

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI OUZOU

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : sciences agronomiques

Spécialité : Transformation et conservation des produits agricoles

THEME

**Essai de fabrication d'un fromage à pâte pressée
non cuite à base d'un lait cru et d'un lait
pasteurisé**

**Présenté par : - M^r ZILLAL Nor
- M^r BERKAINE Kamel**

**Soutenu le :
04/07/2017**

Jury :

Président : M^r MOUHOUS A.	Maître de conférences à l'UMMTO	classe B
Encadreur : M^r KADI S.A.	Maître de conférences à l'UMMTO	classe A
Co-encadreur : M^r ZMIHI H.	Ingénieur	
Examineur : M^r BENGANA M.	Maître de conférences à l'UMMTO	classe B

Promotion : 2016/2017

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Allah, le tout puissant et le miséricordieux, de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme ma formation de master.

Mes vifs remerciements vont aux membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail :

- ❖ Monsieur **KADI S.A** ; Maitre de conférences à l'UMMTO pour avoir dirigé ce travail avec une efficacité et rigueur scientifiques qui lui sont propres. Pour sa disponibilité et la patience qu'il a eu à notre égard.
- ❖ Monsieur **ZMIHI H** ; pour sa grande contribution à l'avancement de ce travail.
- ❖ Notre profonde reconnaissance va à **M^f MOUHOUS A.** Maitre de conférences à l'UMMTO qui nous a fait l'honneur d'accepté la présidence de notre jury
- ❖ Monsieur **BENGANA M** ; Maitre de conférences à l'UMMTO pour avoir accepté de faire partie du jury, par ses conseils et remarques elle contribuera à améliorer la qualité de ce travail.
- ❖ Nous tenons à remercier **M^f ABOU S.** de nous avoir accueilli au sien de la laiterie –fromagerie « **uni vert** » et a tout le personnel du laboratoire « **pâturage d'Algérie** » de nous avoir aidés et orientés durant notre travaille.

Enfin, je voudrais remercier toute personne a contribué de loin ou de proche à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

A la mémoire de mon grand-père

A mon très cher père qui ma tout appris, pour toutes les peines et les sacrifices qu'il s'est donné pour me voir réussir dans la vie.

A ma chère mère, que ce travail soit pour le témoignage de mon infinie reconnaissance pour ton aide précieuse et toutes ces années de compréhension.

A mes frères : Mouloud et Meziane

A ma sœur : Sarah

A tout mes amis : Bilal, Mouloud, Nadia et Hakim

A toute la promotion Master II TCPA

Et à tous ceux qui me sont chères,

Je dédie ce travail ...

Kamel B.

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Partie I : Synthèse des données bibliographiques

Chapitre I : le lait

1. Le lait

1-1. Définition du lait	4
1-2. Composition De Lait De Vache	4
1-3. Notion d'écosystème	5
1-4. La flore microbienne du lait cru destiner à la fromagerie	5
A. Principaux groupe microbiens importants en fromage	5
B. origine des micro-organismes du lait	5
1-5. Influence du traitement thermique du lait	6

2. la transformation fromagère

a. Coagulation	7
a-1. Les micelles de caséines	7
a-2. Structure des micelles de caséines	8
a-3. Les gels de caséines	8
a-3-1. La coagulation présure	8
A. L'hydrolyse enzymatique de la caséine	9
B. L'association des micelles.....	9
C. La réticulation et le vieillissement du gel	9
a-3-2. La coagulation acide	10
a-3-3. La coagulation mixte	12
a-4. Les facteurs de la coagulation inhérents au lait	12
➤ Ph	12
➤ Influence de la concentration en caséines	12
➤ Influence des concentrations en calcium soluble et en phosphate de calcium colloïdal.....	12
b. Egouttage	13
b-1. Égouttages sous lactosérum	14

b-2. Égouttage en moules	14
b-3. Facteurs d'égouttage	14
c. Affinage.....	16
c-1. Les principaux facteurs influençant l'affinage	16
c-1-1. Facteurs internes	16
A. Le PH	16
B. Activité de l'eau	17
C. La diffusion des solutés dans la matrice fromagère	17
c-1-2. Les facteurs externes	17
A. La température de l'enceinte d'affinage	17
B. L'humidité relative de l'enceinte d'affinage	18
C. Effet sur l'apparence des fromages	18
c-2. La microbiologie de l'affinage	18
c-2-1. La flore bactérienne	18
a. Les bactéries lactiques.....	18
b. Les bactéries de surface.....	18
c-2-2. Voies métaboliques importantes pour l'affinage des fromages	19
A. Métabolisme du lactose et du lactate	19
B. Protéolyse et transformation des acides aminés.....	19
C. Lipolyse et transformation des acides gras	19
c-3. Les défauts ou accident d'affinage	20
a- la pâte	20
b- la croûte	20
c- le goût	20
d- Levures et moisissures	20

Chapitre 2 : classification des fromages.

2-1- Classification des fromages et appellations	22
2-2- la législation sur les dénominations et l'étiquetage des fromages	22
2-2-1. La législation concernant la dénomination des fromages	22
2-2-2. la législation concernant les étiquètes des fromages	23

2-3-les principaux critères de classification prennent en considération les points suivants	23
2-3-1-La nature de la matière première	23
• Au lait cru	23
• Au lait pasteurisé	23
• Au lait thermisé	23
2-3-2- L'origine du lait	24
2-3-3-La technologie de fabrication	24
a. Les fromages affinés	24
a-1.Les fromages à pâte molle	24
a-1-1.les fromages à pâte molle et croute fleurie :	25
• La dégustation	25
a-1-2.les fromages a pâte molle et croute lavée	25
• La dégustation	25
a-2.Les fromages à pâte pressée	26
a-2-1.Les pâtes pressées non cuites	26
a-2-2.les pâtes pressées cuites	26
• La dégustation	26
a-3. Pâtes filées	27
a-4.Fromages fondus	27
a-5.Les fromages à pâte persillé.	27
• La dégustation	27
a-6. Fromage a lactosérum	27
a-7. Les fromages salés conservés en saumure	28
a-8. Les fromages de chèvre ou bleu de chèvre	28
b. Les fromages non affinés	28
• Les fromages frais	28
• La dégustation	29
2-4. Spécialités fromagères	29
2-5. les familles de fromage	30
2-6. intérêt nutritionnel des fromages	31
2-7- Qualité hygiénique des fromages	31

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre 3 : matériel et méthodes

3-1. Matériels utilisés	35
3-2. Les réactifs et les milieux de culture utilisés	36
3-3. Description du procédé de fabrication du tome d'Ambert	36
3-3-1. réceptions du lait cru	38
3-3-2. Préparation du lait	38
3-3-3. Maturation	38
3-3-4. Emprésurage	39
3-3-5. Tranchage	39
3-3-6. Brassage	39
3-3-7. Moulage	39
3-3-8. Egouttage	39
3-3-9. Démoulage-salage	39
3-3-10. Ressuyage	39
3-3-11. Affinage	40
3-3-12. conditionnement :	40
3-4. Analyses physico-chimiques	40
3-4-1. Le lait	40
a. Détermination de l'acidité titrable	40
a-1. Mode opératoire	40
a-2. Expression du résultat	41
b. Détermination de la densité :	41
b-1. Mode opératoire :	41
b-2. Expression du résultat	41
c. Détermination de pH	41
d. Le test d'antibiotique	41
d-1. Mode opératoire	41
3-5. Fromage	42
a. Détermination de matière grasse	43
a-1. Principe	43
a-2. Mode opératoire	43
a-3. Expression du résultat	44

b. Détermination de la teneur en extrait sec totale (EST), Extrait sec dégraissé (ESD) et l'humidité	44
b-1. Mode opératoire.....	44
b-2. Expression des résultats	44
c. Détermination du rapport MG/ MS du fromage.....	45
c-1. Principe	45
c-2. Expression du résultat	45
3.6 Analyses microbiologiques.....	45
➤ Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux.....	45
➤ Dénombrement des Staphylocoques (s. aureus)	46
➤ Dénombrement de Clostridium sulfitoréducteurs.....	47
➤ Dénombrement des levures et moisissures.....	47
3.7 Analyse Organoleptique	48

Chapitre 4 : résultat et discussion

✓ Pendant la coagulation	50
• Temps de prise	50
✓ Pendant l'égouttage	50
✓ Pendant l'affinage	50
4-1. Analyse physicochimique	51
4-1-1. Analyses physicochimiques du lait destiné à la fromagerie	51
a. Le pH et l'acidité	51
b. La densité	52
c. Teste antibiotique	52
4-2. Suivre de l'acidité du lait au cours de la fabrication	52
4-3. Analyse physicochimique du fromage	53
a. Le pH	54
b. Matière grasse (MG)	54
c. Extrait sec total EST	55
d. Matière grasse / extrait sec	56
4-4. Analyse microbiologique de fromage	56
a. Coliformes totaux.....	57
b. Coliformes fécaux	58
c. Staphylococcus aureus	58

d. Leveurs et moisissures:	59
e. Clostridium Sulfito-Réducteur(C S R)	60
4-5. Test de dégustation:	60
4-5-1. Aspect de fromage	60
4-5-2. texture de fromage (onctueux)	61
4-5-3.Gout et odeur	61
a. Acide	61
b. Amer	62
c. Salé	62
d. Lactique, animaux	63
Conclusion.....	65
Références bibliographiques	67
Annexe	76

Dédicaces

A mon très cher père qui ma tout appris, pour toutes les peines et les sacrifices qu'il s'est donné pour me voir réussir dans la vie.

A ma chère mère, que ce travail soit pour le témoignage de mon infinie reconnaissance pour ton aide précieuse et toutes ces années de compréhension.

A mon frère : Ouremdhane

A ma sœur : Tassadit

A tout mes amis : Smail, Koceila et Nassim et à tout ceux que j'ai hormis de citer

A toute la promotion Master II TCPA

Et à tous ceux qui me sont chères,

Je dédie ce travail ...

Nor Z.

Liste des figures

Numéro de la figure	Titre	Page
I.	- Représentation schématique des micelles de caséines d'après le modèle en sous micelles (Extrait de Horne 2006).	8
II.	-Représentation schématique de l'hydrolyse d'une caséine κ par la chymosine.	9
III.	-Images de microscopie confocale ($90 \times 90 \mu\text{m}^2$) de gels présure de caséines à différents temps après l'addition de présure : (a) $t \sim 2\text{h}45$, (b) 5h, et (c) 22h15. Chaque image est prise dans un endroit différent du gel.	10
IV.	-Diagramme de fabrication du fromage a pate presse non cuite type « Tome d'Ambert ».	37
V.	- suivie de l'évolution de l'acidité au cours de la fabrication du fromage	53
VI.	- détermination de pH pour FLC et le FLP	54
VII.	-détermination de taux de matière grasse pour FLP ET FLC	55
VIII.	- Taux d'extrait sec total pour le FLP et le FLC.	55
IX.	-Matériel utilisé pour le dénombrement des groupes microbiens	56
X.	-dénombrement des Coliformes totaux pour le FLP et FLC.	57
XI.	- dénombrement des Coliformes fécaux pour le FLP et FLC	57
XII.	- Résultat de test présomptif de <i>Staphylococcus aureus</i>	58
XIII.	- résultat de la dégustation de l'aspect de fromage en (%).	60
XIV.	- résultat de la dégustation de la texture (onctueux) de fromage en(%).	61
XV.	- résultat de la dégustation de gout (acide) de fromage en(%).	61
XVI.	- résultat de la dégustation du goût (amer) de fromage en (%).	62
XVII.	- résultat de la dégustation de gout (salé) de fromage en(%).	63
XVIII.	- résultat de la dégustation de l'odeur de fromage en (%).	63

Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre	Page
I.	-Composition globale du lait de vache.	4
II.	- Contamination microbienne du lait par la peau des mamelles.	6
III.	-Caractéristiques moyennes des micelles de caséines	7
IV.	-Influence de l'addition de chlorure de calcium sur le processus de coagulation du lait par la présure.	15
V.	- facteur modifiant la synérèse.	24
VI.	-Constituants principaux des laits de diverses espèces animales.	31
VII.	-Les familles de fromage.	32
VIII.	-Valeur nutritionnelle des fromages.	33
IX.	-Normes microbiologique.	36
X.	- Réactifs et milieux de culture matériels utilisés.	51
XI.	- Résultats d'analyse physicochimique des deux types de lait.	51
XII.	-Analyses physicochimiques de fromage après l'affinage.	53
XIII.	-Résultats d'analyse microbiologique des deux types de fromage après l'affinage.	56

- Abs** : Absente
- AD** : Acidité titrable
- AOC**:Appellation d'Origine Contrôlée
- AOP**:Appellation d'Origine Protégée
- D°** : degré Doronic
- ESD** : extrait sec dégraisser
- EST** : extrait sec total
- FF** : Fromage frais
- FLC** : Fromage au lait cru
- FLP** : Fromage au lait pasteurisé
- GC** : GiolittiContoni
- IGP** :Indication Géographique Protégée
- IND** :Indénombrable
- JOA**:Journal Officielle Algérien
- MG**:Matière Grasse
- MG/ MS**:Matière Grasse/Matière sèche
- Min**:Minute
- MI**:Millilitre
- MS**:Matière sèche
- N**:la graduation correspond au niveau inférieur de la colonne grasse
- N'** :la valeur correspond au niveau supérieure de la colonne grasse
- OGA**: oxytetracycline
- PCA**: Plat count agar
- pH**:potentiel Hydrogène
- PMCF**:pâte molle a croûte fleurie
- PMCL** :pâte molle a croûte lavée
- PP** :pâte pressé
- PPC** : pate pressé cuite
- PPNC** : pate presse non cuite
- T°** : Température
- T_c** : température de coagulation
- T_f** : température de floculation
- TSE**:Tryptone Sel Eau

V:volume

VF:viande-foi

VRBL:VioletRed Bile Lactose Agar

Résumé :

Dans le but de fabriquer un fromage à pâte pressée non cuite à base du lait cru dans notre pays, nous nous sommes intéressés à effectuer des analyses physicochimique, microbiologiques et sensorielle de deux types de fromages à pâte pressé non cuite, l'une a base du lait cru de vache (recette originale) et l'autre à base du lait de vache pasteurisé.

Sur le plan physicochimique, tous les critères, les valeurs obtenues pour le lait cru et lait pasteurisé répondent aux normes. D'après les résultats obtenus pour le produit fini, nous constatons que seul le pH ne répond pas aux normes, alors que pour le reste des critères, les valeurs obtenues répondent toutes aux normes.

Sur le plan microbiologique, les résultats démontrent que le lait cru et le lait pasteurisé sont de bonne qualité hygiénique et dans les normes. Les résultats obtenus pour le produit fini montrent que le fromage au lait cru à une qualité hygiénique moins bonne que celle du fromage au lait pasteurisé.

Concernant les analyses sensorielles, les résultats montrent qu'il n'y a pas une grande différence de ces paramètres : acidité, amertume, texture et apparence pour les deux fromages

Introduction

L'Algérie est le premier consommateur de lait et ses produits dérivés au Maghreb et se place ainsi au troisième rang mondial en matière d'importation de lait et produits laitiers (Srairi et al, 2007).

Par sa richesse en protéines de bonne qualité, en calcium et en vitamines, le fromage représente un aliment de haute qualité nutritionnelle. Il existe différents fromages traditionnels, depuis l'antiquité, dans les pays méditerranéens. Beaucoup d'entre eux sont produits dans des zones géographiques limitées et ne sont consommés que localement. D'autres, ont dépassé les limites de leurs localités et villages et même, de loin, celles de leur pays d'origine (Aissaoui-Zitoun, 2014).

En Algérie, les fromages traditionnels sont peu nombreux, non entièrement recensés et aussi peu étudiés. Au moins dix types de fromages traditionnels de différentes régions du pays sont actuellement recensés. Les fromages Bouhezza, Mechouna et Madeghissa sont fabriqués dans la région des *Chaouia* (Nord-est), Takammèrite et Aoules dans le sud, Igounanes dans la région de Kabylie (Zitoun et al. 2011), Klila et Djben sont connus dans plus d'une région (Hallel, 2001).

La demande pour des aliments traditionnels produits à la ferme est en augmentation constante. Pour le producteur désireux de valoriser lui-même ses productions, et pour le consommateur averti, l'utilisation de lait n'ayant pas subi de traitement thermique est considérée comme déterminante sur le plan des caractères du fromage obtenu en termes de qualité organoleptique (aspect, texture) (Vivegnis et al., 1998).

L'objectif de notre étude consiste à l'essai de fabrication d'un fromage à pâte pressée non cuite de type tomme d'Ambert à base soit d'un lait cru soit d'un lait pasteurisé et de les comparer selon les paramètres physicochimiques, microbiologiques et sensorielles.

Chapitre I : le lait**1-1. Définition du lait :**

Le lait est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères après la naissance du jeune. C'est un liquide de composition complexe, blanc et opaque, d'une saveur douce, d'une réaction ionique ou pH voisin de la neutralité. La fonction naturelle du lait est d'être un aliment exclusif des jeunes mammifères pendant la période critique de leur existence, après la naissance, alors que la croissance est rapide et qu'il ne peut lui être substitué d'autres aliments. La grande complexité de la composition du lait répond à cette fonction (Alais, 1984).

1-2. Composition De Lait De Vache :

La dénomination "lait" sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservée au lait de vache. Le lait est alors le produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ou soustraction.

Tableau 1. Composition globale du lait de vache (Cayotet et Lorient, 1998)

Constituants	Concentration (G/L)
Eau	870
Glucide	46
Matière grasse	33-47
Protéine	32-35
- Caséine	26-28
- Protéine soluble	6
Matière saline	7

1-3. Notion d'écosystème :

Les laits et les fromages au lait cru répondent à la définition d'un écosystème (contraction de ecological system) puisque c'est un système fonctionnel formé par un groupement ou une communauté d'organismes (Bouton et Montel, 2012).

La flore microbienne du lait cru participe de façon importante à l'établissement des caractéristiques organoleptiques des fromages et ce, indépendamment de la présence des ferments (Michel et al. 2001).

