 M. On attribue cet effet à l'augmentation d'ions calcium. Cependant, à des concentrations supérieures, on observe un phénomène inverse pour chacun des paramètres de coagulation (St-Gelais et TirardCollet, 2002).

Le calcium n'est pas requis dans la phase initiale d'hydrolyse enzymatique mais est essentiel à l'agrégation des micelles. L'ajout de CaCl_2 en technologie fromagère stimule la coagulation, le raffermissement du caillé et permet de réduire les pertes dans le lactosérum, tout en diminuant le pH et réduisant la charge de la micelle (Roupas, 2001). L'addition de NaCl, pour sa part, augmente la force ionique et cause une déminéralisation de la micelle. L'augmentation de la force ionique entraîne une modification des charges de la chymosine et de la caséine, ce qui entrave l'attraction entre l'enzyme et son substrat (Roupas, 2001).

4. Relation entre TP, MG et Le rendement fromager :

Toute augmentation du taux protéique (TP) est favorable au rendement. On estime qu'un point de TP gagné correspond à une hausse de 330 à 590 g de fromage pour 100 litres de lait. Plus précisément, c'est la teneur en caséines (protéines coagulables) qui favorise le rendement. En pratique, la mesure du TP du lait, chez les animaux indemnes de mammites, reste un très bon indicateur du taux de caséines, dont il explique à lui seul 93% des variations.

Au niveau de la ferme, améliorer son rendement fromager commence donc tout simplement par une surveillance et une amélioration du TP. Le rendement augmente aussi avec la teneur en matières grasses. Mais de façon beaucoup moins importante que la teneur en protéines. En effet, les caséines, quand elles coagulent, forment un réseau protéique qui emprisonne les autres constituants, et en particulier la matière grasse présente sous forme de globules gras. La teneur en matières grasses (MG) supplémentaire ferait ainsi gagner entre 90 et 165 g de fromage pour 100 litres de lait. Par contre, une trop forte teneur en matière grasse peut entraîner des problèmes d'égouttage et de coagulation.

Un caillé insuffisamment acidifié ou emprésuré trop tôt risque d'avoir des micelles très minéralisées (le caillé est ferme, caoutchouteux avec un aspect de flan); il contient moins d'eau, car le calcium et le phosphore occupent les sites de fixation de l'eau. Il y a donc plus de lactosérum égoutté. (*Delphine cuvillier 2005*).

CONCLUSION

Conclusion :

Comme nous l'avions émis en introduction, la présure importée peut être remplacée par des agents coagulants naturels.

Nos résultats qu'il est possible de remplacer la présure importée, dont on ne connaît pas l'origine, et plus grave, pourrait provenir d'estomacs de porcs, par les agents coagulants locaux, donnant les mêmes résultats.

Notre étude offre la possibilité à tout Algérien de produire son fromage à la maison ou en petite entreprise.

Ce qui reste à faire, c'est d'améliorer l'obtention de ces agents coagulants en vérifiant leurs performances technologique et leurs éventuels effets secondaires.

Références bibliographique

Watier, 1992

FAO, 2007 : le lait nutrition et santé.

Editions techniques et documentation Lavoisier-Paris.

Ministère de l'agriculture et du développement rural, 2009

Faye et loiseau, 2002

Ghaoues S.

Évaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est Algérien, Université Mentouri – Constantine Institut de La Nutrition, de L'alimentation et des Technologies Agro-alimentaires I.N.A.T.A.A, 2011.

1. Adriane.J.Potus.J, Frangne.R.1995 :

La science alimentaire de a à z. Edition technique et documentation Lavoisier, 162-255 pp.

2. Alais.C. 1984.

Science du lait .Edition Sepaic. Paris .814P

3. Mathieu, J. 1998.

Initiation de la physicochimie du lait. Edition technique et documentation Lavoisier. Paris.220p.

4. Goursaud, J. 1985.

Coagulation enzymatique du lait : biotechnologie, 1 vol Lavoisier édition, Paris.301-339 pp.

5. Veisseyre,R. 1975.

Technologie du lait. Édition la Maison Rustique. Paris.698p

6. Veisseyre,R. 1979

Technologie du lait. Construction, récolte, traitement et transformation 3^{ème} édition La Maison Rustique. Paris. 714p.

7. Dagleish, 1982 :

8. Apfelbaum M. C, Forrat et nillus.

1995. Diététique et nutrition. Edition masson.Paris479 p.

9. Luquet, 1985.

Lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre, V1.ED. Tec & Doc. Lavoisier. Paris.1985.

10. Renner, 1983.

Références bibliographique

Milk and dairy products in human nutrition. München, Vol kswirtschaftlicher Verlag.450p.

11. linden ,1987

12. norme afnor, 1980 :

Guide de l'utilisation agro-alimentaire : Comment garantir la qualité. Edition AFNOR. France. 24p

13. Joffin C et Joffin J.C ,1999.

Microbiologie alimentaire. 5^{ème} édition Bourdeaux. Edition centre régional de documentation pédologie.

14. Coulon et hoden, 1991

15. Yennek ,2010

16. Srairi et al ,2006).

17. Cauty et perreau, 2009

18. Mcsweeney,P.L.H. , et Fox, P.F.,2004.metabolism of residual lactose and of lactate and citrate, general aspect. In; Fox, P.F., McSweeney, P.L.H Cogan, T.M. and Guinee, T.P .Cheese: Chemistry, physics and Microbiology. Vol 1, 3ème édition pp 361-372. Elsevier London, England.

19. Lahsaoui, S., 2009. Etude du proceed de fabrication d'un produit laitier traditionnel Algérien (kilila). Thèse. Déoartements d'agronomie. Université de Batna. Algérie.

20. Mocquot G., Ricordeau G., Auriol P., 1963. Estimation du rendement en fromage Gruyere de Comte en fonction de la richesse du lait de chaudiere. Ann. Zootech., 12,53-66

Résumé

L'Algérie est un pays traditionnellement consommateur de produit laitiers fermentés, qui étaient jusqu'à une date récente fabriqués en milieu rural, principalement pour l'autoconsommation, par fermentation spontanée des laits produit localement.

Le but escompté à travers cette étude pratique, est de fabriqué du fromage artisanale a base de deux coagulants naturelle : jus de citron et vinaigre référentielle afin de valorisée ces fromages.

Des analyses physicochimiques ont montré que la teneur en protéine et la matière grasse et autres composants dans lait de vache pasteurisé et lait de vache UHT (tifrali) est élevée, ainsi que lait reconstitué UHT (candia) et lait reconstitué pasteurisé. Le rendement du lait de vache pasteurisé traité au jus de citron est plus important par rapport aux autres rendements est estimé 16.4%. Le rapport de différences entre le rendement du lait de vache pasteurisé et le lait reconstitué pasteurisé est estimé 42%.

Le rendement du lait de vache UHT (Tifrali) traité au vinaigre est plus important par rapport aux autres rendements est estimé 13.7%. Le rapport de différences entre le rendement du lait de vache UHT (Tifrali) et le lait reconstitué pasteurisé est estimé 44%.