

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf : 240 /UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2019

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté par :

ALOUN Lynda & HAMADACHE Basma

Thème

*L'influence de la variation des paramètres techniques et des
ferments lactiques sur la qualité du fromage type
« Camembert »*

Soutenu le : 07 / 07 / 2019

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mme IDIR Thiziri</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Présidente</i>
<i>Mme LEZZOUM ATEK Sara</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>Mr RAI Abdelwahab</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinateur</i>

Année Universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENTS

Dans notre imaginaire, l'écriture de cette page était loin de représenter autant de choses :

La joie immense d'avoir mené ce projet a bien mais aussi la tristesse qui se cache toujours derrière le mot fin.

Rien n'aurait été possible seule. Par cette simple phrase, cette page prend ici tout son sens et par la peur d'oublier quelqu'un qui aurait pu, ne serait ce que par un mot, changer le cours des choses, devient réelle. A tous ceux la, MERCI.

Nous tenons à exprimer, en premier lieu, nos remerciements aux membres de Jury, à Madame IDDIR T. la présidente de jury et Monsieur RAI A. examinateur pour avoir accepté d'examiné notre travail.

Nous tenons à remercier vivement notre promotrice Mme LEZZOUM ATEK S. pour avoir accepté d'encadrer et de diriger ce travail, un grand merci pour la confiance témoignée, l'autonomie accordée tout au long du déroulement du travail. Elle a été toujours disponible pour nous aider et répondre à nos questions.

Nous présentons nos plus vifs remerciements Mme EL GHOURRI CHOUARBI N, la directrice générale de la société BIOPROX. Sans son aide ce travail n'aurait pas pu être réalisé.

Nous remercions le responsable de production laiterie LA VALLEE Mr SAID pour avoir accepté la réalisation de ce travail, nous le remercions pour tous les efforts fournis, les orientations, l'assistance technique, sa bonne humeur, sa façon d'être et surtout pour la confiance qu'il a bien voulu nous accorder tout au long de ce travail.

Parce que la réalisation d'un projet de fin d'étude est aussi une grande aventure humaine, nous tenons à remercier les nombreuses personnes qui ont bien voulu nous aider, en particulier le personnel de la fromagerie LA VALEE et du laboratoire physico-chimique pour leur patience et leurs précieuses aides tout au long de la réalisation de ce travail.

LYNDA & BASMA



Dédicace

On dit qu'être parents est un métier dans lequel il est impossible de réussir. C'est totalement faux. Ce modeste travail est l'aboutissement de toute une vie, celle de mes parents qui ne vivent que pour ma réussite.


Pour tout le mal que vous vous donnez chaque jour; MAMAN, PAPA, je vous dédie ce mémoire.

Je dédie ce modeste travail aussi à :

- ✚ Mes chers frères et sœurs qui m'ont soutenu tout au long de ma vie (MUSTAPHA, KARIM, MADJDA, CHADIA et EL-HADDI).
- ✚ Mon beau frère AHMED et mes belles sœurs SAMIHA, FATIHA et HOUDA.
- ✚ Mes neveux (KENZA, NOUREDINE, ASSIA, NICOLAS et mes très chères adorées KATIA, MELINA, ELOISE et EMILIE)
- ✚ Mes chères copines qui étaient toujours avec moi (SOUHILA, MERIEM et AMEL)
- ✚ Aux étudiants(es) de la promotion spécialité Microbiologie appliquée 2018/2019.

Enfin je dédie ce travail à mon cher fiancé, mon âme sœur qui est toujours là pour moi, qui m'a toujours motivé et soutenu LOUNES et mes chers beaux-parents.

ALOUN Lynda



Je vous
adore tous

DEDICACES

*Je voudrais remercier tous d'abord, Dieu tout clément et
miséricordieux pour être mon meilleur confident merci pour me
guider et être toujours avec moi*

Je dédie ce modeste travail

*A l'être le plus cher à mon cœur, à celle qui m'a donné la vie, à celle
qui m'a guidée pour faire mes premiers pas et qui m'a appris mon
premier mot, à celle qui fut toujours à mes côtés, qui a illuminé mes
nuits sombres et a ensoleillé mes jours, à ma mère Farida, le symbole
de tendresse.*

*A mon père Hocine, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant
toutes mes années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à
m'encourager ; m'aider et à me protéger. Que dieu vous garde et vous
protège. Aucune dédicace ne saurait exprimer ma grande admiration,
ma considération et ma sincère affectation pour vous deux.*

*A mon adorable sœur Houda et mes trésors frères Faouzi et Anis qui
ont toujours été à mes côtés pour m'encourager et me soutenir.*

*Que ce travail témoigne mes respects à toute ma belle-famille
HAMADACHE sans exception.*

*A mes ami(e)s qui m'ont soutenu durant tout mon cursus d'étude. Elles
vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.*

A tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin.