1-4. La flore microbienne du lait cru destinée à la fromagerie :

Le lait au cours de la traite, du transport et du stockage à la ferme ou à l'usine, est contaminé par une grande variété de micro-organismes (Richard et Desmazeaud, 1990)

A. Principaux groupes microbiens importants en fromagerie :

Pour beaucoup ; les bactéries lactiques étaient dominantes dans le lait cru avant l'introduction de la traite mécanique et du refroidissement du lait (Richard et Desmazeaud, 1990)

Le lait cru contient, au moment de sa récolte, des bactéries gram négatif en proportions d'autant plus importantes, par rapport à la flore totale, qu'il est plus contaminé par le matériel de traite (Mahari et Gashe ; Thomas, 1977). Ces bactéries rassemblent une large part des micro-organismes considérés comme nuisibles en fromagerie

Flore butyrique, ainsi désignée parce qu'elle se manifeste par production d'acide butyrique (et de gaz), est à considérer lorsqu'on a affaire à des fromages à pâte cuite (Blümel, 1975)

B. origine des micro-organismes du lait :

La peau des mamelles est parfois une source non négligeable de micro-organismes.

On a pu constater que la peau de la peau des mamelles pouvait être la cause principale de la pollution de lait dans certaines fermes (Richard, 1975; Piton et Richard, 1982).

Tableau 2 : Contamination microbienne du lait par la peau des mamelles (Jorgensen, 1981)

	Nombre de micro-organismes par ml de lait	
	Mamelles lavées	
	Soigneusement	rapidement
Flore totale	1400 à 12000	25000 à 210000
Flore psychrotrope	140 à 150	500 a 2300
Bactéries coliforme	1 à 10	5 a 10
Mamelles non lavées		
	Propre	sales
Flore totale	1400 à 17000	11000 à 140 000
Flore psychrotrophe	-	-
Bactéries coliformes	1 à 40	1 à 250

1-5. Influence du traitement thermique du lait :

Lorsqu'on chauffe le lait à des températures élevées (90 à 100 C° et au-delà) différents réactions se produisent (Desmazeaud, 2006) :

- Dégradation des protéines du lait avec libération de composés azotés non protéiques qui stimulent l'activité de certaines souches, et particulièrement (*S. thermophiles*)
- Production à partir du lactose ; d'acide formique, composé intervenant comme métabolique intermédiaire dans la synthèse des acides nucléiques des bactéries et favorisant la croissance et la production d'acides lactobacilles
- Destruction de certaines vitamines

2. la transformation fromagère :

La qualité du lait de fromage peu être définie comme son aptitude à donner un bon fromage, dans des conditions de travail normales, avec un rendement satisfaisant. Elle dépend d'un certain nombre de caractéristiques du produit, sa composition, notamment sa richesse en caséines, sa charge microbienne et la nature de sa microflore, son aptitude au développement des bactéries lactique.

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

a. Coagulation :

Modification physicochimique des micelles de caséine sous l'action d'enzymes protéolytique et (ou) d'acide lactique, elle entraîne la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel

a-1. Les micelles de caséines :

Il existe quatre types de caséines majoritaires, les caséines α_1 , α_2 , β , κ , et une fraction mineure correspondant aux caséines γ qui résultent de l'hydrolyse enzymatique des caséines β et α_1 par la plasmin (protéase alcaline du lait). Ces caséines se distinguent par le nombre de groupements phosphoséryles, par leur teneur en cystéine, par la présence ou non de groupements glucidiques et leur caractère plus ou moins hydrophobe (Colsenet et al, 2006)

Tableau 3 : Caractéristiques moyennes des micelles de caséines (Extrait de McMahon et Brown, 1984)

Caractéristique	Valeur
Diamètre (nm)	130-160
Surface (cm ²)	8×10^{10}
Volume (ml)	2.1×10^{15}
Voluminosité (ml/g)	4.4
Masse moléculaire (hydratée) (g.mol ⁻¹)	1.3×10^9
Hydratation (g d'eau / g protéines)	3.7
Nombre de particule / ml de lait	1014-1016
Potentiel de surface (Mv)	-20

a-2. Structure des micelles de caséines :

L'organisation de la structure micellaire, la répartition de ses constituants ainsi que leur mode d'action ont fait l'objet de nombreux modèles (Rollema ; 1992, Cayot ; 1998). Les modèles proposant une structure avec des sous-unités de 15-30 nm appelées « sous-micelles » ont dominé pendant de nombreuses années (Schmidt 1980, Walstra, et Jenness ; 1984, Cayot, et Lorient, 1998, Walstra, 1999). Un exemple illustrant

Ce type de modèle est présenté dans la figure 1.

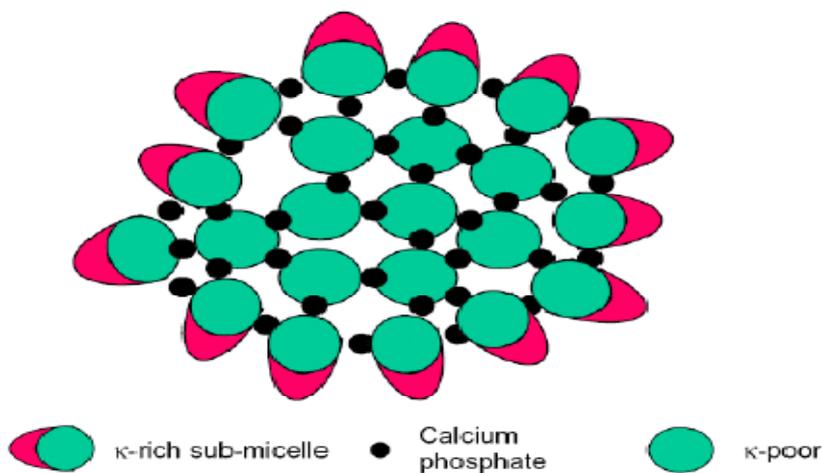


Figure 1. Représentation schématique des micelles de caséines d'après le modèle en sous micelles (Extrait de Horne, 2006)

a-3. Les gels de caséines

a-3-1. La coagulation présure :

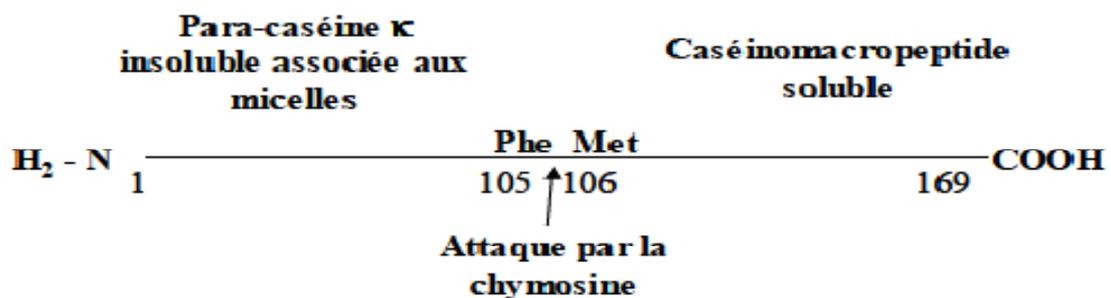
La présure est la solution enzymatique la plus couramment employée pour réaliser la Coagulation du lait. Elle est sécrétée dans la caillette de veau non sevré et est composée d'un Mélange de deux enzymes protéolytiques qui sont la chymosine (80%) et la pepsine (20%). (Brule et al, 2006 ; Feunteun, 2008).

Le mécanisme de coagulation du lait par la présure est caractérisé par trois phases (Fox et Mulvihill ; 1990) :

A. L'hydrolyse enzymatique de la caséine :

La première phase est enzymatique. Comme illustré en figure 2, la chymosine hydrolyse les caséines κ au niveau de la liaison peptidique Phe105-Met106, conduisant à la formation de para-caséine κ et à la libération d'un peptide nommé caséinomacropeptide (CMP) (Feunteun ; 2008, Brule, et al 2006).

Figure 2. Représentation schématique de l'hydrolyse d'une caséine κ par la chymosine (Feunteun ; 2008).



B. L'association des micelles

Lorsque le taux d'hydrolyse moyen des caséines κ a atteint 70 à 85%, les micelles de caséines déstabilisées s'agrègent ; c'est la seconde étape. Les micelles de caséines, maintenant appelées para-micelles de caséines, adhèrent entre elles par l'intermédiaire d'interactions hydrophobes au niveau des sites apolaires créés en surface (Feunteun, 2008).

C. La réticulation et le vieillissement du gel :

Enfin, dans la troisième étape dite de réticulation, les micelles déstabilisées et agrégées forment un réseau macroscopique qui est alors soumis à une profonde réorganisation structurale comme illustré dans la figure 3.

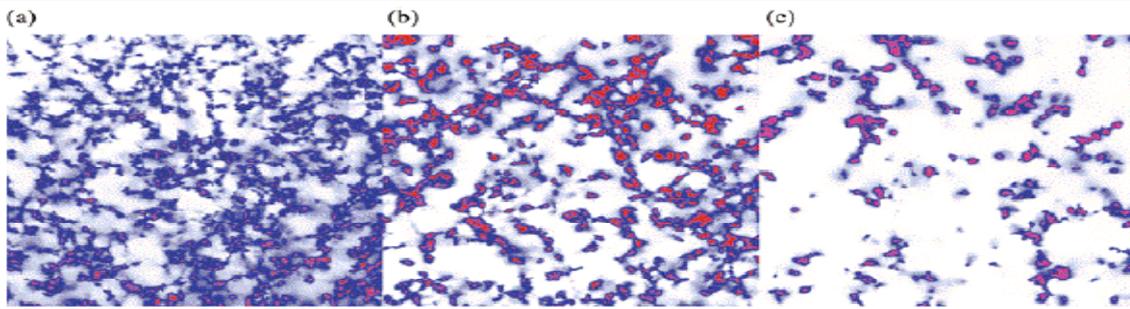


Figure 3 : Images de microscopie confocale ($90 \times 90 \text{ m}^2$) de gels présure de caséines à différents temps après l'addition de présure : (a) $t \sim 2\text{h}45$, (b) 5h, et (c) 22h15. Chaque image est prise dans un endroit différent du gel (Mellema et al 2000).

Ces modifications structurales ont été observées par de nombreux auteurs (Lagoueyte, et al 1994, Mellema, et al 2000).

Dans le souci de décrire au mieux les effets prenant place durant le vieillissement du gel, (Mellema et al 2002.) ont proposé un modèle dans lequel ils distinguent quatre niveaux de structure dans le gel présure :

- 1/ La para-micelle de caséine (le bloc élémentaire).
- 2/ Les segments rigides ou secondaires constitués des para-micelles de caséine.
- 3/ Les chaînes de segments rigides.
- 4/ Le gel au niveau macroscopique.

a-3-2. La coagulation acide :

La coagulation par voie acide est provoquée par le ferment lactique qui transforme le lactose en acide lactique (ST-Gelais et Tirard-Collet, 2002).

La micelle de caséine est stable au pH normal du lait et à température ambiante mais l'acidification du lait peut conduire à différents résultats suivant les conditions utilisées (Feunteun ; 2008). Si l'acidification est rapide, par addition d'un acide minéral ou organique ou organique, il y a floculation des caséines à PH 4.6 sous la forme d'un précipité plus ou moins granuleux dispersé dans le lactosérum, par contre, une acidification progressive, obtenue soit par fermentation lactique, soit par hydrolyse de la gluconolactone, conduit à la formation d'un gel lisse homogène qui occupe entièrement le volume initial du lait (Brule et al, 2006). L'acidification du lait induit de nombreux changements des propriétés physicochimiques dans la matrice. La charge des particules, leur composition minérale et

protéique, leur hydratation et donc leur taille varient durant la chute du pH (Famelart, 1996 ; Fox, et . Mc Sweeney, 1998)

A. De pH initial ~ 6.8 à pH = 6,0-5,8:

Cette phase est principalement caractérisée par un début de solubilisation du phosphate de calcium colloïdal (PCC) et par une réduction d'hydratation des micelles de caséines. Notons également que la charge négative de surface des micelles diminue puisque le pH baisse (Feunteun ; 2008). A la fin de cette étape, l'hydratation des micelles a diminué d'environ 15% (Famelart, et al ;1996 ; Vetier al 2000 ; Banon,et Hardy ; 1991), causant une réduction du diamètre moyen des particules d'environ 10 nm (Alexander, 2004). Ce phénomène est généralement attribué à « l'aplatissement » des caséines k en surface des micelles par attraction électrostatique (Famelart, et al ,1996) et (Vetier et al ; 2000)

B. De pH = 6,0-5,8 à 5,2-5,0 :

La solubilisation du phosphate de calcium devient plus rapide et, pour un lait, à pH ~ 5,1 tout le PCC initialement contenu dans les micelles a été largué (Famelart, et al ; 1996 ; Gastaldi, et al1996). Compte tenu de son importance dans la structure des micelles de caséines, les particules changent nécessairement de structure interne durant cette phase. Cette étape de « transition structurale » serait d'ailleurs la cause de l'augmentation de l'hydratation qui est observée dans ce même intervalle (Famelart, et al 1996).

C. De pH = 5,2-5,0 à pH ~ 4,6 :

Pour du lait, la taille des agrégats augmente doucement autour de pH ~ 5,2, puis croit très rapidement à partir de pH ~ 5,0, indiquant le début de la phase d'agrégation (Alexander, et Dalgleish ; 2004) (Alexander et al ; 2006). Dans le même temps l'hydratation chute de nouveau par renforcement des interactions inter-protéines jusqu'à la neutralisation globale des charges à pH ~ 4,6, c'est-à-dire au pH isoélectrique des caséines (Famelart,et al ;1996 , Gastaldi et al 1996 ,Vetier ,2000)

a-3-3. La coagulation mixte :

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite (Mahaut et al, 2003).

a-4. Les facteurs de la coagulation inhérents au lait :

Le temps de floculation et les propriétés rhéologiques du coagulum sont principalement influencés par trois caractéristiques originelles du lait:

➤ **Ph :** l'influence du PH du lait sur temps de floculation et la fermeté du gel est très sensible. le temps de floculation est plus court et le gel plus ferme lorsque le PH est abaissé au dessous de PH du lait. En revanche à PH élevé à 7, il n'y a plus de coagulation, enzyme étant rapidement inactive (Lenoir et al, 2006)

➤ **Influence de la concentration en caséines :** la concentration du lait en caséines constitue l'un des facteurs majeur de la fermeté du gel mais son influence sur le temps de floculation est relativement faible, tout au moins dans certaines limites (Alais, 1965) et (Remeuf et al ; 1991). Ces relations entre le temps de prise et la concentration en caséines s'expliquent par le fait que le phénomène de coagulation par deux réactions de nature différentes, l'hydrolyse de la caséine k et l'agrégation des micelles modifiées (Brule et al 2006) a faible concentration en caséines la vitesse d'agrégation est faible comparée a la vitesse de protéolyse .a forte concentration , le temps de prise est déterminé par la vitesse d'action de l'enzyme (Dalglish, 1980).

➤ **Influence des concentrations en calcium soluble et en phosphate de calcium colloïdal :**

Les micelles de caséines, après action de la présure, deviennent très sensibles aux ions de calcium et de faible variation dans la teneur en calcium des laits peuvent affecter notablement le temps de floculation et la fermeté du gel (Pyne, 1962).

L'addition au lait de chlorure de calcium, pratique courante en fromagerie, a pour effet de réduire le temps de floculation et accroître la fermeté du coagulum (Van Hooydonk, et al 1986)

Tableau 4 : Influence de l'addition de chlorure de calcium sur le processus de coagulation du lait par la présure (Van Hooydonk, et al 1986) :

	Calcium	Ajoute en Mm	
	0	0.6	1.8
Réaction enzymatique $K \cdot 10^3 S^{-1}$	1.62	1.62	1.62
Réaction d'agrégation			
T_f min	30.4	26.2	21.2
T_c min	39.8	33.0	26.4
$T_c - T_{f \text{ min}}$	9.4	6.8	5.2
% CMP à T_f	95	92	87

*Essais réalisés à PH constant ;

T_f : temps de floculation ;

T_c : temps de coagulation (temps nécessaire à l'obtention d'un coagulum de fermeté suffisante pour permettre le découpage) ;

b. Egouttage :

L'égouttage est un phénomène complexe et ses mécanismes sont encore peu connus. Cependant, il est généralement admis que l'égouttage résulte à la fois d'un processus physique actif appelé la synérèse, qui correspond à la rétraction du gel, et d'un processus passif correspondant à l'aptitude du gel à évacuer le lactosérum occlus, qui dépend de la porosité et de la perméabilité du gel (Walstra et al. 1985).

Le phénomène d'égouttage se traduit par la séparation (Pradal, 2012):

- d'une part, d'un bloc pâte plus ou moins friable composé essentiellement de caséine, de matière grasse et de sels minéraux permis par le phénomène de « synérèse » ou rétraction de caille dont la rapidité et l'efficacité sont liées à la teneur en calcium et en matières protéiques du lait ;
- d'autre part d'un liquide opalescent et acide : le lactosérum ou « petit lait » qui contient, dissous dans l'eau les autres constituants du lait qui n'ont pas été retenus dans la masse de caille c'est-à-dire le lactose, les matières azotées solubles (albumine, globuline...) et une quantité plus ou moins grande de sels minéraux

La synérèse est un phénomène biochimique et physicochimique suivant lequel un caillé formé soit par voie enzymatique, soit par voie lactique se contracte continuellement et expulse spontanément le lactosérum (St-Gelais et Tirard--Collet, 2002).

b-1. Égouttages sous lactosérum

Dans la fabrication de beaucoup de fromage le coagulum, une fois raffermi, est tranché ; il est ensuite soit au repos (pâtes fraîches, pâtes molles), soit soumis à un brasage (pâte pressée, pâte dure). Différents auteurs ont montré que la masse et le volume d'un fragment de coagulum obtenu par coagulation enzymatique évoluent dans le temps selon une loi exponentielle (Kirchmeier, 1961 ; Weber, 1976).

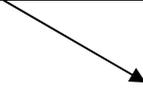
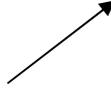
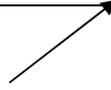
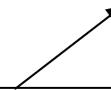
b-2. Égouttage en moules

Pour la quasi totalité des fromages, le coagulum, après traitement en cuve, est transféré dans des supports spécifiques (moules, toiles) ou se poursuit l'égouttage commence en cuve. Il s'agit d'une opération fondamentale tant pour la régulation du drainage du lactosérum que la mise en forme finale du fromage (Ramet, 2006).

b-3. Facteurs d'égouttage :

Comme pour la coagulation, plusieurs facteurs peuvent influencer la vitesse de synérèse, parmi ces facteurs, il y a les facteurs liés à la composition du lait (tableau 5) et aux traitements technologiques que le lait subit à la ferme ou à l'usine de transformation.

Tableau 5 : facteur modifiant la synérèse.

Les types de modification	Effet sur la synérèse
Teneur en gras	
Teneur en protéines	
Teneur en caséine alpha	
Teneur en caséine Kappa	
Teneur en caséine Béta	
Teneur en calcium	
Teneur en lactose	
Température	
Homogénéisation	
ph	
Surface de grains	
Brassage	
Teneur en sel	
Pression	

Adapte de (Patel et al 1972) (Pearse et al 1986) Walstra et Vliet Van, 1986 (Pearse et Mackinlay ,1989 Weber 1997 (Daviau et al ; 2000).

c. Affinage

Le processus d'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des composants du caillé (Choisy et al ; 2006). Plusieurs types de dégradation s'effectuent simultanément ou successivement dans la pâte. Fromagère touchant la fermentation du lactose, la lipolyse et la protéolyse (Mcsweeney et Sousa, 2000).

Les transformations précitées se font par l'intermédiaire d'agents de maturation et principalement par les microorganismes et les enzymes (Ramet, 1985). Ces derniers ont trois origines:

- Les enzymes naturelles du lait: deux sont plus particulièrement importants à considérer, la lipase et la plasmine.
- Les enzymes coagulantes: les protéases utilisées pour la coagulation du lait contribuent de manière efficace à l'affinage (Ramet, 1985). La présure a une double activité, l'une très spécifique sur la caséine κ , l'autre de protéolyse générale (Choisy et al. 1997).
- Les enzymes microbiennes: les microorganismes interviennent au cours de l'affinage par action de leur enzyme extracellulaire et intracellulaire (Choisy, et al 1997).

La durée de l'affinage peut varier de quelques jours à quelques mois selon le type de fromage et le goût recherché par le consommateur. (Pradal, 2012)

c-1. Les principaux facteurs influençant l'affinage

Tous les facteurs susceptibles d'agir sur le développement microbien et les activités enzymatiques jouent un rôle déterminant sur la dynamique de l'affinage. Ils peuvent être classés en deux catégories : les facteurs internes qui sont propres aux fromages et les facteurs externes liés à l'environnement.

c-1-1. Facteurs internes

A. Le PH

Pendant l'affinage, l'influence du pH sur les développements microbiens, l'activité des enzymes associées et la texture des fromages est déterminante (Lenoir et al. 1985). Parmi les micro-organismes intervenant dans l'affinage, seules les bactéries lactiques (Dellaglio et al. 1994), les levures et les moisissures peuvent se développer à des pH inférieurs à 5 ; en revanche, certaines espèces comme *Brevi bacterium* ou certains groupes, tels les *Pseudomonas*, sont inhibés dans les milieux à pH bas (Ratray et Fox, 1999).

B. Activité de l'eau :

Lors de l'affinage, l'activité de l'eau des fromages constitue un paramètre tout aussi important que la température ou le pH pour le développement des micro-organismes et la vitesse de certaines réactions enzymatiques (Marcos, 1993).

C. La diffusion des solutés dans la matrice fromagère :

Le fromage est constitué d'un réseau poreux de micelles de caséines à l'intérieur duquel se trouve la phase aqueuse où diffusent les molécules. (Hardy, 1997), les principaux facteurs influençant la diffusion d'un soluté dans la matrice fromagère sont :

- la matrice de protéines, lesquelles s'opposent à la migration de solutés.
- les "pores" de la matrice qui sélectionnent les molécules selon leur taille.
- L'eau liée aux protéines qui réduit l'eau disponible pour la diffusion.
- la viscosité de la phase aqueuse.
- la tortuosité.

c-1-2. Les facteurs externes

Il s'agit de facteurs liés aux conditions d'environnement physico-chimique dans lesquelles s'effectue l'affinage au sein d'un hâloir, dédié à cet effet.

A. La température de l'enceinte d'affinage

La température joue un rôle déterminant sur les développements microbiens et les processus enzymatiques. Toute variation de température provoque donc des différences dans les caractéristiques des fromages notamment sur la protéolyse et la texture (Al Otaibi et Wilbey, 2004). Une température d'affinage trop élevée peut, aussi, conduire à la production de composés indésirables qui affectent négativement les propriétés organoleptiques des fromages (Kujawski et al. 2003).

B. L'humidité relative de l'enceinte d'affinage

L'humidité relative, ou teneur en vapeur d'eau, de l'atmosphère des hâloirs joue un rôle important dans l'évolution de l'affinage des fromages. En effet, elle influence, à la fois, la perte de poids des fromages et l'activité de l'eau à leur surface (Fox et al. 1993).

C. Effet sur l'apparence des fromages : La fermeté des croûtes de Brie semble aussi dépendre de la concentration en dioxyde de carbone existant au voisinage des fromages. Plus cette concentration est élevée, moins la croûte est ferme. L'absence de dioxyde de carbone (fromages stockés en présence d'air) permet d'obtenir des fromages dont la croûte est, à la fois, ferme et élastique (Champagne et al., 2003)

c-2 .La microbiologie de l'affinage :

La maîtrise de l'affinage passe par une connaissance précise de l'évolution des principales caractéristiques microbiologiques, physico-chimiques et biochimiques de chaque type de fromages à différents stades de l'affinage.

c-2-1.La flore bactérienne

La flore bactérienne utile des fromages à pâte molle comprend deux grands groupes : les bactéries lactiques et les bactéries de surface (Choisy et al., 1997).

a. Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques utilisées dans l'industrie fromagère ont en commun une aptitude à produire de grandes quantités d'acide lactique à partir du lactose. Ce sont des bactéries Gram+, immobiles, ne formant pas de spores, ne produisant pas de catalase et ne réduisant pas les nitrates. Elles sont anaérobies facultatives ou micro aérophiles et, de ce fait, elles ne tolèrent que de très faibles concentrations d'oxygène (Canteri, 1997).

b. Les bactéries de surface

Les bactéries dominantes à la surface des fromages sont Gram+ et appartiennent, en grande partie, aux groupes des staphylocoques et des bactéries corynéformes. Leur importance relative dépend du type de fromages.

Les staphylocoques et les bactéries corynéformes possèdent en commun certains caractères physiologiques qui expliquent leur aptitude à s'implanter à la surface des fromages : elles sont le plus souvent aérobies, mésophiles, halotolérantes et acidosensibles, ne pouvant de ce fait se développer que dans une zone de pH proche de la neutralité (6 à 8,5).

Ces bactéries ont un rôle prédominant dans l'affinage des fromages. Sur environ 400 souches isolées du fromage, Bloës-Breton et Bergère (1994) montrent que la majorité des isolats bactériens donnent, en culture pure, des notes fromagères. En effet, les bactéries corynéformes sont connues pour avoir un fort potentiel pour la production de composés soufrés qui renforcent les caractères "fromager" et "affiné" d'un fromage (Ratray et Fox, 1999 ; Arfi et al., 2003 ; Arfi et al., 2005)

c-2-2. Voies métaboliques importantes pour l'affinage des fromages :**A. Métabolisme du lactose et du lactate**

La quantité de lactose restant dans le fromage au début de l'affinage dépend des modalités de la coagulation et de l'égouttage. Ceci est notamment due à l'activité des levains lactiques, au lavage ou non des grains de caillé, au degré d'égouttage et aux conditions de salage (Choisy et al., 1997a). Le lactose est donc métabolisé, très tôt lors des fabrications fromagères, en D- et L-lactate principalement par les bactéries lactiques (Mc Sweeney, 2004).

B. Protéolyse et transformation des acides aminés

Au cours de l'affinage, la protéolyse est due à 3 catégories d'enzymes : les protéases coagulantes, la plasmine et les protéases et peptidases microbiennes. Elle diffère en intensités et qualité selon les vérités de fromage (Choisy, 2006)

L'évolution du degré de protéolyse, au cours de l'affinage, est différente entre la Surface et le cœur des fromages à pâte molle. Selon (Noomen, 1983), ceci est essentiellement Dû à deux raisons principales:

- les enzymes microbiennes (principal agent de la protéolyse) ne diffusent pas dans la matrice fromagère,
- la croissance des micro-organismes les plus protéolytiques (*G. candidum* et *P. camemberti*) est beaucoup plus importante à la surface qu'au cœur du fromage.

C. Lipolyse et transformation des acides gras

La matière grasse (constituée à 98 % de triglycérides) joue un rôle important dans l'aromatisation des fromages à pâte molle ; non seulement du fait de leur pouvoir aromatisant, Mais aussi en tant que précurseurs des méthylcétones, des alcools, des lactones et des esters. L'hydrolyse des lipides, lors de l'affinage, est un phénomène qui a été largement décrit (Molimard et Spinnler, 1996 ; Fox et Wallace, 1997; Mc Sweeney et Sousa, 2000; Collins et al 2003 ; Mc Sweeney, 2004). La majeure partie des acides gras libres ayant un nombre de carbone entre 4 et 20 provient de la lipolyse des triglycérides par les moisissures, alors que ceux ayant un nombre de carbone entre 2 et 6 proviennent principalement de la dégradation du lactose et des acides aminés (Molimard et Spinnler, 1996).

c-3. Les défauts ou accident d'affinage :

- a- la pâte :** au niveau texture et gout, les défauts sont un fromage plâtreux ou qui s'écrase, une pate spongieuse ou trouée... (Pradal, 2012.) .C'est le résultat d'un affinage insuffisant provoqué par un égouttage très poussé. Il n'est pas assez humide pour permettre le développement normal des bactéries lactiques (Vignola, 2002)

- b- la croute :** le développement de « **poil de chat** » est provoqué par le champignon mucor notamment lorsque les fromages lactiques sont jeunes, trop humides peu salés.
- c- le gout :** le gout de savon provient de l'oxydation de la matière grasse dans le cas de fromage âgés, riche en matière grasse et mal égouttés. (Pradal, 2012).
- d- Levures et moisissures :** Le lait est un excellent milieu de culture aussi bien pour les bactéries que pour les levures et les moisissures, qui s'y développent à des températures basses surtout lorsque l'humidité est élevée. Levures et moisissures sont donc de gros contaminants des ateliers de fabrication en industrie laitière (Vignola, 2002).

Chapitre II : classification des fromages.

2-1-Classification des fromages et appellations :

La dénomination «fromage» est réservée au produit fermenté ou non, obtenu à partir de matières d'origine exclusivement laitière : lait, partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. (Décret n°2007-628 du 27 avril. N° 88-1206 du 30 décembre 1988).

Le Fromage est un mot qui désigne un produit alimentaire. Réellement, il fait référence à une grande variété de produits dont les caractéristiques sensorielles et autres sont tellement différentes. Cette grande diversité soit dans les propriétés ou dans les modes de fabrication, a rendu difficile leur classification (Chamberset al. 2005).

2-2-la législation sur les dénominations et l'étiquetage des fromages :

2-2-1. La législation concernant la dénomination des fromages :

- « **Fermier** » ou toute autre indication laissant entendre une origine fermière, lorsque le fromage est fabriqué selon les techniques traditionnelles par un producteur agricole ne traitant que les laits de sa propre exploitation sur le lieu même de celle-ci. Cependant, lorsqu'un système d'identification des produits est mis en place, l'affinage des fromages fermiers peut être réalisé en dehors de l'exploitation agricole. Les fermiers qui ne standardisent pas le lait en matière grasse peuvent apposer, en remplacement (ou en complément) d'un taux chiffré, la mention : « MG : au lait entier » (Martinez, 2009).
- « **fruitier** » il a également été défini pour désigner les fromages fabriqués dans des petites coopératives dénommées « fruitières » à condition qu'il soit fabriqué quotidiennement ou bi quotidiennement en respectant les règles et les techniques traditionnelles à partir de lait cru produit localement par des producteurs organisés pour la collecte, la fabrication ou la vente (Pradal, 2012).
- « **défini** » ce terme est applicable aux fromages dont les caractéristiques de fabrication, de format, d'affinage, de teneur en matière sèche et matière grasse sont définies dans un cahier des charges très précis. Le but de cette dénomination est de les protéger (Pradal, 2012).

2-2-2. la législation concernant les étiquètes des fromages :

Les dispositions générales qui sont présentées ci-après concernent l'ensemble des fromages. Toutefois pour les fromages bénéficiant d'un signe de qualité (AOC, AOP ou IGP), des obligations complémentaires ou spécifiques (indication de la dénomination de vente, apposition du logo officiel, critère faisant l'objet d'une certification), qui sont définies par le décret, le référentiel ou l'organisme certificateur doivent y être rajoutées avec notamment le nom complet de l'appellation et son logo. Ils sont par contre dispensés de l'indication de la teneur en matière grasse (Pradal, 2012).

2-3-les principaux critères de classification prennent en considération les points suivants (Mietton et al. 2004) :

2-3-1-La nature de la matière première :**• Au lait cru :**

(Le règlement européen 853/2004) donne une définition du lait cru : «Lait cru: le lait produit par la sécrétion de la glande mammaire d'animaux d'élevage et non chauffé à plus de 40 °C, ni soumis à un traitement d'effet équivalent ». Le lait cru peut être écrémé ou pas. Il peut être utilisé pour la fabrication de produits au lait cru comme du beurre et des fromages.

• Au lait pasteurisé :

La pasteurisation est un traitement thermique qui va modifier certaines propriétés du lait par :

- _ L'élimination de la majorité des micro-organismes du lait,
- _ L'activation ou inactivation de certaines enzymes endogènes du lait,
- _ La dénaturation des protéines du sérum.

Selon Grappin et al. (1997), la comparaison de fromages fabriqués au lait pasteurisé, au lait cru ou au lait micro filtré concerne la nature et l'étendue de la protéolyse.

• Au lait thermisé :

Température inférieure à la pasteurisation pour les produits préparés à partir de lait chauffé à une température supérieure à 40°C et inférieure à 72°C pendant au moins quinze secondes ; le lait thermisé présente une réaction positive au test de la phosphatase (Martinez.2009).

2-3-2- L'origine du lait :(Vache, chèvre, brebis, bufflesse, et mélange de laits de différentes espèces).

La teneur en matières azotées et en lipides varie avec la race de bovin. Elle est plus faible en général lorsque le lait provient de races laitières à forte production. Ces teneurs aussi pendant les mois d'été lorsque les bovins sont mis au pâturage (Fredot, 2007).

Les principaux constituants de lait de diverses espèces animales sont rassemblés dans le Tableau 06.

- Tableau 6: Constituants principaux des laits de diverses espèces animales (g/l) (FAO, 1995).

Constitution	vache	bufflonne	chamelle	jument	chèvre	brebis
Extrait sec total	128	166	136	109	134	183
Protéines	34	41	35	25	33	57
Caséines	26	35	28	14	24	46
lactose	48	49	50	60	48	46
Matières salines	09	08	08	04	7,7	09
Matières grasses	37	68	45	20	41	71

2-3-3-La technologie de fabrication :

a. Les fromages affinés :

Le fromage affiné est un fromage qui n'est pas prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication, mais qui est maintenu pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage. En ce qui concerne le fromage affiné aux moisissures, l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques, dans la masse et/ou à la surface du fromage (codex Stan 283-1978).

a-1.Les fromages à pâte molle :

Ils s'identifient par une définition légale donnée par l'article 9 du décret du 26 octobre 1953 du règlement français (Cogitore, 1987) précisant que les fromages à pâte molle sont des fromages ayant subi indépendamment de la fermentation lactique, d'autres fermentations, affinés, dont la pâte n'est ni cuite, ni pressée et qui dans le cas échéant, peuvent comporter des moisissures internes.

a-1-1.les fromages à pâte molle et croûte fleurie :

Il se caractérise par une croûte blanche à dorée recouverte d'un duvet de moisissures blanc et feutré appelé fleur, qui se développe pendant l'affinage ce qui leur donne le nom croûte fleurie. Ces aspect duveteux de la croûte est dû à la présence du champignon *Penicillium Candidum* qui peut être pulvérisé à la surface des fromages en début d'affinage (Pradal, 2012).

- **La dégustation :**

Une recette populaire consiste à passer au four un petit fromage à pâte molle pendant 15minutes puis à déguster l'intérieur fondu en y trempant les morceaux de pain ou des légumes crus. Ces fromages passent également bien au grillé ; à essayer sur un croissant avec une couche de poivrons grillés ou de chutney sucré, en ayant au préalable pris soin d'ôter la croûte sur les bords, car elle a tendance à sécher et à devenir un peu amère (Harbutt.2010).

a-1-2.les fromages à pâte molle et croûte lavée :

Ces fromages de type munster ou pont-l'évêque se caractérisent par une flore bactérienne de surface formée en grande partie par les bactéries coryneformes et Micrococcaceae. (Mahaut et al. 2000).

- **La dégustation :**

Les fromages à croûte séchée sont succulents grillés, car leur texture caoutchouteuse s'assouplit et s'étale mais conserve sa forme ; c'est pour cette raison qu'ils ne conviennent pas pour la confection des sauces. Ceux à croûte lavée, au contraire, s'y prêtent parfaitement, mais il faut en mettre assez peu. Passés au four, ils deviennent plus doux et plus savoureux, et constituent une entrée extraordinaire(Harbutt.2010)

a-2.Les fromages à pâte pressée :

Il s'agit des fromages dont le caillé est pressé après soutirage, puis mis à l'affinage (Martinez, 2009).