Merci.

HAMADACHE Basma

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	01

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : LE LAIT

I. 1. Définition du lait	03
I. 2. Composition du lait	03
I. 3. Les constituants du lait	04
I. 4. Qualité organoleptique	07
I. 5. Microbiologie du lait	08
I. 5. 1. La flore originelle.....	08
I. 5. 2. La flore de contamination.....	08

Chapitre II : LE FROMAGE

II. 1. Définition du fromage.....	10
II. 2. Classification des fromages.....	10
II. 2. 1. Fromages frais	10
II. 2. 2. Fromages à pâte pressée	11
II. 2. 3. Fromage à pâte persillée.....	12
II. 2. 4. Fromages fondus	12
II. 2. 5. Fromages à pâtes molle	12

Chapitre III : LE CAMEMBERT

III. 1. Historique	15
III. 2. Définition	15
III. 3. Composition et valeur nutritionnelle	16
III. 4. Elaboration des caractéristiques sensorielles des fromages	16
III. 5. Les matières utilisées dans la fabrication du camembert.....	17

III. 5. 1. La matière première	17
III. 5. 2. Les agents de transformation du lait	18
III. 5. 2. 1. La flore microbienne utile	18
III. 5. 2. 2. La flore de contamination	22
III. 5. 3. Les coagulases	24
III. 6. Les étapes de fabrication du camembert	25
III. 7. Défauts de fabrication du « camembert »	27
PARTIE EXPERIMENTALE	
I. Lieu et période de stage	28
II. Matériels et méthodes	
II. 1. Matériels et réactifs	28
II. 1. 1. Matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques.....	28
II. 1. 2. Matériels et milieux de culture utilisés pour les analyses microbiologiques....	29
II. 1. 3. Matériels utilisés au cours de la production.....	29
II. 1. 4. Ferments utilisés dans la fabrication du camembert	29
II. 2. Analyses du lait.....	32
II. 2. 1. Analyses physico-chimiques du lait.....	32
II. 2. 2. Analyses bactériologiques du lait pasteurisé	37
II. 3. Fabrication d'un fromage à pate molle type camembert	38
II. 3. 1. Réception du lait de vache	40
II. 3. 2. Traitement du lait	40
II. 3. 3. Maturation et ensemencement	40
II. 3. 4. Coagulation	41
II. 3. 5. Tranchage et brassage	41
II. 3. 6. Moulage et égouttage	41
II. 3. 7. Saumurage	41
II. 3. 8. Affinage	42
II. 3. 9. Conditionnement	42
II. 4. Analyse du fromage à pâte molle type camembert	42

II. 4. 1. Analyse physicochimique du produit fini	42
II. 4. 2. Analyse microbiologique du fromage à pâte molle type camembert	44
II. 5. L'évaluation sensorielle	46
II. 6. L'analyse statistique	47
III. RESULTATS	
III. 1. Matière première	48
III. 1. 1. Résultats de l'analyse physico-chimique du lait cru	48
III. 1. 2. Résultats de l'analyse physico-chimique de lait pasteurisé	52
III. 1. 3. Résultats des analyses microbiologiques du lait	54
III. 2. Résultats obtenus lors de la production du fromage à pâte molle type Camembert ...	55
III. 2. 1. Temps de maturation	56
III. 2. 2. Effet de la concentration de coagulase sur la coagulation	58
III. 2. 3. Acidité au tranchage et au début de moulage	59
III. 2. 4. L'acidité aux retournements	59
III. 2. 5. Acidité au démoulage	61
III. 2. 6. Suivi du pH du camembert au cours d'affinage	62
III. 3. Produit fini	64
III. 3. 1. Résultats de l'analyse physico-chimique des camemberts	64
III. 3. 2. Résultats des analyses microbiologiques du Camembert	70
III. 4. Résultats de l'analyse sensorielle	71
III. 4. 1. Classement des fromages	72
III. 4. 2. Effets des ferments utilisés sur la qualité du fromage	73
Conclusion	78
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumés	

Liste des abréviations

°C : degré Celsius.

% : pourcentage.

(A) : le premier essai.

ATB : antibiotique.

(B) : le deuxième essai.

C: production standard (LA VALLEE).

Ca : calcium.

CaCl₂ : chlorure de calcium.

Cl : chlorures.

CO₂: dioxyde de carbone.

D : la dilution.

(D) : le troisième essai.