Les pâtes pressées se divisent en deux familles (Mahaut et al, 2000) :

a-2-1.Les pâtes pressées non cuites :

Les fromages à pâte pressée non cuite ou demi-ferme qui subissent une période d'affinage assez longue dans une atmosphère fraîche et très humide, les fromages à pâte demi-ferme (cheddar, cantal....) ont une consistance dense et une pâte de couleur jaune pâle. Ces fromages ne

doivent être ni desséchés, ni trop faible, la pâte près de croûte ne doit pas être plus foncées. Ils contiennent entre 40 et 60 % d'humidité (Anonyme 2, 1999).

a-2-2.les pâtes pressées cuites :

Ce sont des fromages à pâte pressée dont le caillé a subi un chauffage supérieur ou égal à 50°C au moment de son tranchage. Sous réserve de conditions particulières d'affinage, l'Emmental peut porter le qualificatif « affinage de tradition ». (Martinez, 2009).

Les fromages à pâte pressée cuite ou pâte dure, sont des fromages pour lesquels, après pressage, le caillé est chauffé à 65°C, puis laissé à l'affinage. Le terme cuite se dit d'un fromage dont le caillé subit un chauffage au moment de son tranchage, lorsqu'il est thermisé, le lait est chauffé à environ 65°C, ce qui ne détruit qu'une partie de la flore, lorsqu'il est pasteurisé, le lait est chauffé de 72 à 85°C pendant 20 secondes maximum, puis refroidi immédiat à 4°C. Cette procédure détruit la flore naturellement présente dans le lait, et nécessite donc un réensemencement en flore standardisée, ce qui peut avoir pour les industriels l'avantage d'obtenir un goût régulier et une texture régulière (Majdi, 2009).

- **La dégustation :**

Ils font partie intégrante de l'histoire culinaire de leur pays d'origine. Ceux chauffent, comme le gruyère et le beaufort, s'étirent lorsqu'ils sont placés à la chaleur, ils se prêtent donc idéalement à une cuisson au grill ou en fondues plutôt que dans les sauces. D'autres fondent entièrement, tandis que les fromages les plus pressés, comme le parmesan-reggiano, se dissolvent complètement, ajoutant alors le goût sans modifier la texture. Ces deux derniers types sont excellents dans les sauces, les pâtes et les soupes (Harbutt, 2010).

a-3. Pâtes filées :

Ces fromages présentent une grande analogie avec la fabrication des pâtes pressées jusqu'à la fin de brassage en cuve. Après soutirage du lactosérum, les grains sont alors pressés et laissés au repos pendant 3 à 8 heures jusqu'à un pH de 5.15 – 5.2 nécessaire pour avoir un bon filage, Le caillé ensuite découpé en lamelle (Mahaut et al. 2000)

a-4. 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 70°C pendant 30

secondes ou toute autre combinaison équivalente), de fromage ou d'un mélange de fromages, additionné éventuellement d'autres produits laitiers, présentant une teneur minimale en matière sèche de 40 g pour 100 g de produit fini, et une teneur minimale en matière grasse de 40 g pour 100 g de produit après complète dessiccation (Martinez,2009).

a-5. Les fromages à pâte persillée :

La catégorie des fromages à pâte persillée regroupe plusieurs fromages caractérisés par un développement interne de la moisissure bleue *Penicillium Roqforti*. Leur nombre assez restreint est issu principalement de la transformation du lait de vache, lait de brebis et de bufflesse, rarement de chèvre (Ramet, 2006).

- **La dégustation :**

En mélange de petites quantités aux pâtes, veloutes et sauces pour faire de ces plats des incontournables, comme la soupe au céleri et au stilton ; les pâtes aux pignons et au gorgonzola ; ou le steak grille, sauce au bleu (Harbutt,2010).

a-6. Fromage a lactosérum :

La 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 (Martinez, 2009).

a-7. Les fromages salés conservés en saumure :

La technologie générales de ces fromages est proche de celle des pâtes molles à dominante présure pour le feta et de celle des pâtes pressées non cuites pour le domiati. Ce dernier présente l'originalité d'être préparé à partir de lait fortement salé ; le taux de chlorure de sodium est compris entre 6 à 15% (Ramet, 2006).

a-8. Les fromages de chèvre ou bleu de chèvre :

Ces dénominations sont réservées aux fromages de formes et poids variables préparés exclusivement avec de lait de chèvre. Ils doivent contenir au moins 45g de matière grasse pour 100g de fromage complète dessiccation (Le Jaouen.1990).

b. Les fromages non affinés :

Les fromages non affinés, y compris les fromages frais sont des produits conformes à la Norme générale pour le fromage (Codex Stan283-1978), prêts à la consommation Peu de temps après leur fabrication.

- **Les fromages frais :**

Le fromage frais résulte de la coagulation lente du lait par action de l'acidification combinées ou non à celle d'une faible quantité de présure. Le fromage frais présente une grande diversité selon le degré d'égouttage et la teneur en matière grasse du lait mis en œuvre. Ces caillés restent très humides (75-80%) et sont peu minéralisés la pâte a un pH bas (4,3.4, 5), n'a pas de cohésion et se prête à la fabrication de fromage sans forme ou de format réduit et de courte conservation (Mahaut et al, 2000).

Les « fromages blancs frais » ou « fromages frais » sont des fromages blancs fermentés qui répondent à un critère supplémentaire : ils doivent renfermer une flore vivante au moment de la vente au consommateur (Martinez.2009).

- **La dégustation :**

Les fromages frais sont excellents grillés ou cuits dans des plats traditionnels, comme le feta dans la spanokopitta, la ricotta dans les raviolis ou la mozzarella sur la pizza. Toutefois, avec leur forte teneur en humidité et leur texture fragile, ils s'effritent ou se dissolvent dans les sauces et durcissent lorsqu'on les fait griller trop longtemps (Harbutt.2010).

2-4. Spécialités fromagères :

La dénomination « spécialité fromagère » est réservée aux produits laitiers autres que les fromages, les fromages blancs et les bleus, fermentés ou non, affinés ou non, préparés à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, auxquelles d'autres matières provenant exclusivement du lait peuvent être ajoutées, utilisées seules ou en mélange. La teneur minimale en matière sèche est de 20 g pour 100 g de produit fini pour les spécialités fromagères affinées, et 10 g pour 100 g de produit fini pour les spécialités fromagères non affinées (Martinez,2009).

2-5. les familles de fromage (décret du 30 décembre 1988) :

Tableau 7 : les familles de fromage

amilles	abréviations	descriptions
Les fromages frais	FF	Aucun affinage, de couleur blanche et de texture molle, ils ont un goût frais, acidulé et léger.
Les fromages à pâte molle et croûte fleurie	PMCF	Leur croûte est blanche et duveteuse, elle peut comporter des traces orangées selon l'affinage. La pâte est plus ou moins souple au toucher. Gout

		affirme.
Les fromages à pâte molle et croûte lavée	PMCL	Leur croûte est orangée, car les fromages sont lavés avec de l'eau salée qui peut être remplacé par une eau de vie locale. Le goût est prononcé.
les fromages à pâte persillée	PP les bleus	Les moisissures se sont développées à l'intérieur de la pâte. Certains sont recouverts d'une feuille de papier aluminium pour éviter la formation de la croûte.
Les fromages à pâte pressée non cuite	PPNC	Le caillé après être découpé et brassé, est pressé fortement dans des formes. Goûts assez corsés.
Les fromages à pâte pressée cuite	PPC	Le caillé est chauffé pour augmenter la durée de conservation. L'affinage est plus long. Ces fromages ont un goût léger.
Les fromages de chèvre		Aussi appelé à croûte naturelle, il présente des aspects différents selon le degré d'affinage. Certains sont recouverts de cendres
Les fromages fondus		Fromage non commercialisable en l'état, ils sont fondus additionnés de crème et d'autres produits laitiers pour être vendus sous une marque commerciale. Exemple : crème de gruyère, crème de roquefort. On peut citer la célèbre de la vache qui rit.

2-6. intérêt nutritionnel des fromages :

La teneur en protéine varie de 10 à 30% dans les fromages, c'est donc un aliment protéique par excellence (tableau 8). Les fromages sont les aliments les plus riches en protéines. notamment les pâtes pressées dont la teneur en protéine (30%), dépasse celle de la viande (20%) (Mahaut et al. 2000).

Valeur nutritionnelle des fromages (Paccalin et Galantier, 1997).

Tableau 8 : valeur nutritionnelle des fromages.

	PROTEINES (%)	Lipides (%)	Ca ⁺⁺ (g.kg-1)	Valeur énergétique (kJ.100g-1)
Fromage Frais	10	0 à 9	1.0 à 1.6	2 000 à 6 500
Pâte molle	20	20 à 28	1.5 à 3.8	11 000 à 15 000
Pâte pressée non cuite	24 à 27	24 à 29	6.5 à 8.6	13500 à 16 000
Pate presse cuite	27 à 29	28 à 30	9.0 à 11.0	16 500 à 17 000
Pâte persillée	20	27 à 32	7.2 à 8.7	17500

2-7- Qualité hygiénique des fromages :

L'arrêté du 30 Mars 1994 fixe les critères microbiologiques auxquels doivent satisfaire les laits de consommation et les produits à base de lait lors de leur mise sur le marché .la directive CCE n°92-46 arrêté les règles sanitaires pour la production et la mise sur le marché de lait cru, de lait traité thermiquement et de produit à base de lait. Les normes microbiologiques des fromages sont présentées dans le tableau 9 (Mahaut et al. 2000).

Tableau 9 : normes microbiologique (Mahaut et al. 2000).

Fromages		Listeria monocytigenes	Salmonella spp	Staphylococcus Aureus (ml-1)	Escherichia coli (ml-1)	Coliformes 30°C (ml-1)
Pâte dure	Lait traité thermiquement	Absence Dans 1g	Absence dans 25g /n=5/c=0	m=1000 M=10000 n=5 c=2	m=1000 M=100000 n=5 c=2	
	Lait cru et lait thermisé	n=5 c=0				
Pâte molle	Lait cru et lait thermisé	Absence dans 25g /n=5/c=0		m=100 M=1000 n=5 c=2	m=10000 M=10000 n=5 c=2	
	Lait traité thermiquement				m=100 M=1000 n=5 c=2	
Pâte persillée	Lait cru et lait thermisé			m=1000 M=10000 n=5 c=2	m=10000 M=100000 n=5 c=2	
	Lait traité thermiquement			m=100 M=1000 n=5 c=2		
Non affinés	Lait traité thermiquement			m=10 M=100 n=5 c=2		
	Lait cru et lait thermisé			m=1000 M=10000 n=5 c=2	m=10000 M=100000 n=5 c=2	
Fromages de lactosérum				m=10 M=100 n=5 c=2		
	Lait traité thermiquement					
Autres fromages	Lait cru et lait thermisé			m=1000 M=10000 n=5 c=2	m=10000 M=100000 n=5 c=2	

n : nombre d'unités dont se compose l'échantillon ; m : seuil limite en dessous duquel tous les résultats sont considérés comme satisfaisants ; M : seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisant ; c : nombres d'échantillon des valeurs comprises entre m et M.

Notre travail est basé sur une étude comparative de deux types de fromage à pâte pressée non cuite (tomme d'Ambert) : l'une à base de lait cru (recette originale) et l'autre à base de lait pasteurisé. Le travail a été effectué dans une fromagerie (Uni Vert) située à Thala Athmane Tizi-Ouzou.

3-1. Matériels utilisés :

Dans notre travail on a utilisé les matériels suivants :

- Acidimètre (Doronic) ;
- Bain marie ;
- Balance analytique ;
- Bec bunsen ;
- Bécher ;
- Butyromètres au fromage (4 %) (GERBER) ;
- Centrifugeuse (GERBER) ;
- Congélateur ;
- Éprouvette ;
- Etuve ;
- Etuve 30°C 44°C 37°C ;
- Incubateur 47.6 ;
- pH mètre ;
- Pipettes graduées (10ml, 1ml) ;
- Réfrigérateur (ENIEM) ;
- Spatule métallique ;
- Stomacher ;
- Test antibiotique ;
- Thermo-laco-densimètre ;
- Thermomètre

3-2. Les réactifs et les milieux de culture utilisés :

Tableau 10 : réactifs et milieux de culture utilisés.

Milieux de culture	Additifs et réactifs
PCA	Hydroxyde de sodium (NaOH 1/9)
OGA	Phénolphtaléine
Gélose Viande – foie (VF)	Alcool iso amylique
VRBL	Acide sulfurique H ₂ SO ₄ (62° pour séparer la MG du fromage TSE

3-3. Description du procédé de fabrication du tome d’Ambert :

Un schéma générale de la fabrication du fromage à pâte pressé non cuite type « tome d’Ambert » est représenté par la figure 4.

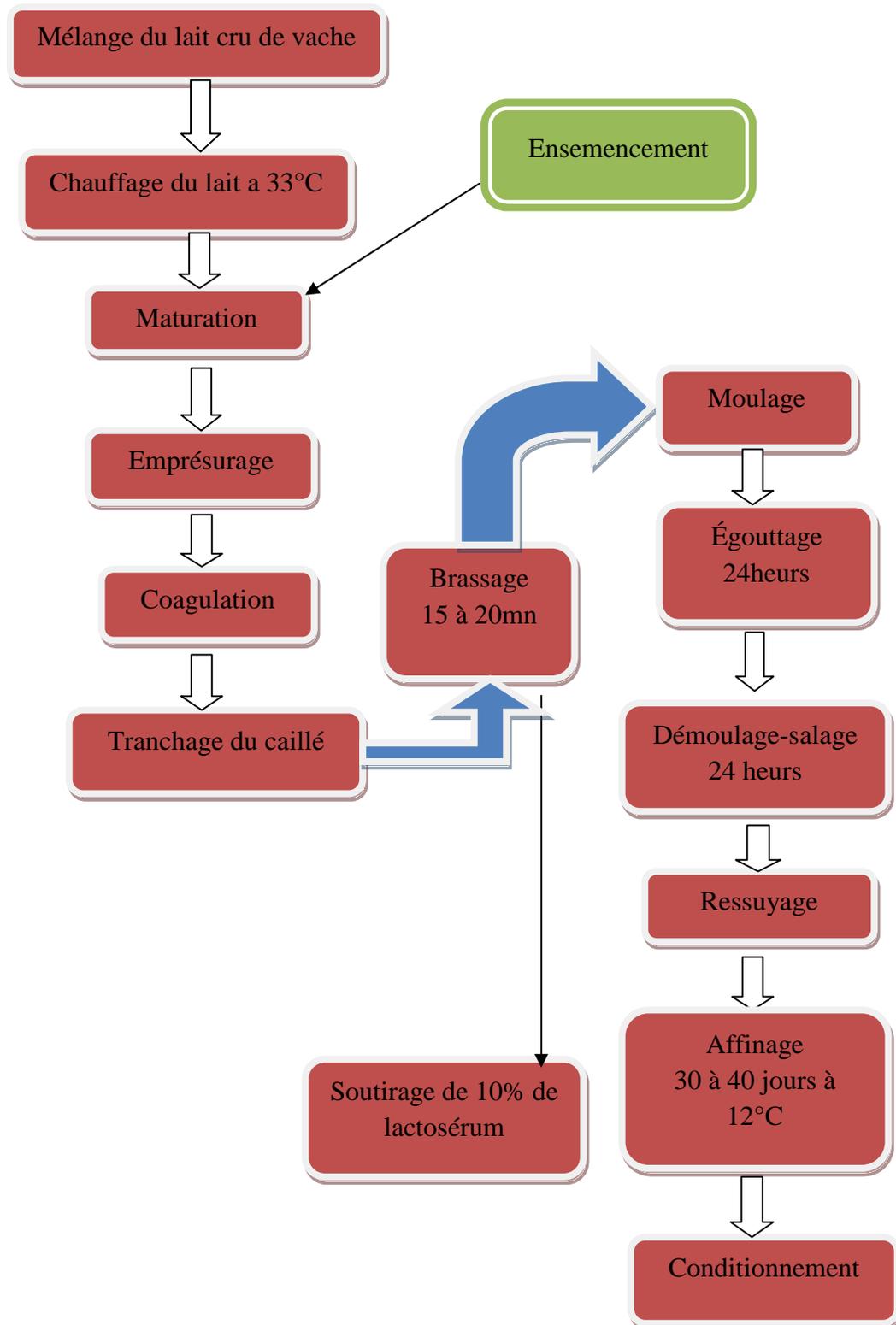


Figure 4 : Diagramme de fabrication du fromage à pâte pressé non cuite type « Tome d'Ambert ».

3-3-1. réceptions du lait cru :

Le lait cru destiné à la fabrication de la tomme, provient de différentes fermes. Ce lait doit être recueilli proprement et refroidi aussitôt à une température inférieure ou égale à +4°C afin de ralentir la prolifération bactérienne.

3-3-2. Préparation du lait :

Pour fabriquer le fromage tomme d'Ambert, on utilise juste le lait cru de vache comme la matière première.

- Les laits des différentes récoltes sont mélangés dans des tanks.
- Le lait est réchauffé à une température de 33°C

3-3-3. Maturation :

C'est une maturation de période plus ou moins longue durant laquelle on fait un ensemencement avec des bactéries thermophile et mésophile (MM101, TA54), à une dose de 0.2gramme pour chaque type de bactéries.

Cette maturation se fait pour rétablir les équilibres physicochimiques du lait donnant ainsi une meilleure aptitude à la coagulation.

3-3-4. emprésurage :

La présure en solution est ajoutée à raison de 0.1 gramme pour 40 litre du lait, le lait est soigneusement brassé pendant 2 à 3 minutes pour une bonne répartition de la présure.

La coagulation aboutit après 30 à 40 minutes et à une température de 33 à 35°C à un caillé blanc, ferme et homogène. Le temps de prise (temps au cours duquel le lait perd sa fluidité et gagne sa viscosité) est de 10 minutes et la coagulation trois fois le temps de prise.

3-3-5. Tranchage :

Le tranchage consiste à découper le gel en portion égale et plus ou moins grandes afin d'augmenter la surface d'exsudation du lactosérum. L'égouttage est d'autant plus important lorsque la taille des grains de caillé diminue.

Pour déterminer le temps de tranchage on applique le test temps de prise (en met la main sur le caillé, si l'empreinte est tracée donc le caillé est prêt pour le tranchage).

3-3-6. Brassage :

Le brassage consiste à agiter dans le lactosérum les morceaux ou grains de caillé obtenu après le découpage, la durée de ce brassage est de 20 minutes pour l'obtention des grains de riz. Ensuite on laisse le caillé se reposer pendant 15 minutes, après on soutire 10 % de lactosérum pour faciliter le moulage.

3-3-7. Moulage :

Après le soutirage de 10% de lactosérum, on met le caillé dans des moules de forme galette.

3-3-8. Egouttage :

Juste après le moulage on ajoute un poids pendant 2 heures, pour but de donner la forme définitive au fromage, d'évacuer le sérum et l'air occlus inter granulaire et favorise la soudure des grains de caillé. Les fromages sont retournés pour régulariser leurs formes.

3-3-9. Démoulage-salage :

24 heures plus tard, Les fromages sont démoulés et mis en saumure avec un sel fin à une concentration de 2%.

Lorsqu'un fromage est plongé dans une solution concentrée ou saturée en Na Cl, la différence de concentration entre la phase aqueuse du fromage et la saumure, elle provoque une diffusion de sel dans la pâte et une migration inverse de la phase aqueuse vers la saumure (ECK, 1990).

• Rôle du saumurage :

- ✓ Assurer un complément d'égouttage ;
- ✓ Contribuer éventuellement à la formation de la croûte ;
- ✓ Régler l'activité de l'eau de fromage qui oriente et freine les développements microbiens et les actions enzymatiques au cours de l'affinage ;
- ✓ Accroître le potentiel organoleptique de fromage ;

3-3-10. Ressuyage :

Après saumurage, les fromages doivent être soumis à un ressuyage pendant 28 à 48 minutes, sous une atmosphère de 85% d'humidité et d'une température de 10 à 11°C.

Selon Pradal, (2012) cette opération a pour but de compléter les opérations d'égouttage et d'éliminer la mince pellicule d'eau se trouvant à la surface du fromage qui serait favorable à la contamination des microorganismes.

3-3-11. Affinage :

Il se fera dans des hâloirs d'affinage à une température de 12 à 14°C et a une humidité relative de 85-95%.

Les fromages sont retournés 2 à 3 fois par semaine. La durée normale du travail en cave est de 30 à 40 jours au bout de laquelle les fromages sont prêts à être conditionnés.

Tout au long de ce séjour, on procède à des soins de croûte des fromages avec une brosse, permettant de limiter la croissance de toutes les bactéries productrices de mycotoxine.

3-3-12. Conditionnement :

Pendant le conditionnement, la tomme d'Ambert sera grattée, emballée dans des papiers cellophane, ensuite conservée à 6 °C pour être dégustée.

3-4. Analyses physico-chimiques :

3-4-1. Le lait

a. Détermination de l'acidité titrable :

L'acidité est déterminée par le dosage de l'acide lactique à l'aide de l'hydroxyde de sodium à 0,11 moles/l. La présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré qui indique la limite de la neutralisation par changement de couleur (rose pâle).

Cette acidité est exprimée en degré Dornic (D°) où : 1 D° représente 0,1 g d'acide lactique dans un litre de lait.

a-1. Mode opératoire :

Dans un bécher de 100 ml, on introduit à l'aide d'une pipette, 10 ml de l'échantillon auquel on ajoute 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine, le tout est titré par une solution d'hydroxyde de sodium à 0.11 N jusqu'à l'apparition du virage rose.

a-2. Expression du résultat :

L'acidité titrable est donnée par la formule suivante :

$$AD = V * 10$$

Avec: AD: acidité titrable

V : volume en millilitre de la solution d'hydroxyde de sodium (0.11 N)

(1 $D^{\circ} = 0.1$ g d'acide lactique par litre de lait, $1D^{\circ} = 0.1$ ml de la soude N/9)

b. Détermination de la densité :

La densité est mesurée à l'aide d'un thermo-lactodensimètre étalonné de manière à donner (par simple lecture du trait correspondant au point d'affleurement) la densité de l'échantillon de lait à analyser. Elle est ramenée à 20°C par la formule suivante : Densité corrigée = densité lue + 0,2 (température du lait - 20°C) (Mathieu, 1998).

b-1. Mode opératoire :

Le lait est versé dans l'éprouvette de 250 ml, tenu inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou des bulles d'air. Le lactodensimètre est plongé verticalement dans l'éprouvette. Après sa stabilisation, on lit la valeur de densité sur l'échelle à la surface du lait.

b-2. Expression du résultat :

Le lactodensimètre donne une valeur exacte à une température de 20° C

- Si la $T^{\circ} > 20$ \longrightarrow $D = D^{\circ} + 0.2 (T^{\circ} - 20^{\circ}C)$
- Si la $T^{\circ} < 20$ \longrightarrow $D = D^{\circ} - 0.2 (T^{\circ} - 20^{\circ}C)$
- Si la $T^{\circ} = 20$ \longrightarrow la densité reste la même

Avec : T° : température lue sur lactodensimètre.

D° : densité lue sur lactodensimètre.

c. Détermination de pH (AFNOR ,1986) :

Le pH est déterminé par la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH -mètre étalonner le pH à l'aide des deux solutions tampons. (pH : 4 et pH : 7). Plonger l'électrode dans l'eau à analyser et lire la valeur du pH. A chaque détermination du pH, retirer

l'électrode, rincer avec l'eau distillée et sécher. Lecture de résultat : la valeur indiquée sur le pH-mètre.

d. Le test d'antibiotique :

Cette recherche se fait par le test « β star » rapide qui permet de détecter simultanément, en une seule opération la présence des résidus de β lactamines et des tétracyclines dans un échantillon du lait cru.

d-1. Mode opératoire

➤ Préparation des tubes coniques :

- Retiré le coffret du réfrigérateur
- Retiré le flacon contenant le récepteur actif
- Retiré la capsule et le bouchon à l'aide d'une pipette ou une seringue on prélève :
 - 100 ml d'eau distillée froid au flacon
 - Mélange bien le flacon jusqu'à la dissolution total du lyophilisant
- A l'aide d'une micropipette, pipeter 25 μ dans un tube conique en polypropylène
- Mélanger et incuber a 47.5C° pendant 3 min
- Placer une bandette dans le tube incubé au préalable
- Après 2 min on retire la bandette et on interprète les résultats comme suivant :

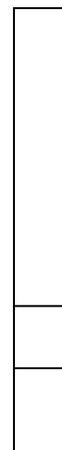
Test invalide



Test positif



Test négatif



1
2

1: Bande de référence

2: bande de confirmation

- **Bande de référence :**

Cette bande captera les récepteurs n'ayant pas formé de complexe avec β lactame.

- **Bande de confirmation :**

L'intensité de cette bande renseigne sur la présence des antibiotiques.

3-5. Fromage :

a. Détermination de matière grasse :

a-1. Principe :

La matière grasse est exprimée en gramme, pour 100 gramme de fromage. Le dosage de la matière grasse a été réalisé selon la méthode de VAN GULICK Conformément à la norme ISO 3433: 2008.

Cette méthode est basée sur la digestion des constituants de fromage et principalement les protéines par de l'acide sulfurique (H_2SO_4), à l'exception la matière grasse, puis la séparation de cette dernière par centrifugation.

a-2. Mode opératoire :

Peser trois grammes de fromage ± 0.1 mg, dans un godet adapté au butyromètre. Le godet est placé dans le butyromètre puis recouvert avec de l'acide sulfurique jusqu'à l'immersion totale du godet et son contenu. Les butyromètres sont placés dans un bain d'eau à $65 \pm 2^\circ C$ sous agitation pendant 3 heures pour favoriser la dissolution totale de fromage. 1 ml d'alcool amylique (3-méthyle, 1-butanol) est ajouté, puis les butyromètres sont remplis jusqu'à la graduation 25 ml avec de l'acide sulfurique. Après une agitation modérée, les butyromètres sont centrifugés à 1350 rpm pendant 10 minutes. Après la centrifugation, la lecture est effectuée immédiatement, La teneur en matière grasse est exprimée en gramme, par 100 grammes de fromage brut.

a-3. Expression du résultat :

Le résultat est lue directement sur les graduations de butyromètre, la teneur en matière grasse est exprimé en pourcentage en masse est égale :

$$\text{MG} = \text{N}' - \text{N}$$

Avec : N' : la valeur correspond au niveau supérieure de la colonne grasse

N : la graduation correspond au niveau inférieur de la colonne grasse

b. Détermination de la teneur en extrait sec totale (EST), Extrait sec dégraissé (ESD) et l'humidité :

L'extrait sec total est le taux de matière sèche restant après dessiccation. L'extrait sec dégraissé est l'extrait sec sans la matière grasse.

b-1. Mode opératoire :

Dans un dessiccateur infrarouge possédant une balance de précision intégrée est placée une capsule préalablement lavée et séchée, contient 2 grammes de l'échantillon à analyser, la température de dessiccateur varie selon l'humidité de l'échantillon, elle peut aller de 105 °C jusqu'à 165 °C.

b-2. Expression des résultats :

La lecture se fait directement par affichage sur l'écran du dessiccateur. La valeur de l'EST est exprimée en (g/l) pour liquide et en % pour le solide.

-détermination de l'extrait sec dégraissée (ESD) : **ESD = EST - MG**

-détermination de l'humidité (H%) : **H (%) = 100 - EST**

Avec : EST : extrait sec total.

ESD : extrait sec dégraissé.

MG : matière grasse.

c. Détermination du rapport matière grasse sur matière sèche MG/ MS du fromage :**c-1. Principe :**

La teneur en matière grasse dans la matière sèche correspond au pourcentage en matière grasse contenu dans la matière sèche du fromage ; c'est la détermination simultanée de la teneur en matière sèche et la teneur en matière grasse du fromage

Le but du calcul est de vérifier la conformité de ce paramètre (G/S) à la disposition réglementaires.

c-2. Expression du résultat :

La teneur en matière grasse, exprimée en gramme pour 100 g de matière sèche est donné par la formule suivante :

$$(MG / MS) .100$$

Avec : MG / MA : matière grasse du fromage

MS : matière sèche du fromage

3-6. Analyses microbiologiques :

Afin d'avoir une idée sur la qualité hygiénique des laits utilisés pour la fabrication de fromage et d'autre part pour déterminer la nature et la charge microbienne présente dans le produit fini. Nous avons recherché les groupes microbiens suivants : Les Coliformes totaux, Coliforme fécaux, Staphylocoques (s. aureus), Clostridium sulfitoréducteurs, Levures et moisissures.

➤ Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux :

Les coliformes sont des entérobactéries anaérobies facultatifs, Gram négatif se caractérisent par leur aptitude à fermenter plus ou moins rapidement le lactose. Les coliformes fécaux présentent en plus une caractéristique liée à leur habitat. Les coliformes sont des indices de contamination fécale.

• Principe :

Les coliformes fermentent le lactose avec dégagement de gaz. Cette fermentation n'est pas particulière à ce groupe ; elle est rendue plus sélective par l'utilisation d'un milieu sels biliaires.

- **Technique :**

Les coliformes sont dénombrés en milieu solide sur gélose VRBL après ensemencement en double couche, l'incubation se fait à 30°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux.

- **Lecture :**

La lecture s'effectue directement sur les boîtes. Les coliformes apparaissent sous forme ovale et d'une couleur rouge. Le nombre de colonies est exprimé en UFC/ml.

- **Dénombrement des Staphylocoques (*S. aureus*) :**

- **Principe :**

La recherche de *S. aureus* repose sur l'emploi de deux milieux de culture :

- Un milieu de présomption de Giolitti Cantoni.
- Un milieu de confirmation : Gélose de Chapman.

- **Technique :**

- ✓ **enrichissement**

- Utiliser un bouillon d'enrichissement : un bouillon de Giolitti Cantoni.
- Prendre aseptiquement 1ml de chaque dilution et de suspension mère dans des tubes stériles.
- Ajouter dans chaque tube 15 ml de Giolitti Cantoni : additionné de téllurite de potassium (pour un flacon).
- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

Les tubes ayant viré noir sont considérés comme positifs.

- ✓ **Isolement :**

A partir de chaque tube positif, nous effectuons un isolement sur le milieu Chapman préalablement fondu (ensurfusion), puis coulé en boîte à pétri. Puis incuber à 37°C pendant 24 heures.

➤ **Dénombrement de Clostridium sulfitoréducteurs :**

• **Principe :**

Leur recherche par dénombrement des formes sporulées est basé sur leur croissance dans des milieux contenant de sulfite de sodium et alun de fer et leur pouvoir de réduire le sulfite de sodium et de donner de sulfure de fer(Fe insoluble), d'où une coloration noire des colonies.

• **Technique :**

A partir de la solution mère et des dilutions décimale, porter aseptiquement 5 ml de chaque dilution dans des tubes contenant environ 10 ml de milieu Viande-Foie additionné d'alun de fer et de sulfite de sodium et incuber à 37°C pendant 24 heures.

• **Lecture :**

Comptage des colonies noires dans les quatre tubes.

➤ **Dénombrement des levures et moisissures :**

• **Technique :**

A partir de la dilution décimales, introduire 1 ml dans les boites de pétri ;

-couler le milieu de l'oxytetracycline OGA préalablement fondu puis refroidi.

-laisser solidifier sur une surface froide en agitant lentement par des mouvements circulaires ;

-incuber a 30°C pendant 48 heures.

• **Lecture :**

Durant la période d'incubation, il est indispensable de procéder à une lecture toutes les 24 heures. Après incubation, les colonies des levures présentent une coloration orange, jaune, rose par contre les moisissures présentent une coloration blanche ou grise et sont de taille plus grande que celle des levures.

Les résultats sont exprimés en UFC/ml de l'échantillon, en tenant compte du facteur de dilution.

3-7. Analyse Organoleptique :

Pour mieux apprécier la qualité organoleptique de la tomme de montagne étudiée, nous avons réalisé un test organoleptique grâce à un jury composé de 15 dégustateurs.

Ce teste à été réalise au niveau du laboratoire d'agronomie à l'université Mouloud MAMMARI de TIZI-OUZOU.

Le jury est composé de 15 étudiants de différentes filières.

Ainsi l'épreuve consiste à noté selon une échelle utilisée pour l'appréciation qualitative de la couleur et de l'odeur ensuite, quantitative de la texture, du goût et de l'aspect (Ribadeau-Dumas, 1984) :

0 caractère absent (non reconnu).

1 caractère reconnu - intensité faible.

2 caractère reconnu - intensité moyenne.

3 caractère reconnu - intensité forte.

4 caractère reconnu - intensité très forte

Les deux types de pâtes pressées non cuites sont présentés en même temps. Chaque dégustateur apprécie les fromages un par un en remplissant le questionnaire (annexe1) mis à sa disposition, avant de passer d'un fromage à un autre le dégustateur doit se rincer la bouche afin d'effacer le goût précédant.

L'analyse des constituants du lait est une étape très importante dans les industries laitières. La qualité du lait a une influence directe sur la qualité des produits laitiers. Le transformateur doit contrôler la qualité du lait au moment de sa réception à l'usine. Le lait de chaque citerne doit être échantillonné et testé, seul le lait conforme doit être utilisé à la fabrication. Lors de la fabrication de la tomme, nous avons noté plusieurs différences entre les deux types de lait (cru et pasteurisé) :

✓ **Pendant la coagulation :**

• **Temps de prise :**

La différence entre les deux caillés influe sur le temps de prise (caillé du lait cru est dur, par contre l'autre est fragile), et ça peut être due à la dénaturation de la micelle de caséine, ce qui rend le temps de prise du caillé du lait cru inférieur par rapport au lait pasteurisé. Selon Mietton et al, (1994) la coagulation du lait avec formation du gel ou coagulum : formation d'un réseau protéique de caséine retenant la matière grasse et une partie de la phase aqueuse (le lactosérum).

✓ **Pendant l'égouttage :**

Lors de l'égouttage des deux caillés, on a remarqué que l'égouttage de caillé du lait pasteurisé est rapide, et cela est dû à la fragilité du caillé qui facilite l'évacuation de lactosérum. Par contre l'égouttage de lait cru est lent, ce qui rend l'évacuation de lactosérum est difficile et cela est dû à la dureté du caillé qui donne un bon rendement pour le produit fini.

✓ **Pendant l'affinage :**

Aux cours de l'affinage, il y a un développement des levures et moisissures dans les deux types de fromage qui influent sur la qualité organoleptique des fromages. Ce développement est dû aux conditions d'affinage (on a laissé les fromages s'affiner dans une chambre froide sous une atmosphère qui n'est pas contrôlée, pour éviter une éventuelle contamination des autres fromages présents dans les hâloirs de la fromagerie). Selon Pradal, (2012) pour que l'affinage se produise correctement, il faut respecter à la fois les conditions de température et d'humidité correspondant au développement de la flore spécifique à chaque type de fromage constituée des levures, moisissures ou bactéries.

4-1. Analyse physicochimique :

4-1-1. Analyses physicochimiques du lait destiné à la fromagerie :

Au regard des résultats d'analyses physicochimiques consignés dans le tableau 11, nous remarquons que les valeurs obtenues après la pasteurisation sont légèrement inférieures à celles de lait cru. Cette différence est probablement due au traitement thermique.

Tableau 11 : résultats d'analyses physicochimiques des deux types de lait.

	Lait de vache cru	Lait de vache pasteurisé
Acidité (D°) à 20 °C	17 D°	16D°
Densité	1030	1029.6
Test antibiotique	Négatif	Négatif
pH	6.68	6.64

En se référant aux normes, nous notons que les valeurs obtenues pour les deux types de lait se situent dans les limites tolérées, nous relevons que les densités du lait cru et du lait pasteurisé sont inférieures aux normes (1032-1036) selon Afnor, (1986). Ceci peut être due au mouillage du lait lors de la collecte et à la poussé du lait par l'eau dans la tuyauterie lors de la pasteurisation.

a. Le pH et l'acidité :

Le pH et l'acidité titrables sont deux concepts liés à l'acidité, mais ils sont déterminés d'une façon différente. Chacun a son propre indice sur la qualité du lait Vignola, (2002).