E : Masse de l'échantillon.

E1 : masse de l'échantillon après dessiccation.

ESD : l'extrait sec dégraissé.

EST : l'extrait sec total.

G : gramme.

G/S : matière grasse/extrait sec total.

g/l : gramme/litre.

g. kg⁻¹: gramme/kilogramme.

g/cm³ : gramme par centimètre cube

H : humidité.

H₂O₂ : peroxyde d'hydrogène.

H⁺ : ion d'hydrogène.

h: heure.

ISO: international organization for standardization.

J+1 : jour +1.

JORA : journal officiel de la république algérienne.

K: potassium.

Liste des abréviations

L : litre.

min : minute.

MG : matière grasse.

Mg: magnesium.

ml : millilitre.

MM : cendre.

MV : masse volumique.

n : nombre de colonies.

N : nombre trouvé.

N° : numéro.

N/9 : normalité 1/9.

Na: sodium.

NaCl : chlorure de sodium.

NaOH : hydroxyde de sodium.

OGM: organisme génétiquement modifié.

P : phosphates.

P : phosphore.

PCA: gélose plat count agar.

P₂O₃ : l'acide phosphorique.

pH : potentiel d'hydrogène.

S : soufre.

SARL : société à responsabilité limitée.

T : poids de la capsule vide.

V : volume.

VRBG : violet red bile glucose.

β-galactosidase: βeta-galctosidase.

Ve : volumeensemencé.

Liste des figures

Figure 01 : Structure d'une micelle et sous-micelle caséique	06
Figure 02 : Types de fromages à pâte pressée	11
Figure 03 : Types de fromages à pâte persillée	12
Figure 04 : Types de fromages à pâte molle	13
Figure 05 : Les étapes majeures de fabrication de chaque type de fromage	14
Figure 06 : Diagramme de fabrication de fromage à pâte molle type camembert.....	39
Figure 07 : Acidité du lait cru des quatre échantillons	49
Figure 08 : Les valeurs de densité du lait pour les quatre échantillons.....	50
Figure 09 : La teneur en matière grasse du lait des quatre échantillons.....	51
Figure 10 : Valeurs d'extrait sec total du lait des quatre échantillons.....	53
Figure 11 : Valeurs d'extrait sec dégraissé du lait des quatre échantillons.....	54
Figure 12 : Temps de maturation du lait des quatre essais.....	56
Figure 13 : Effet de la concentration de la coagulase sur le temps de prise	58
Figure 14 : Acidité au tranchage et au moulage des quatre productions	59
Figure 15 : Variation de l'acidité en fonction du nombre de retournement.....	60
Figure 16 : Variation de l'acidité en fonction de nombre de retournement pour chaque fromage	60
Figure 17 : Acidité au démoulage des quatre productions.....	61
Figure 18 : Variation des pH des camemberts au cours de l'affinage.....	63
Figure 19 : les valeurs du pH des camemberts	65
Figure 20 : les valeurs de la matière grasses des camemberts	66
Figure 21 : Les valeurs de l'EST des camemberts	67
Figure 22 : le taux d'humidité des camemberts.	69
Figure 23 : Les valeurs du rapport G/S des quatre Camemberts.....	70
Figure 24 : Classement du fromage des quatre productions.	72
Figure 25 : La place de camembert en fonction du nombre de dégustateurs.....	73

Liste des tableaux

Tableau 01 : composition chimique moyenne du lait de différentes espèces (g/l)	03
Tableau 02 : Composition moyenne du lait de vache	04
Tableau 03 : Composition de la matière grasse du lait	05
Tableau 04 : Composition de la matière saline (en g.L ⁻¹ de lait)	07
Tableau 05 : Composition du Camembert en certains nutriments.	16
Tableau 06 : Ferments utilisés lors de la production standard (C).	30
Tableau 07 : Ferments utilisés lors de nos essais (A), (B) et (D)	30
Tableau 08 : Ferments d'affinage.....	31
Tableau 09 : les principales différences des paramètres de productions des quatre fromages.....	40
Tableau 10 : Résultats de l'analyse physico-chimique de lait cru des quatre échantillons.	48
Tableau 11 : Les résultats du test d'antibiotique de lait cru.....	51
Tableau 12 : Résultats de l'analyse physico-chimique du lait pasteurisé des quatre échantillons.....	52
Tableau 13 : Résultats des analyses bactériologiques du lait pasteurisé des quatre échantillons	55
Tableau 14 : Résultats obtenus lors de la production des camemberts	56
Tableau 15 : Les valeurs d'acidité aux retournements.	60
Tableau 16 : L'acidité des camemberts au démoulage (J+1).....	61
Tableau 17 : Suivi du pH du camembert en cours d'affinage	62
Tableau 18 : Résultats de l'analyse physico-chimique de camembert	65
Tableau 19 : Résultats des analyses bactériologiques des camemberts	71
Tableau 20 : Classement des quatre camemberts.	72
Tableau 21 : Couleur de la croûte des fromages	74
Tableau 22 : Aspect de la croûte des fromages	74
Tableau 23 : Texture de pâte des fromages.....	75
Tableau 24 : Gout du fromage	75