Avant la réception du lait, on a mesuré l'acidité titrable pour permettre de quantifier la teneur totale d'acide lactique. L'acidité du lait de vache cru (17D°) est supérieure à celle du lait pasteurisé (16D°). Cette différence est peut-être due à la suppression de la microflore bactérienne et le mouillage du lait après la pasteurisation.

b. La densité :

Les résultats obtenus sont de 1030 lors de la réception, et de 1029,6 après la pasteurisation. Cette diminution est peut-être due à la poussé du lait restant dans la tuyauterie et dans le pasteurisateur avec l'eau qui provoque le mouillage du lait.

c. Teste antibiotique :

Selon Souster, (2013), les antibiotiques sont des médicaments capables de détruire (action bactéricide) ou d'empêcher la multiplication (action bactériostatique) bactériennes. Les résidus d'antibiotiques sont des substances issues de la dégradation des antibiotiques éliminés essentiellement dans les matières fécales et l'urine des vaches, ils peuvent se retrouver en très faible quantité dans le lait des vaches sous traitement. Le lait de chaque citerne doit être échantillonné et testé.

Le test antibiotique est négatif ce qui confirme l'absence des résidus antibiotiques dans le lait et les résidus chimiques (soude, eau de javel etc. ...) présent dans le matériel de la traite et du stockage. Donc les vaches laitières ne subissent aucun traitement avant la traite.

4-2. Suivre de l'acidité du lait au cours de la fabrication :

La mesure de l'acidité permet de quantifier et de se renseigner sur la teneur totale de l'acide lactique. La figure 5 montre une élévation de l'acidité au cours de la fabrication du fromage, pour le lait cru qui passe de 17D° à la réception, à 70D° au démoulage même cas pour le lait pasteurisé qui passe de 17D° à l'ensemencement a 66D° au démoulage. Cette élévation est due à la sécrétion des produits lactiques par la flore microbienne qui provoque l'augmentation de l'acidité au cours de la fabrication.

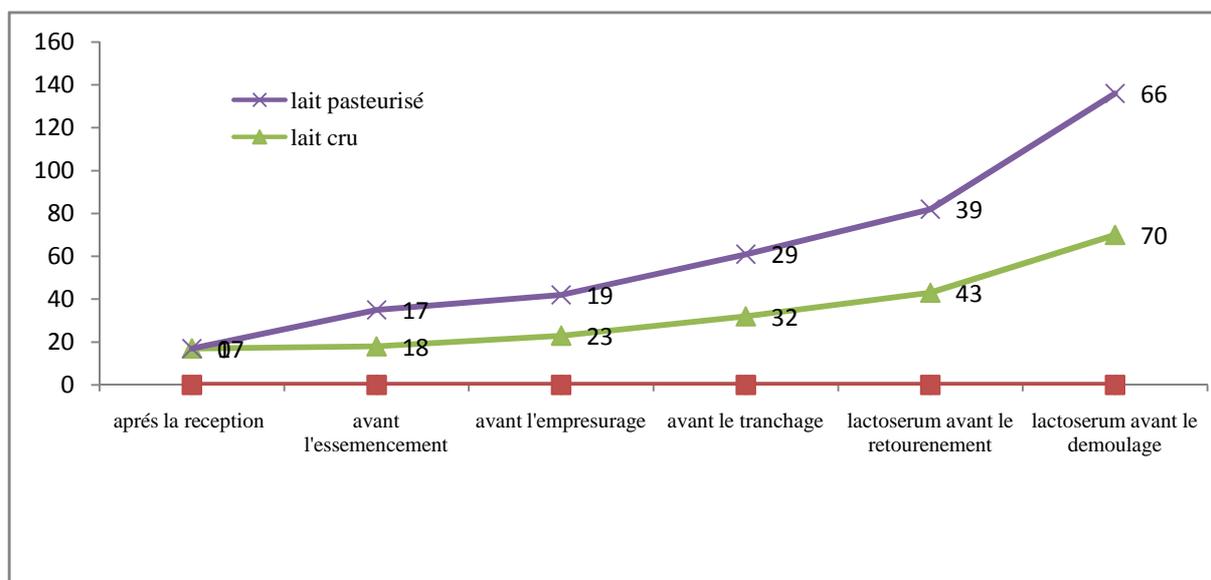


Figure 5 : suivre de l'évolution de l'acidité au cours de la fabrication du fromage.

Selon Vignola, (2002), lors de la croissance de certains microorganismes, grâce à la bêta –galactosidase qui hydrolyse le lactose du lait pour produire deux nouveaux sucre : le glucose et le galactose. Les bactéries lactiques font partie de ce groupe. Ces microorganismes sont principalement mésophiles appartenant à la flore originelle.

4-3. Analyse physicochimique du fromage :

Les résultats d'analyses physicochimiques des deux types de fromage après l'affinage sont illustrés dans le tableau 12 :

Tableau 12 : analyses physicochimiques de fromage après l'affinage :

	Fromage au lait cru	Fromage au lait pasteurisé
pH	4.86	5.50
MG	30.5	23.5
EST	65.07	58.40
MG/EST	46.87%	40.23%

a. Le pH :

Le pH joue un rôle important dans l'appréciation de la qualité organoleptique du fromage, c'est le paramètre qui influe plus sur la texture du fromage. Dans le cas de notre fromage à base du lait cru, on a remarqué une diminution de pH de 4.86, ce qui rend le fromage dur. Par contre le fromage à base de lait pasteurisé a un pH de 5.50, une bonne texture (mou). Aussi bien pour le goût, le fromage au lait cru est plus acide que le pasteurisé lors de la dégustation. Selon Choisy., et al, (2006), le caillé des pâtes pressé cuite et non cuite ont des pH supérieurs à 5(5.2_5.3). Ces valeurs de pH sont compatibles avec les réactions chimiques et enzymatiques utile et la neutralisation de la pâte n'est pas recherchée. Il faut prévenir toute « post acidification de caillé ».



Figure 6 : détermination de pH pour FLC et le FLP

b. Matière grasse (MG) :

La teneur en matière grasse varie entre 23.5 et 30.5 g/l selon le type du lait ; 30.5g/l pour le fromage au lait de vache cru et 23.5 g/l pour le fromage au lait de vache pasteurisé ; selon Afnor, (2001). Les teneurs moyennes en matières grasses du lait sont comprises entre 28.5 et 32.5g /l. Mais peuvent atteindre les 40g/l selon Vignola, (2002).



Figure 7 : détermination de taux de matière grasse pour FLP ET FLC

c. Extrait sec total EST :

Les propriétés fonctionnelles des fromages sont contrôlées par la composition chimique y compris le taux d'humidité selon McMahon et al, (1999). La mutilation de la formule des préparations fromagère implique des effets sur le comportement fonctionnel dans les applications pratiques. Le taux de l'extrait sec de fromage au lait cru enregistré est de 65.07 et 58.40 pour le fromage au lait pasteurisé. L'injection de l'eau froide dans le mélangeur peut être la cause principale de l'augmentation du taux d'humidité dans le mélange et par conséquent de la diminution de l'extrait sec pour le fromage au lait pasteurisé.



Figure 8 : Taux d'extrait sec total pour le FLP et le FLC.

d. Matière grasse / extrait sec :

Ce rapport signifie le pourcentage de MG dans la matière sèche. C'est un critère jouant un rôle important dans l'évaluation de la qualité d'un fromage, dans la mesure où le niveau de la MG est un indicateur de la souplesse d'une pâte et son arôme. D'après le résultat représenté dans le tableau 12, le rapport (matière grasse / extrait sec) des deux fromages est de 46.87 pour le fromage au lait cru et 40.23 pour le fromage au lait pasteurisé, sont en accord avec celles apporté par Luquet, (1990), qui sont 40a50%.

4-4. Analyse microbiologique de fromage :

Les germes dénombrés sont considérés comme des indicateurs de la qualité globale du fromage et des pratiques d'hygiène.



Figure 9 : Matériel utilisé pour le dénombrement des groupes microbiens.

Les résultats obtenus ont permis d'évaluer les contaminations cumulées de la réception du lait jusqu'à l'affinage du fromage (Tableau 13) :

Tableau 13 : résultats d'analyse microbiologique des deux types de fromage après l'affinage.

	fromage au lait cru	Fromage au lait pasteurisé
Coliforme totaux à 30C°	IND	8400
Coliforme fécaux à 44C°	1260	330
Staphylococcus aureus	Abs	Abs
Leveurs	1700	570
moisissure	140	70
C S R	Abs	Abs

IND : indénombrable. Abs: absente. C S R : clostridium sulfito-réducteur.

Les résultats d'analyses microbiologiques consignés dans le tableau13, montrent que la microflore microbienne (coliforme totaux et fécaux) est présente en nombre important dans le fromage au cours de l'affinage. Cette présence des germes peut être expliquée par l'absence de la pasteurisation du lait dans le premier échantillon et à la propreté de la matière utilisée pour la fabrication.

a. Coliformes totaux :

Leur présence en nombre très élevé dans le fromage au lait cru les rend indénombrable. Ce résultat peut être dû à l'absence de traitement thermique (pasteurisation) du lait au cours de la fabrication et par les mélanges du lait collecté de différentes fermes qui ne respectent pas les normes d'hygiène. Selon Larpent, (1990), la présence des coliformes totaux n'est pas obligatoirement une indication de la contamination fécale. Certains coliformes sont, en effet, présents dans les résidus humides rencontrés au niveau de l'équipement laitier.

D'après Magnusson et al, (2007), les laitières fortement souillées contiennent plus de coliformes et la prévalence de mammites, dans ce cas, augmente, suggérant une contamination des trayons et du lait plus importante.

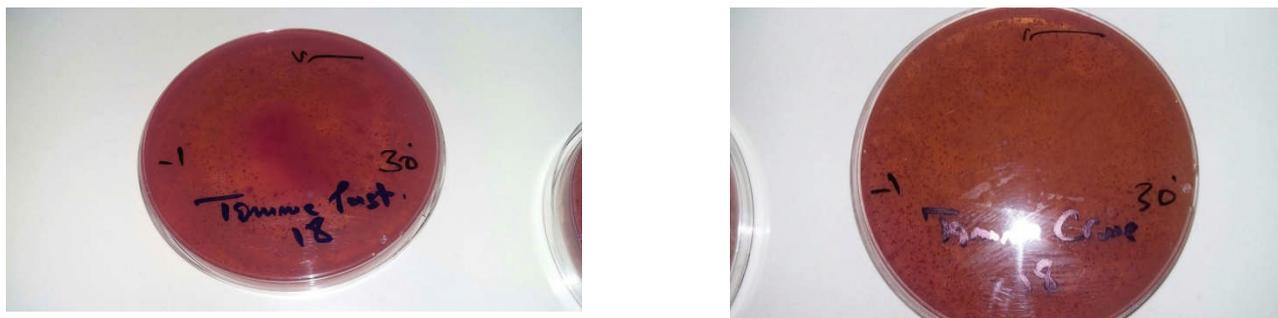


Figure 10 : dénombrement des Coliformes totaux pour le FLP et FLC.

En effet, dans la région de Tizi-Ouzou, Ya et Zeggaoui, (2010), ont rapporté un taux de vaches et de mamelles souillées non négligeable. D'autres sources de contamination sont également à considérer tel que la mauvaise condition de transport et manque d'hygiène pendant la traite.

Dans le fromage au lait pasteurisé le nombre dépasse les normes. Leur présence dans le fromage est indésirable, ceci pourrait s'expliquer par la non protection des fromages contre les infiltrations et/ou due à des contaminations au cours de la fabrication.

b. Coliforme fécaux :

La présence des coliformes fécaux dans les aliments se traduit par une contamination fécale au manque d'hygiène.

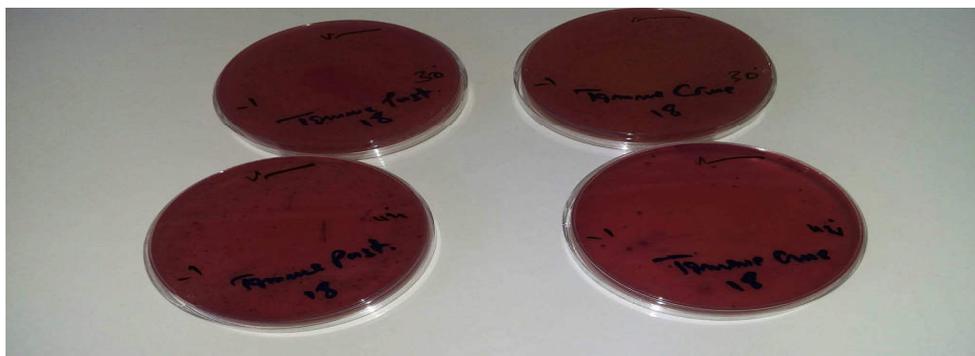


Figure 11 : dénombrement des Coliformes fécaux pour le FLP et FLC.

D'après le tableau 13, nous constatons une contamination plus au moins des deux produits par les coliformes fécaux, cela peut être le résultat d'une contamination déjà aperçue lors d'une étape de fabrication au niveau du matériel et / ou suite à la manipulation de personnel ou à l'insuffisance ou l'inefficacité du nettoyage et de la densification des instruments industriels etc.

c. Staphylococcus aureus :

Les résultats obtenus montrent l'absence totale de ce germe pathogène dans les deux types de fromage, ce qui est conforme aux normes établies par le JOA, (1998). La norme concernant le *Staphylococcus aureus* est l'absence du germe dans le lait cru. Les principales sources de contamination sont, en premier lieu la mamelle. Les infections mammaires à staphylocoques représentent la principale source de contamination du lait à la production, d'autres sources de contaminations sont également à considérer tel que la machine à traite, (Thieulon, 2005).



Figure 12 : Résultat de test présomptif de *Staphylococcus aureus*

Sur les deux échantillons analysés, on observe une absence de ces germes, ce résultat montre la bonne conduite d'hygiène au moment du prélèvement ainsi que la bonne santé de l'animale (la mamelle), car l'origine de la contamination est dû à la mamelle.

d. Leveurs et moisissures :

Les levures et les moisissures, leur nombre augmente d'une façon graduelle pour les deux types de fromage après l'admission de caille dans les hâloirs.

Le résultat de dénombrement permet de constater qu'elles se prolifèrent activement sur fromage au lait cru par rapport au fromage au lait pasteurisé.

Cette contamination est due à l'environnement et l'atmosphère où en a fabriqué le fromage ainsi à l'absence de la pasteurisation du lait et la destruction par le traitement thermique.

Pour éviter la contamination des autres fromages présent dans les hâloirs de la fromagerie on a laissé les fromages s'affinés dans une chambre froide sous une atmosphère qui n'est pas contrôlée.

Selon Bergere et Lenoir, (2006), un déséquilibre entre les différents micro-organismes constituant la flore normale de surface des fromages et / ou la présence de certains micro –organismes indésirables, peuvent entraîner des défauts de présentation, parfois accompagnés d'altération et de modification de la texture de la croûte et même parfois la pâte et / ou de modification des qualités organoleptique.

Dans le cas de fromage au lait cru on a remarqué qu'il y a un développement d'une grande surface de levure et moisissure ceux qui provoque des modifications des qualités organoleptiques.

Le développement des levures et les moisissures dans le fromage au lait cru sont dus au pH inférieur à 5.

Selon Mahaut, (2000), les levures et les moisissures peuvent également dégrader la méthionine et la cystéine pour donner les composés soufrés volatiles et dégrader la tyrosine et la phénylalanine qui conduit à des composés benzéniques générant des odeurs de plastique.

e. Clostridium Sulfito-Réducteur (C S R):

Les deux types de lait analysés sont dépourvus de clostridium sulfito-réducteur donc ils sont conformes à la norme du journal officiel de la république algérienne (1998) qui est égale à 50 UFC/ml. Le clostridium sulfito-réducteur est responsable de gastro-entérites, se retrouve dans le sol, les eaux et dans l'intestin de l'homme et des animaux. Les clostridiums sont donc capables de survivre dans l'environnement et de contaminer n'importe quel type d'aliment ou matériel si les conditions d'hygiène et de stérilisation ne sont pas respectées (Lebres, 2002).

4-5. Test de dégustation :

Comme les variations des caractères physicochimiques de la matière première participent à la modification des caractéristiques intrinsèques du produit fini, nous nous sommes intéressés à l'effet de ces variations sur la qualité organoleptique du produit fini. Ainsi, afin d'apprécier la qualité organoleptique des FLP et FLC, nous avons effectué un test de dégustation par un jury composé de 15 dégustateurs (annexe 2).

4-5-1. Aspect de fromage (Couleur) :

La comparaison des pourcentages de l'aspect des fromages (FLP et FLV), on a remarqué que la couleur pâle est la plus dominante dans les deux types de fromage, (Figure 13).

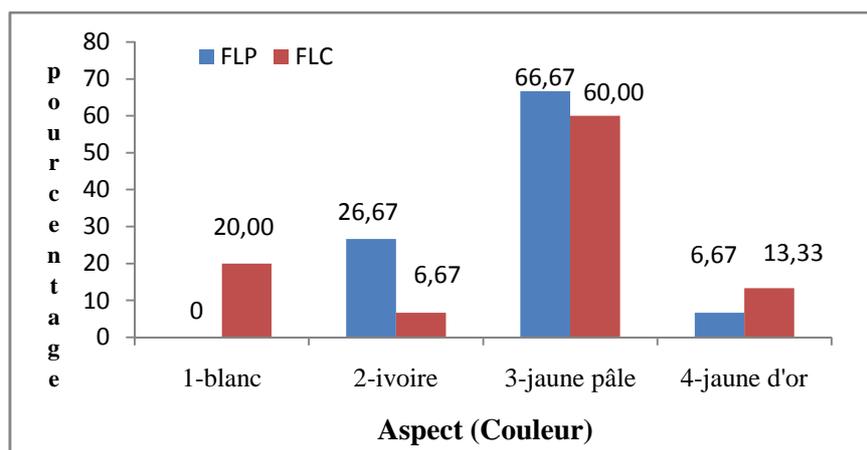


Figure 13 : résultat de la dégustation de l'aspect de fromage en (%).

Ainsi le FLP a une coloration jaune pâle plus que le FLC. Selon Massoud et Jakobsen, (2003) et ; Leclercq-Perlat et al, (2004), cette différence est peut-être due à la production des pigments caroténoïdes, *B. aurantiacum* qui joue un rôle important dans la coloration et l'aspect des fromages. Cependant, l'intensité de cette coloration dépend de la levure de désacidification utilisée et de la concentration en bactéries.