INTRODUCTION

Introduction générale

L'Algérie est le premier consommateur de lait au Maghreb, avec près de 3 milliards de litres par année. En Algérie le lait et ses dérivés constituent une denrée de grande consommation. Ils sont consommés sous forme de lait reconstitué ou de lait recombinaison, de yaourt, de lait caillé ou de fromage. Il existe différents types de fromages présentant des caractères spécifiques liés à la fois au mode de coagulation et de l'égouttage et à la flore microbienne qui libère des enzymes responsables de la saveur, de la texture et de l'aspect de la pâte (ECK et GILLIS, 2006).

Le fromage est l'une des formes les plus anciennes de la conservation du lait ou du moins des éléments susceptibles d'être conservés. Nous avons choisi le Camembert car c'est un produit largement fabriqué et commercialisé dont la consommation ne cesse de croître (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

Le Camembert, fromage à pâte molle à croûte fleurie, qui est obtenu à partir du lait cru, coagulé par la présure ou à l'aide d'enzymes spécifiques. Le caillé obtenu est moulu, salé et affiné. L'acidification et l'affinage du camembert sont effectués par des levains industriels qui ont une grande importance dans l'économie et présentent une grande utilité du point de vue technologique (LAITHIER, 2011).

Pour satisfaire les conditions de fabrication de camembert, il est indispensable de maîtriser la matière première, mais également le processus de transformation du lait en fromage et notamment l'affinage qui constitue l'une des étapes clés du processus de fabrication. L'affinage résulte principalement de l'action de différents micro-organismes qui participent à la transformation du caillé en fromage (RIAHI, 2006).

La fabrication fromagère dépend essentiellement du lait mais aussi des ferments nécessaires à sa transformation. Les ferments lactiques naturels et commerciaux interviennent dans l'élaboration de tous les produits laitiers fermentés. Les technologies laitières représentent toutefois le principal secteur d'application des bactéries lactiques. Dans la fabrication fromagère, elles jouent un rôle primordial dans les premières étapes de la transformation du lait, mais elles interviennent aussi, directement et indirectement, dans la phase d'affinage et dans la qualité sanitaire des produits. Leur action est liée principalement à deux aspects de leur métabolisme : la production d'acide lactique et l'activité protéolytique (VOISIN, 2010).

L'objectif de notre travail est :

- ✓ De suivre le procédé de fabrication du fromage à pâte molle type camembert au sein de la laiterie « LA VALLEE » ;
- ✓ D'étudier les effets des ferments industriels utilisés sur la qualité du produit ;
- ✓ Tester de nouveaux ferments et suivre leur influence sur la qualité du produit fini en comparant les caractères organoleptiques et physico-chimiques des produits issus de notre étude avec ceux obtenus lors d'une production standard.
- ✓ Etudier les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait cru et du produit fini « camembert » dans le but de s'assurer de leur conformité aux valeurs appliquées au laboratoire de l'usine.

Notre travail comporte deux parties :

- ✓ Dans la première, nous avons réalisé une étude bibliographique (généralité sur le lait, la classification des fromages, la production du camembert et les effets des microorganismes sur sa qualité).
- ✓ Dans la seconde, nous avons réalisé une étude expérimentale qui comporte les parties suivantes :
 - Matériels et méthodes utilisés dans ce travail ;
 - Résultats de la recherche microbiologique, des analyses physico-chimiques et l'effet des ferments utilisés;
 - Discussion des résultats obtenus.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : LE LAIT

CHAPITRE II : LE FROMAGE

CHAPITRE III : LE CAMEMBERT

I. 1. Définition du lait

Le Codex Alimentarius en 2011 définit le lait comme étant une sécrétion mammaire normale obtenue à partir d'une ou plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur (CODEX, 2011).

I. 2. Composition du lait

I. 2. 1. Composition chimique moyenne du lait de différentes espèces

Le lait est reconnu comme étant un aliment bon pour la santé, il nous fournit presque tous les nutriments sous une forme digeste et en quantité optimale. Ses principales propriétés chimiques sont rassemblées dans le tableau 01 (COURTET LEYMARIOS, 2010) :

Tableau 01 : composition chimique moyenne du lait de différentes espèces (g/l) (MICHEL et al, 2000).

	Matière sèche	Matière protéique	Lipides (MG)	Lactose	Cendres (MM)	Calcium (Ca)	Phosphore (P)
Vache	132	35	38	50	7.2	1.25	0.95
Chèvre	115	34	35	45	8	1.35	1
Brebis	185	60	70	45	8.7	1.9	1.5
Buffle	174	38	77	48	7.8	1.8	1.8
Jument	105	25	16	61	4.5	1	0.6
Femme	120	13	39	70	2	0.3	0.15

I. 2. 2. Composition de lait de vache

Le lait de vache est un lait caséineux. Les données varient en fonction d'une multiplicité de facteurs : race animale, alimentation et état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite (TALEBBENDIAB, 2017). La composition moyenne du lait de vache est représentée dans le tableau 02.

Tableau 02 : Composition moyenne du lait de vache (MICHEL et *al*, 2000)

Constituants	Composition (g /L)
Eau	905
Glucides (lactose)	49
Lipides	35
Matière grasse proprement dite	34
Lécithine (phospholipides)	0.5
Insaponifiable (stérols, carotènes, tocophérol)	0.5
Protides	34
Caséines	27
Protéines solubles (globuline, albumine)	2.5
Substances azotées non protéiques	1.5
Sels	9
De l'acide citrique (en acide)	2
De l'acide phosphorique (P ₂ O ₃)	2.6
De chlorure de sodium (NaCl)	1.7
Constituants divers (Vitamines, enzymes, gaz dissous)	Traces
Extrait sec total	127
Extrait sec non gras	92

I. 3. Constituants du lait

I. 3. 1. Eau

L'eau est le constituant principal du lait, elle représente environ 81 à 87% du volume du lait. Elle se trouve sous deux formes : l'eau libre (96% de la totalité) et l'eau liée à la matière sèche (4% de la totalité) (BELOUCIF et OULMI, 2017).

I. 3. 2. Glucides

La quasi-totalité des glucides est sous forme de lactose, sa teneur est entre 48 à 50g /L, un disaccharide composé de glucose et de galactose. Il fournit de l'énergie et assure le développement des bactéries intestinales et favorise également l'absorption du calcium (TALEBBENDIAB, 2017).

I. 3. 3. Matières grasses

Les matières grasses sont présentées dans le lait sous forme d'une émulsion des globules gras. Cette matière grasse est constituée principalement de composés lipidiques (tableau 03) qui se présentent par des triglycérides (95 à 96% de la matière grasse), synthétisés par la mamelle à partir du glycérol et des acides gras (TALEBBENDIAB, 2017).

Tableau 03 : Composition de la matière grasse du lait (MOUCHERON, 2017).

Composition globale de la matière grasse en %			
Composés lipidiques (99.5%)	Lipides (98.5%)	simples	Triglycérides (95-96%)
			Di glycérides (2-3 %)
			Mono glycérides (0.1%)
			Cholestérides (Acides gras et cholestérol) (0.3%)
Lipides complexes (1%)			
Composés liposolubles (0.5%)	Vitamines		Vitamine E : 1.7 à 4.2 mg
			Vitamine A : 0.6 à 1.2 mg
			Vitamine D : 10 à 20 mg
			Vitamine K : traces

I. 3. 4. Protéines

Le lait contient de 32 à 36 g/l de protéines de haute qualité réparties en deux fractions:

- ✓ Les caséines qui précipitent à pH 4.6 représentent 80% des protéines totales ;
- ✓ La protéine sérique soluble à pH 4.6 représente 20% des protéines totales. (MICHEL et al, 2000).

a. Les caséines :

Les caséines sont des particules solides associées à des globules gras qui donnent son aspect blanc et opaque au lait, elle est la principale protéine du lait de vache. Ce sont des polypeptides phosphorés associés surtout à des constituants minéraux (MICHEL et al, 2000).

Une micelle de caséine est constituée de 10 à 100 sous-micelles reliées entre elles par l'intermédiaire de ponts phospho-calcique. La sous-micelle de caséine n'a pas une structure

homogène, elle possède un cœur hydrophobe constitué par la caséine bêta associée aux parties hydrophobes des autres caséines. En périphérie on retrouvera les parties hydrophiles des différentes caséines (partie phosphorylée pour les caséines alpha S1 et alpha S2) ainsi que la partie glycosylée de la caséine kappa (GHAOUES, 2011).

Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique et de permettre la coagulation. Elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromage et en laits fermentés (BELOUCIF et OULMI, 2017).