4-5-2. Texture de fromage (onctueux) :

La comparaison des pourcentages de la texture (onctueux) des fromages (FLP et FLC), ont révélé que le FLP a une forte intensité d'onctuosité par rapport au FLC qui est avec une texture granuleuse, (Figure 14).

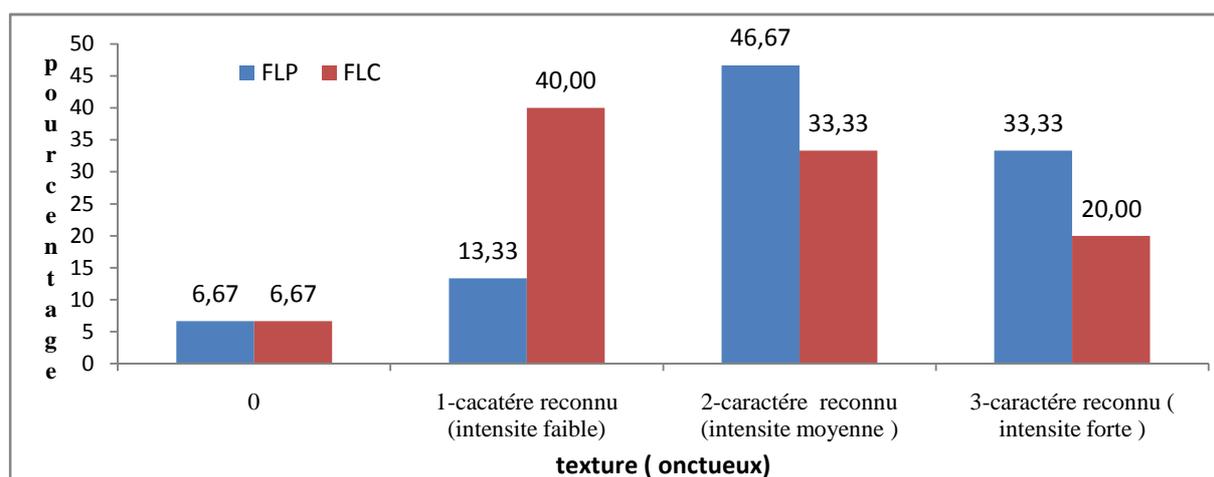


Figure 14 : résultat de la dégustation de la texture (onctueux) de fromage en (%).

Selon Le Jaouen, (2006), cette différence peut être essentiellement liée au fort extrait sec du caillé avant le moulage et à la technique de moulage utilisé (nécessite un moulage ou un début d'égouttage à un pH inférieur à 5) ce qui a donné une texture dure pour le FLC.

4-5-3. Gout et odeur :

a. Acide :

La comparaison des pourcentages de goût (acide) des fromages (FLP et FLC). On remarque que le FLP est moins acide que le FLC qui est présenté avec une forte intensité d'acidité.

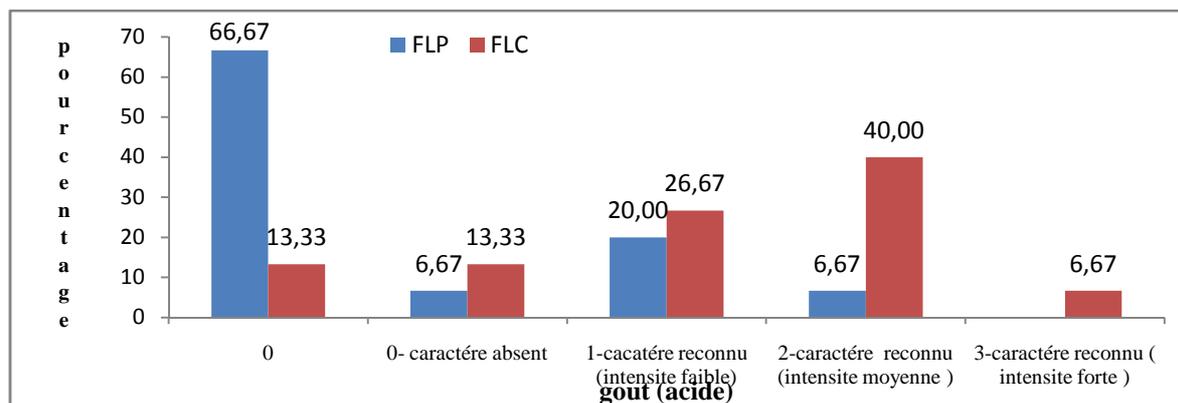


Figure 15 : résultat de la dégustation de gout (acide) de fromage en (%).

Selon Drirer et Prevost, (2009), Les bactéries lactiques sont des bactéries à Gram positif produisant de l'acide lactique par fermentation des glucides simples tels que le glucose et le galactose. Elles se développent généralement dans des conditions anaérobies, voire anaérobies facultatives et jouent un rôle majeur dans l'acidification du lait et du caillé. Ce sont également des agents de l'affinage des fromages, par leurs aptitudes protéolytiques et lipolytiques (développement du goût, des arômes et de la texture) selon Guiraud et Rosec, (2004).

b. Amer

La comparaison des pourcentages de gout (amer) des fromages (FLP et FLC). On remarque que FLP a une faible intensité, presque absente d'amertume par rapport au FLC présenté d'une amertume avec une intensité moyenne (Figure 16).

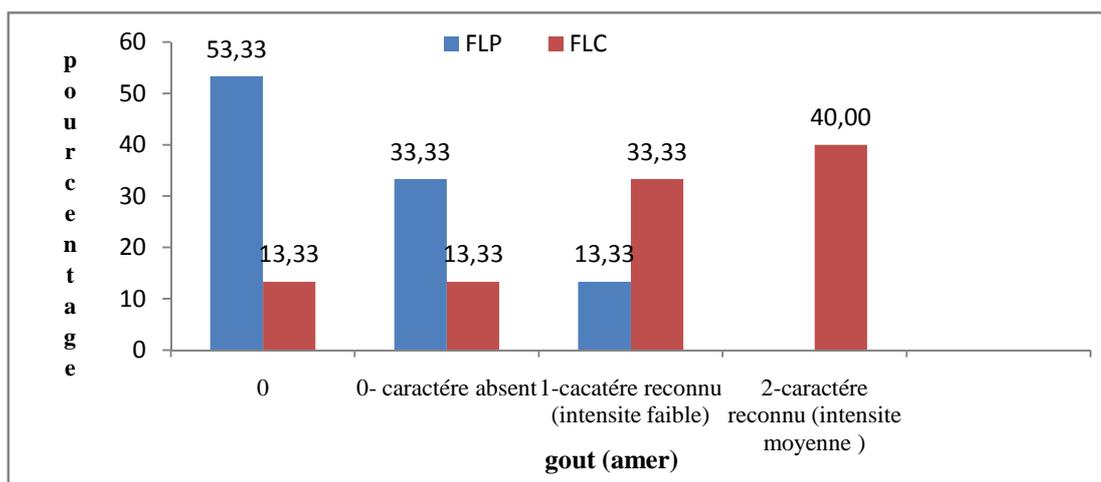


Figure 16 : résultat de la dégustation du goût (amer) de fromage en (%).

Selon Pradal, (2012) le goût d’amertume provient soit de la dégradation incomplète de la caséine, qui est la principale protéine de fromage.

c. Salé :

La comparaison des pourcentages de goût (salé) des fromages (FLP et FLC). On remarque que le FLP a une intensité moyenne en sel, cette valeur est conforme à la norme par rapport au FLC qui a une intensité faible ou presque absente (Figure 17).

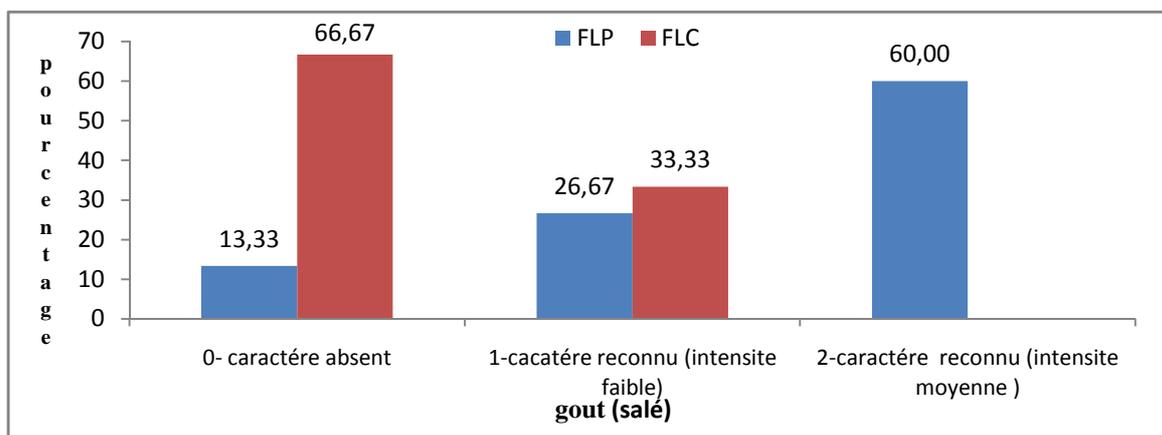


Figure 17 : résultats de la dégustation de goût (salé) de fromage en (%)

Cette diminution de taux de sel est peut-être liée au volume de la pâte, même si on a fait la même technique de saumurage et même dose de sel.

d. Lactique, animaux :

La comparaison des pourcentages de l'arôme des fromages (FLP et FLC). On remarque que le FLP a une odeur plus lactique que le FLC qui est présent avec une odeur d'animaux. Cette différence est peut-être due à la matière première (Figure 18).

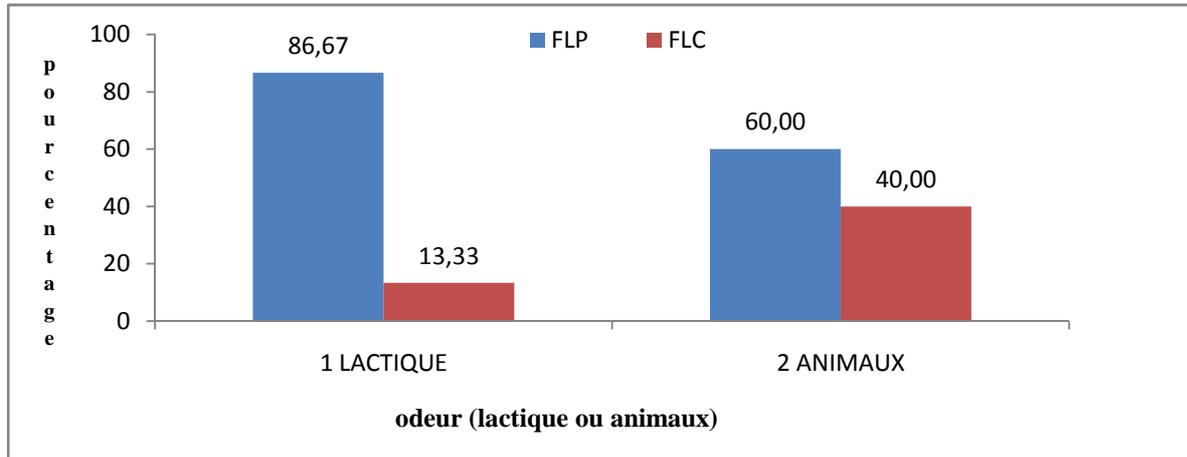


Figure 18 : résultat de la dégustation de l'odeur de fromage en (%)

Selon Vignola, (2002), des défauts de saveurs apparaissent lorsque se développent des bactéries non désirables durant l'affinage. Leur présence est attribuable, entre autres :

- A une humidité élevée ;
- A une faible teneur en sel ;
- A une mauvaise hygiène des salles d'affinage
- A un lait de mauvaise qualité sur le plan microbiologie.

Conclusion

La fabrication du fromage à pâte pressée non cuite est un processus complexe qui nécessite une grande technicité, une bonne maîtrise des paramètres technologiques et une connaissance approfondie de tous les facteurs qui interviennent au cours de sa fabrication.

A travers notre étude, nous avons fabriqué deux types de fromages à pâte pressée non cuite, dont nous avons évalué les paramètres physicochimiques, microbiologiques de la matière première et celles des produits finis ainsi que l'évaluation de la qualité organoleptique de ceux-ci; l'un de ces fromages est fabriqué à partir du lait de vache cru par la recette traditionnelle de tomme d'Ambert, l'autre est industriel à partir du lait de vache pasteurisé à la laiterie-fromagerie « Uni Vert ».

Selon le plan physicochimique, tous les critères, les valeurs obtenues pour le lait cru et lait pasteurisé répondent aux normes.

D'après les résultats obtenus pour le produit fini, nous constatons que seul le pH ne répond pas aux normes. Cependant, pour le reste des critères, les valeurs obtenues répondent toutes aux normes, les fluctuations observées pour le pH peuvent être dues à la nature du lait utilisé et les conditions d'affinage du fromage.

Selon le plan microbiologique, les résultats démontrent que le lait cru et le lait pasteurisé sont de bonne qualité hygiénique et répondent aux normes.

Les résultats obtenus pour le produit fini montrent que le fromage au lait cru à une qualité hygiénique moindre comparé au fromage au lait pasteurisé ; ce qui est dû à l'absence de traitement thermique de la matière première pour le premier, ou au non-respect des bonnes pratiques d'hygiène au cours de la fabrication.

Concernant les analyses sensorielles, les résultats montrent qu'il n'y a pas une grande différence de ces paramètres : acidité, amertume, texture et apparence pour les deux fromages.

Enfin, pour une fabrication meilleure de fromage à base du lait cru, nous recommandons :

- Veiller sur l'état sanitaire des vaches laitières, en améliorant les conditions de la traite et surtout en généralisant l'emploi de la réfrigération au niveau des fermes.

- S'assurer que l'atelier de fabrication est en capacité de transformer le lait dans des conditions similaires à celles pratiquées par les professionnels de la filière.
- Effectuer des analyses physicochimiques des fromages afin de vérifier qu'ils sont bien dans la cible de l'AOP.
- Réaliser les mêmes cycles d'affinage (durée, température, humidité relative) que les fromages au lait pasteurisé.

- Aissaoui-Zitoun O. 2014. Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Bouhezza ». Thèse de doctorat en sciences alimentaires, université de Constantine 1 & INATA, 196p.
- Al Otaibi M. M. et Wilbey A. (2004). Effects of temperature and salt on maturation of white-salted cheese. *International Journal of Dairy Technology* 57: 57-63
- Alais C. (1965). *Industrie. Lait.*, 218, 90-93. In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. Lavoisier Tec & Doc. Paris.
- Alais C. (1984). *Science de lait*, In principe des techniques laitières, éd 4, SEPAIC, paris, France, p 818.
- Alexander M. ET. Dalgleish D. G. (2004). Application of transmission diffusing wave spectroscopy to the study of gelation of milk by acidification and rennet. *Colloids and Surfaces B-Biointerfaces*, 38(1-2): p. 83-90.
- Alexander M., Corredig M, et Dalgleish D.G. (2006). Diffusing wave spectroscopy of and scaling behavior of aging rennet-induced casein gels examined by confocal
- Arfi K., Amarita F., Spinnler H. E. et Bonnarne, P. (2003). Catabolism of volatile sulfur compounds precursors by *Brevibacterium linens* and *Geotrichum candidum*, two microorganisms of the cheese ecosystem. *Journal of biotechnology* 105, 245-253.
- Arfi K., Leclercq-Perlat, M. N., Spinnler H. E. et Bonnarne P. (2005). Importance of curd-neutralising yeasts on the aromatic potential of *Brevibacterium linens* during cheese ripening. *International Dairy Journal* 15, 883-891. 2005/9//.
- Banon S. et Hardy J. (1991). Study of acid milk coagulation by an optical method using light reflection *J.Dairy Res*, 58:75-84.
- Bergere J. L. et Lenoir J. (2006). chap 13. In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. Lavoisier Tec & Doc. Paris. p, 526-527.
- Blumel B., (1975). *Achiv.leben smittel hygiene*, 26, 61-65. In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006). Lavoisier Tec & Doc. Paris. p.203-228.
- Bouton y. Montel M-C .C . 2012. *Ecosystemes des laits et des fromages au lait cru - enjeux pour leur maîtrise* p 233.
- Brule G., Lenoire J. et Remeuf F. (2006). chap 2, *le fromage*, éd tec &doc paris france.

- Cantéri G. (1997). Les levains lactiques. In Le fromage. Eck, A. et Gillis, J.-C. Lavoisier Tec & Doc. Paris. p.175-195.
- Cayot P., et Lorient D. (1998). Structures et techno fonctions des protéines du lait, ed. Tech &Doc., Paris: Lavoisier.
- Cayot P. and D. Lorient. (1998). Structures et techno fonctions des protéines du lait,
- Chambers D. H., Chambers IV E. and Johnson D., (2005). Flavor description and classification of selected natural cheeses. Culinary Arts and Sciences V: Global and National Perspectives, (Coord. Edwards J.S.A., Kowrygo B, & Rejman, K.), pp 641-654, Publisher, Worshipful Company of Cooks Research Centre, Bournemouth, Poole, UK.
- Champagne, C.P., Soullignac, L., Marcotte, M. and Innocent, J.P. 2003. Texture et évolution du pH de fromages de type Brie entreposés en atmosphère contrôlée. Le lait 83: 145-151. Chemistry Proteins, P.F. Fox, Editor. 1992, Elsevier Applied Science: London. p. 111-
- Choisy C., Desmazeaud J.C.Gripon,. G. Lambere et Lenoir J. (1997).Chap 4 la biochimie de l'affinage. In le fromage. In Le fromage. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006). Lavoisier Tec & Doc. Paris.
- Choisy C., Desmazeaud M., Gripon, J. C., Lamberet G., & Lenoir J. (1997). La biochimie de l'affinage. In A. Eck & J. C. Gillis (Eds.), Le fromage (3 ed., pp. 86-161). Paris, France: Lavoisier.
- Cogitore A. (1987). Traité pratique de la réglementation laitière. 3ième éd., 240-252, les sapins d'or, Paris. (1987).
- Colsenet R., Soderman O., et Mariette F. (2006). Effects of ionic strength and denaturation time on polyethyleneglycol self-diffusion in whey protein solutions and gels visualized by nuclear magnetic resonance. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54(14): p. 5105-5112.
- Coulon¹ J. B., Delacroix-Buchet² A., Martin¹ B., Pirisi³ A. (2005). INRA, Unité de Recherches sur les Herbivores, F-63122 Theix ² INRA, Unité de Recherches Laitières et Génétique Appliquée, F-78352 Jouy-en-Josas ³ Istituto Zootecnico e Caseario per la Sardegna, I-07040 Olmedo.
- Dalgleish D.G. (1980). A mechanism for the chymosin induced flocculation of casein micelles, Biophys. Chem, 11: 147-155.