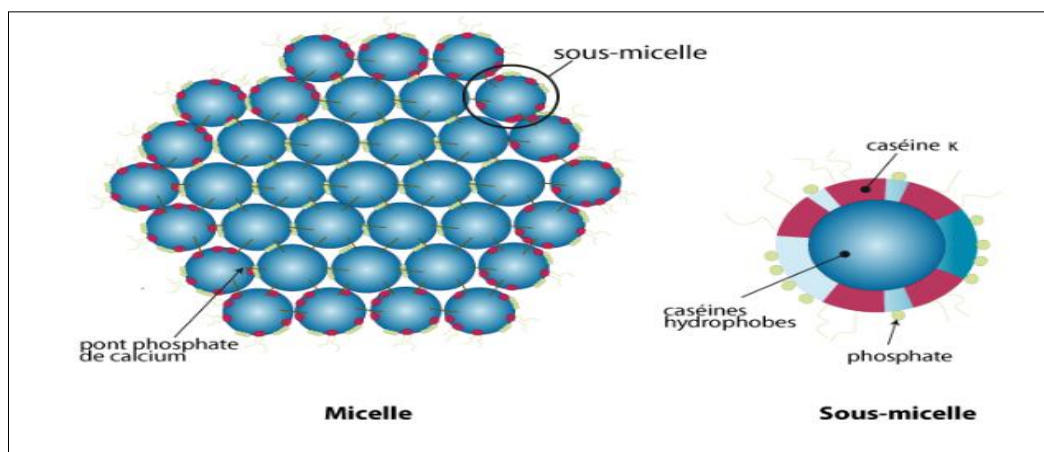


Figure 01 : Structure d'une micelle et sous-micelle caséique (GHAOUES, 2011).

b. Protéines de lactosérum :

Les autres protéines du lait sont présentes dans le lactosérum nommés protéines de sérum, elles représentent environ 20% des protéines totales, à l'inverse des caséines, sont des molécules solubles dans la phase aqueuse du lait. Lors de la fabrication de fromages, ce sont les caséines qui forment le caillé, alors que les protéines de sérum se retrouvent dans le lactosérum (RAMDANI, 2008).

I. 3. 5. Vitamines

Les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie car elles participent comme coenzymes et cofacteurs dans des réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires (MICHEL et al, 2000).

Les vitamines de lait se subdivisent en deux groupes : Des vitamines liposolubles Vitamine A (rétinol), B (calciférol), E (tocophérol) et K ; et des vitamines hydrosolubles :

B1, B2, B5, B6, B12, C, H et acide folique. Elles se présentent dans le lait sous forme de traces apportées par l'alimentation (LAURENT, 1992).

I. 3. 6. Minéraux

C'est l'ensemble des constituants présents à l'état d'ions ou de sels. Elles ont une importance diététique très grande et jouent un rôle dans l'équilibre osmotique et dans l'organisation structurale des micelles de caséine (MICHEL et *al*, 2000).

La matière saline constitue 9 g dans un litre du lait. Celui-ci contient des sels qui sont à l'état dissout, principalement sous la forme de magnésium (Mg), de sodium (Na), de calcium (Ca), de potassium (K), de soufre (S), de phosphates (P), de chlorures (Cl) et de citrates et d'autres à l'état colloïdal associés à la micelle de caséine. (NOUARI et BOUZIANI, 2018).

Ces sels présentent différentes concentrations dans le lait figurant dans le (tableau 04).

Tableau 04 : Composition de la matière saline (en g/l de lait) (MOUCHERON, 2017)

Mg	Na	Ca	K	S	P	Cl	Citrates
0.12	0.58	1.23	1.41	0.30	0.95	1.19	1.6

I. 3. 7. Enzymes

Les laits des mammifères renferment différentes enzymes qui sont des catalyseurs biologiques d'origine lactée, microbiologique ou fongique (RODRIGUE, 2006).

Les enzymes peuvent jouer un rôle d'indicateurs pour certains procédés technologiques. Leur rôle est essentiellement catalyseurs des différents constituants du lait entraînant ainsi des modifications recherchées comme le caillage, la fermentation, l'aromatisation ou des modifications indésirables comme les diverses altérations (MICHEL et *al*, 2000).

I. 4. Qualité organoleptique du lait

I. 4. 1. Couleur

Le lait est un liquide blanc mat ou jaunâtre, opaque à cause des micelles de caséines, de la beta carotène et de la matière grasse (MELAHI et BENHILA, 2017).

I. 4. 2. Odeur

L'odeur du lait est fixée par la matière grasse qu'il contient. Elle est influencée par l'ambiance de la traite, l'alimentation de l'animal et la conservation du lait (RAMDANI, 2008).

I. 4. 3. Saveur

Le lait a une saveur douceâtre, faiblement sucrée en raison de la richesse en lactose dont le pouvoir sucrant est inférieur à celui du saccharose (LAURENT, 1992).

I. 5. Microbiologie du lait

Le lait est un aliment dont la durée de vie est très limitée. En effet, son pH voisin de la neutralité, le rend très facilement altérable par les microorganismes et les enzymes, sa richesse et sa fragilité font du lait un milieu idéal aux nombreux microorganismes comme les moisissures, les levures et les bactéries qui se reproduisent rapidement (RENARD, 2014).

Les microorganismes du lait au cours de leurs multiplications libèrent des gaz, des substances aromatiques, de l'acide lactique, diverses substances protéiques, voire des toxines pouvant être responsables de pathologie chez l'homme (BACHATARZI, 2012).

I. 5. 1. La flore originelle

La flore originelle des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes saprophytes de pis et des canaux galactophores, les genres dominants sont essentiellement des mésophiles, il s'agit de microcoques, mais aussi streptocoques lactiques et lactobacilles (RENARD, 2014).

I. 5. 2. La flore de contamination

Cette flore est l'ensemble des microorganismes contaminant le lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire (RENARD, 2014).

a. La flore d'altération

La flore d'altération cause des défauts sensoriels de goût, d'arôme, d'apparence ou de texture et réduit la durée de vie du produit laitier.

Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont :

- ✓ Bactéries coliformes: leur présence est un indice de pollution d'origine fécale, parmi on trouve *Escherichia coli* qui est responsable de troubles digestifs (RAMDANI, 2008).
- ✓ Bactéries protéolytiques : hydrolysent les caséines et donnent un mauvais gout au lait.
- ✓ Bactéries lipolytiques : détruisent les matières grasses et donnent un gout de ronce au lait.
- ✓ Les levures : Un indice de contamination, elles sont responsables de la production d'alcool en transformant le lactose en alcool et l'apparition de l'odeur levurée ou alcoolisée. Les principales espèces sont : *Kluyveromyces lactis* et *Saccharomyces cerevisiae*.
- ✓ Les moisissures : Ils peuvent y causer des dégradations par défaut de forme, de texture et mauvais goût, ou plus gravement, la production de mycotoxines (RENARD, 2014).

b. La flore pathogène

La contamination du lait par les germes pathogènes peut être d'origine endogène suite à une excrétion mammaire de l'animal malade, ou d'origine exogène qui s'agit d'une contamination de l'environnement et l'homme (RENARD, 2014).

Les principaux microorganismes associés au lait sont :

- ✓ *Brucella* : responsable de brucellose suite à une consommation de lait cru.
- ✓ *Mycobacterium tuberculosis* : responsable de la tuberculose.
- ✓ *Staphylocoques* et *Streptocoques* : responsable d'infections transmises par des mammites chez la vache.
- ✓ *Salmonella* : se développe dans le lait cru au moment de la traite des vaches.
- ✓ *Bacillus cereus* : responsable de toxi-infections
- ✓ *Listeria monocytogenes* : c'est une bactérie psychrophile qui se développe à basse température responsable de listériose.
- ✓ Certaines moisissures qui sont pour la plupart toxigènes (KABIR, 2015).

II. 1. Définition du fromage

Selon le codex Alimentarius, la dénomination "fromage" désigne un produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure dans lequel le rapport protéines de lactosérum ne dépasse pas celui du lait (CODEX, 2011).

Le fromage est le résultat de la coagulation du lait grâce à l'action d'une enzyme sous nom de « la présure » qui est d'origine animale ; d'autres agents coagulants d'origine végétale ou microbienne peuvent aussi être utilisés. L'élimination partielle du lactosérum résultant de la séparation du caillé et la phase aqueuse du coagulé succède à la coagulation. Elle est suivie de plusieurs étapes qui diffèrent d'un fromage à un autre (RAMDANI, 2008).

II. 2. Classification des fromages

Le fromage fait référence à une grande variété de produits dont les caractéristiques sensorielles et autres sont tellement différentes ce qui a rendu difficile leur classification (AISSAOUI ZITOUN, 2014).

En général, les principaux critères de classification prennent en considération la nature de la matière première (lait cru ou pasteurisé) et son origine (vache, chèvre), la composition des fromages en matières grasses et en extrait sec influant sur leur consistance (pâte dure, demi dure, molle) et la technologie de fabrication (JEAN et ROGER, 1961).