- Desmazeaud.m(2006).chap 6 le lait de fromage, p 212-225. In Le fromage. Eck, A. et Gillis, J.-C. Lavoisier Tec & Doc. Paris, p 212-225.
- Drirer D. et Prevost H. (2009).Bactéries lactiques (physiologie, Métabolisme, Génomique et Applications industrielles), édition ECONOMICA, France, 577 pages.
- ECK A. (1990).Le fromage. Ed2.Technique et documentation, Lavoisier, Paris. ed.Tech&Doc. Paris: Lavoisier.
- Famelart M.H., Lepasant, F. Gaucheron F., Legraet Y ., Schuck P.(1996). pH-induced physicochemical modifications of native phosphocaseinate suspensions: Influence of aqueous phase. Lait, 76(5): p. 445-460.
- Fox P.F et Mc Sweeney P.L.H. (1998). Dairy chemistry and biochemistry, London: Chapman and Hall.
- Fox P.F.and D.M. Mulvihill. (1990). casein,in food gels,p.harris,ed elvesier applied science : London,p 121-171.
- Fox, P. F. and Wallace, J. M. (1997). Formation of flavor compounds in cheese. Advances in Applied Microbiology 45: 17-85.
- Fredot E. (2007). Intérêts nutritionnelles et diététiques du lait de chèvre. Les colloques 81. Edit INRA.
- Gastaldi E ., Lagaude A. et Tarodo de la Fuente B. (1996). Micellar transition state in casein between PH 5.5 and 5.0. J. Food Sci. 61, 59-64.
- Gastaldi E., Lagaude A, et de la Fuente B.T. (1996). Micellar transition state in casein between pH 5.5 and 5.0. Journal of Food Science, 61(1): p. 59-65.
- gelling food systems: The importance of the photon transport means free path (l^*) parameter. Food Hydrocolloids. 20(2-3): p. 325-331.
- Grappin R, Beuvier E. (1997). Possible implications of milk pasteurization on the manufacture and sensory quality of ripened cheese. Int Dairy J 7:751–761. doi: 10.1016/S0958-6946(98)00006-5.
- Guiraud J.P et Rosec J. P. (2004).Pratique des normes en microbiologie, édition AFNOR, France. 300pages.
- Harbutt J. (2010). le grand livre des fromages .édit milan.
- Hardy J. (1997). L'activité de l'eau et le salage. In le fromage. Paris, Lavoisier Tec & Doc: 62-84.
- Horne D.S. (2006) Casein micelle structure: Models and muddles. Current Opinion in colloid & interface science, 11,148,153.

- Jorgensen K. (1981). kieler milchwirts. Frosch, 33 289-297. In Le fromage. Eck, A. et Gillis, J.-C. Lavoisier Tec & Doc (2006). Paris. P.175-195.
- Kirchmeir O. (1972). Milk wissens chaft, 27, 99 In Le fromage. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006) Lavoisier Tec & Doc. Paris.
- Kujawski, M., Cichosz, G., Podhajna, E. and Sańko, B. (2003). Effect of ripening temperature on proteolysis and organoleptic properties of Edam-type cheese. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities 6(1): 143-153.
- Lagoueyte N.J.Lablee A. (1994).Lagaude and B.T.de la fuente, temperature affect microstructueof rennetedmilk, journal of food science,59(5):p956-989.
- Larpent J.P. (1990). Lait et produits laitiers non fermentés. Dans Microbiologie alimentaire. (Bourgeois C.M., Mescle J.F.et Zucca J.) Tome 1 : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. Edition Tec et Doc, Lavoisier, pp. 201-215.
- Le Feunteun S. (2008). Diffusion de sondes moléculaires mesurée par RMN _a gradient de champ pulse : Application _a l'étude de l'évolution de la structure des systèmes caséiques au cours de la formation des gels.
- Le Jaouen J.C. (2006). . In Le fromage. Eck, A. et Gillis, J.-C. Lavoisier Tec & Doc. Paris. p.370-371.
- LE Jaouen J.C. et Mouillot M. (1990).Fromage de chèvre. In lait et produits laitiers. vache –brebis- chèvre. Tome2.édit. tec et doc. Lavoisier p 295-338.
- Lebres. (2002). Manuel des travaux pratiques, cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments, unité microbiologie des laits et des produits, laitiers, institut pasteur d'Algérie, pp. 21-27.
- Luquet F M. (1990).Lait et produit laitier, vache, brebis chèvre. Edition technique et documentation, Lavoisier, paris.
- Magnusson M., Christiansson., Svensson B. (2007). Bacillus cereus spores during housing of dairy cows: factor affecting contamination of raw milk. Journal of dairy science, N° 90, pp. 2745-2754.
- Mahari T. Et Gashe B.A. (1990).Dairy J.,Res.,57,233-238. In Le fromage. Eck, A. et Gillis, J.-C. Lavoisier Tec & Doc (2006). Paris. p.233-238.
- Mahaut M., Jeantet R., Brulé G. (2000). page133-178 .Dans l'initiation a la technologie fromagère. ED tec et doc.

- Mahaut M., Jeantet R. et Brule J. (2003). Initiation à la technologie fromagère. ED. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.
- Majdi A. (2009). Séminaire sur les fromages AOP et IGP. INT-Ingénieur agronomie, 88 pages.
- Marcos A., 1993. Water Activity in Cheese in Relation to Composition, Stability and Safety. In Pp. 430-470. In Cheese: Chemistry, physics and microbiology volume I, General aspects, second edition. (Ed. P.F. FOX), Springer-Science+Business Media, B.V., 601p.
- Martinez V. (2009). Groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition (GEMRCN), et approuvée par décision n° 2009-03 du 30 juillet 2009 du comité exécutif de l'OEAP.
- Masoud W. and Jakobsen M. (2003). Surface ripened cheeses: the effects of *Debaryomyces hansenii*, NaCl and PH on the intensity of pigmentation produced by *Brevibacterium linens* and *Corynebacterium flavescens*. International Dairy Journal 13(2-3): 231-237.
- Mathieu J. (1998). Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.
- Mc Sweeney P (2004) Biochemistry of cheese ripening. Int J Dairy Techno 57:127–144.
- Mc Sweeney P. L. H. and Sousa M. J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavor compounds in cheeses during ripening: A review. Le lait 80: 293-324.
- McMahon D.J. and Brown R.J. (1984). Composition, Structure, and Integrity of casein.
- McMahon D.J., Fife R.L., Oberg C.J. (1999). Water partitioning in Mozzarella cheese and its relationship to cheese meltability. Journal of Dairy Science, vol. 82, n. 7, p. 1361–1369.
- Mellema M., P. Walstra P., Van Opheusden J.H.J., et Van Vliet T. (2002). Effects of structural rearrangements on the rheology of rennet-induced casein particle gels. Advances in Colloid and Interface Science, 98(1): p. 25-50
- Mellema M., Heesakkers, J.W.M. Van Opheusden J.H.J, et Van Vliet T. (2000). Structure and scaling behavior of aging rennet-induced casein gels examined by confocal microscopy and permeametry. Langmuir, 16 (17): p. 6847-6854.

- Michel V., Hauwuy A. et Chamba J.F. (2001). La flore microbienne de lait cru de vache : diversité et influence des conditions de production. *Lait*. 81, no.5 :575-92.
- Mietton B., Gaucheron F., and Michel S.F. (2004). Pp 471-583. Dans *minéraux et produits laitiers* de Gaucheron F. Ed. Lavoisier, Tec et Doc, Paris. 905p.
- Mietton, B., Desmazeaud, M., De Roissart, H., Weber, F., 1994. Transformation du lait en fromage, Chap. IV-3, *Lorica* (Ed), 55-133.
- Molimard, P. and Spinnler, H. E. (1996). Review: Compounds involved in the flavor of surface mold ripened cheeses: origins and properties. *Journal of Dairy Science* 79: 169-184.
- Noomen A. 1983. *Neth Milk Dairy j.*, 32, 26-48. In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006) Lavoisier Tec & Doc. Paris.
- Norme pour le fromage, Codex Stan 283-1978.
- Piton C. et Richard J. (1982). *le lait*, p 62,67-74.
- Prada L. M. (2012). *la transformation fromagère caprine fermière*, éd Tech et doc, Lavoisier, Page 64-86/ 166-167.
- Pyne G.T. (1962). *J Dairy RES.*, 29, 101-130. In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006). Lavoisier Tec & Doc. Paris.
- RAMET J.P. (1985). *La fromagerie et les variétés du bassin méditerranées*. 187 p.
- Ramet J.P. (2006). in *le fromage* chap. 8. technologie comparée des différents types de caille, page 334 à 364.
- Rattray F. P. et Fox P. F. (1999). Aspects of enzymology and biochemical properties of *Brevibacterium linens* relevant to cheese ripening: A Review. *Journal of dairy science* 82, 891-909. May 1, 1999.
- Règlement (CE) n° 853/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale.
- Remeuf F., Cossi V., Dervin C., Lenoir J. et Thomassone R. *lait*, 71, 397-421. In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006). Lavoisier Tec & Doc. Paris.
- Richard J. (1975). 20^e congr. intern. lait. *breve communication*, 92-93.
- Richard. J. et Desmazeaud M. (2006). In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006). Lavoisier Tec & Doc. Paris, p 202.

- Rollema H.S. (1992). Casein association and micelle formation, in *Advanced Dairy chemistry proteins*, P.F.Fox, ed Elsevier applied science: London. P .111-140.
- Schmidt D.G., Colloidal aspects of casein. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 1980. 34: p. 42-64. In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006). Lavoisier Tec & Doc. Paris.
- Sraïri M. T., Ben Salem M., Bourbouze A., Elloumi M., Faye B., Madani T., Yakhlef H. 2007. Analyse comparée de la dynamique de la production laitière dans les pays du Maghreb. *Cahiers agricultures*, 16(4), 251-257.
- St-Gelais D., & Tirard-Collet P. (2002). Fromage. In C. L. Vignola (Ed.), *Science et technologie du lait* (pp. 349-415). Montréal: Presses Internationales Polytechnique.
- Thieulon M. (2005). Lait pathogènes staphylocoques. *Revue de la chambre d'agriculture du Cantal*, pp. 21-28.
- Thomas S. B et Thomas B. F, (1977). Dairy in. intren; 42 19- 25. In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006). Lavoisier Tec & Doc. Paris.
- Un décret du 30 décembre 1988 définit le terme « fromage » comme étant réservé au « produit fermenté ou non obtenu par coagulation du lait, de la crème ou de leur mélange, suivie d'égouttage ». Ce décret a abrogé et remplacé le décret du 26 octobre 1953.
- Van Hooydonk A. C.M., Hagedoorn H. G., et Boerrigter I. J., 1986, *Neth milk Dairy J* . 40, 369 390. In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006). Lavoisier Tec & Doc. Paris.
- Vetier N., Banon N S, Ramet J P, ET Hardy J. (2000). Casein micelle solvation and fractal structure of milk aggregates and gels. *Lait*, 80(2): p. 237-246.
- Vignola C. L. (2002). (Ed.), *Science et technologie du lait* (pp. 369-370). Montréal: Presses Internationales Polytechniq.
- Vivegnis J., Dubois C., Nicolay L., Mairy F., Jacob C., Piraux, E., El Lioui M., Decallone J. 1998. Qualité microbiologique des fromages artisanaux fabriqués au lait cru en Région wallonne. *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, 2(4), 248-255.
- Waber F., 1976. these docteur ès SCI ., université. In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006). Lavoisier Tec & Doc. Paris.

- Walstra P. et Jenness R. (1984) Casein micelles, in Dairy Chemistry and Physics. John Wiley and Sons: New-York. In Le fromage. Eck, A. et Gillis, J.-C. (2006). Lavoisier Tec & Doc. Paris, p. 229-253.
- Walstra P., Casein sub-micelles: Do they exist International Dairy Journal, (1999). 9: p. 189-192.
- Walstra P., Van Dijk, H. J. M., & Geurts, T. J. (1985). The syneresis of curd. 1. General consideration and literature review. Netherlands Milk and Dairy Journal, 39, 209-246.
- Ya Z., Zegaoui S. 2010. Propreté des bovins au niveau de la région de Tizi-Ouzou. Mém. Ing. UMMTO. 84p.
- Yvan C, Ph. D. (2013). agronome, titulaire de la Chaire de recherche industrielle CRSNG – Novalait – PLC – FPLQ – MAPAQ – Valacta sur le contrôle nutritionnel de la production des constituants du lait chez la vache, Département des sciences animales, Université Laval, et Rachel Gervais, Ph. D., agronome, professeure, Département des sciences animales, Université Laval.

Fiche de dégustation

Sexe :

Echantillon N° :

Couleur : blanc,
 ivoire,
 Jaune pâle,
 Jaune d'or,
 Jaune paille,

Arôme : Lactique
 Torréfié
 Animaux
 Arômes particuliers (humidité, cave, moisi, aigre, ammoniac, piquant au nez, rance, caoutchouc...)

Goût :

• Amer	0	1	2	3	4
• Sucré	0	1	2	3	4
• Salé (fromage normalement salé : note 2)	0	1	2	3	4
• Acide	0	1	2	3	4

Aspect :

Mur (fait) 0 1 2 3 4

Plâtreux 0 1 2 3 4

Coulant 0 1 2 3 4

Croûtage 0 1 2 3 4

Lisse

Ride

• Dureté	mou	0	1	2	3	4
	Dur	0	1	2	3	4
• Structure de la pâte	onctueux	0	1	2	3	4
	granuleux	0	1	2	3	4
• Degré d'affinage		0	1	2	3	4
• Note de qualité		0	1	2	3	4

NOTE BIEN

Echelle utilisée pour l'appréciation quantitative de la texture et du goût

0 caractère absent (non reconnu).

1 caractère reconnu - intensité faible.

2 caractère reconnu - intensité moyenne.

3 caractère reconnu - intensité forte.

4 caractère reconnu - intensité très forte

Mou: par opposition à « dur »,

Dur : qui offre une résistance à la mastication.

Granuleux : qui présente des petits grains. plus ou moins durs

Onctueux: homogène quant à la structure de la pâte

Annexe

	couleur	arôme	Amer	sucré	salé	acide	A. Mur (fait)	A. Plâtreux	A. Coulant	croûtage	durete (mou)	dureté (dur)	oncteux	granuleux	degré d'affinage	note de qualité
degustateur 1	3	1	0	1	2	3	3	0	0	3	2	1	2	0	3	3
degustateur 2	3	1	3	0	2	0	3	2	0	3	1	2	1	1	2	2
degustateur 3	3	1	3	0	3	4	1	0	0	3	0	2	3	0	2	2
degustateur 4	3	1	3	0	3	3	2	0	0	2	2	3	2	2	2	2
degustateur 5	3	1	1	1	2	1	3	2	0	1	0	3	2	2	2	2
degustateur 6	2	1	2	0	3	3	3	2	0	1	2	0	2	2	2	2
degustateur 7	4	3	2	0	1	2	1	0	0	0	0	1	1	1	2	3
degustateur 8	4	1	0	0	2	1	3	2	0	2	3	1	3	4	3	3
degustateur 9	3	1	3	0	1	3	1	2	0	2	1	3	1	3	2	1
degustateur 10	3	3	1	0	3	0	3	3	0	2	0	2	0	2	3	3
degustateur 11	1	3	2	0	3	2	3	3	0	2	3	2	1	3	2	3
degustateur 12	1	3	2	0	3	2	3	3	0	2	0	2	1	3	2	2
degustateur 13	1	3	2	0	3	2	3	3	0	2	0	2	1	3	2	3
degustateur 14	3	3	3	0	3	3	2	1	0	3	1	3	2	2	2	2
degustateur 15	3	1	3	0	3	3	2	1	0	2	1	3	3	1	2	1

	couleur	arôme	Amer	sucré	salé	acide	A . Mur (fait)	A. Plâtreux	A. Coulant	croûtage	durete (mou)	dureté (dur)	oncteux	granuleux	degré d'affinage	note de qualité
degustateur 1	3	1	1	0	3	2	3	3	0	0	3	0	3	0	4	3
degustateur 2	3	1	2	0	2	0	4	0	1	2	4	0	4	0	4	3
degustateur 3	3	4	0	0	2	0	4	0	0	3	1	3	2	0	2	3
degustateur 4	2	1	1	0	3	3	4	4	0	0	3	1	4	0	4	4
degustateur 5	3	1	1	0	2	0	3	0	0	0	3	1	4	0	3	3
degustateur 6	2	1	0	0	2	0	3	0	0	0	3	0	4	0	3	4
degustateur 7	2	1	0	0	3	2	3	2	0	0	2	0	3	0	2	2
degustateur 8	2	1	1	0	3	1	3	2	0	0	3	0	3	0	4	4
degustateur 9	3	1	0	0	2	0	4	0	0	0	3	0	0	1	4	4
degustateur 10	4	1	1	0	2	2	3	0	1	0	3	0	3	0	2	4
degustateur 11	3	1	0	1	2	0	3	2	0	1	3	2	4	0	3	3
degustateur 12	3	1	0	0	2	0	3	0	0	0	2	0	3	0	4	4
degustateur 13	3	1	0	0	2	0	3	0	0	0	2	1	2	0	4	4
degustateur 14	3	4	2	0	3	0	4	0	0	0	2	1	3	0	3	4
degustateur 15	3	1	0	0	2	0	3	0	0	0	2	0	3	0	4	4