Il existe une multitude de variétés de fromages, répartis selon cinq familles, établies essentiellement selon la texture, la saveur et l'aspect de la pâte du fromage (TALEBBENDIAB, 2017).

II. 2. 1. Fromages frais

Les « fromages frais » sont des fromages blancs non affinés qui ont subi une fermentation principalement lactique. Ils répondent à un critère supplémentaire : ils doivent renfermer une flore vivante au moment de la vente au consommateur (GEMRCN, 2009).

Ils se caractérisent par l'absence d'affinage après les étapes d'égouttage et de moulage. Tous les fromages frais ont une date limite de consommation de 45 jours (GARITI, 2007) car ils sont très humides environ 70 à 80% d'eau comme le fromage cottage, la ricotta, le mascarpone, le fromage à la crème, et le quark (BRANCHET, 2013).

II. 2. 2. Fromages à pâte pressée

Il s'agit des fromages dont le caillé est pressé après soutirage, puis mis à l'affinage. (GEMRCN, 2009) On peut distinguer deux sous-catégories et qui sont les suivantes (TALEBBENDIAB, 2017) :

a. Les pâtes pressées cuites

Ce sont des fromages à pâte pressée dont le caillé a subi un chauffage supérieur ou égal à 50°C pendant moins d'une heure afin de l'affermir au moment de son tranchage. (GEMRCN, 2009).

Le résultat est une pâte compacte ornée (figure 02) parfois d'une croûte résistante et dont la texture peut être tendre, mollesse, ferme ou très granuleuse comme dans le cas du parmesan, le gruyère et l'emmental (BRANCHET, 2013)

b. Les pâtes pressées non cuites

Ce sont des fromages fabriqués à partir de lait de vache ou de brebis et qui peut être cru ou pasteurisé, dont le mélange caillé-sérum chauffé à une température inférieure à 50°C (GEMRCN, 2009) ce qui leur donne une consistance dense et une couleur jaune pâle comme le cheddar (figure 02).

La croûte de ces fromages leur donne toute leur saveur et leur arôme. Elle peut être plus ou moins épaisse selon la durée de l'affinage (BRANCHET, 2013).

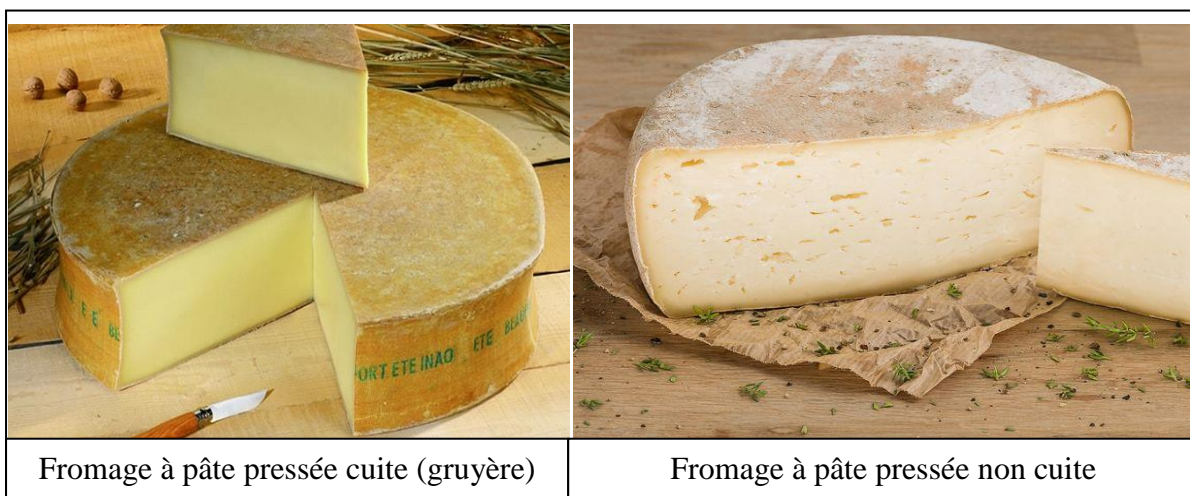


Figure 02 : Types de fromages à pâte pressée (BRANCHET, 2013)

II. 2. 3. Fromage à pâte persillée

Les fromages à pâte persillée sont aussi appelés «bleus». Ce sont des fromages ni cuits ni pressés dont le caillé estensemencé de moisissures tel que *Penicillium roqueforti*. (JEAN et ROGER, 1961).

Ces fromages ont un goût poivré, fort et piquant à pâte légèrement salée et leur texture est habituellement friable, exemple dans la figure 03 (ANONYME, 2015).

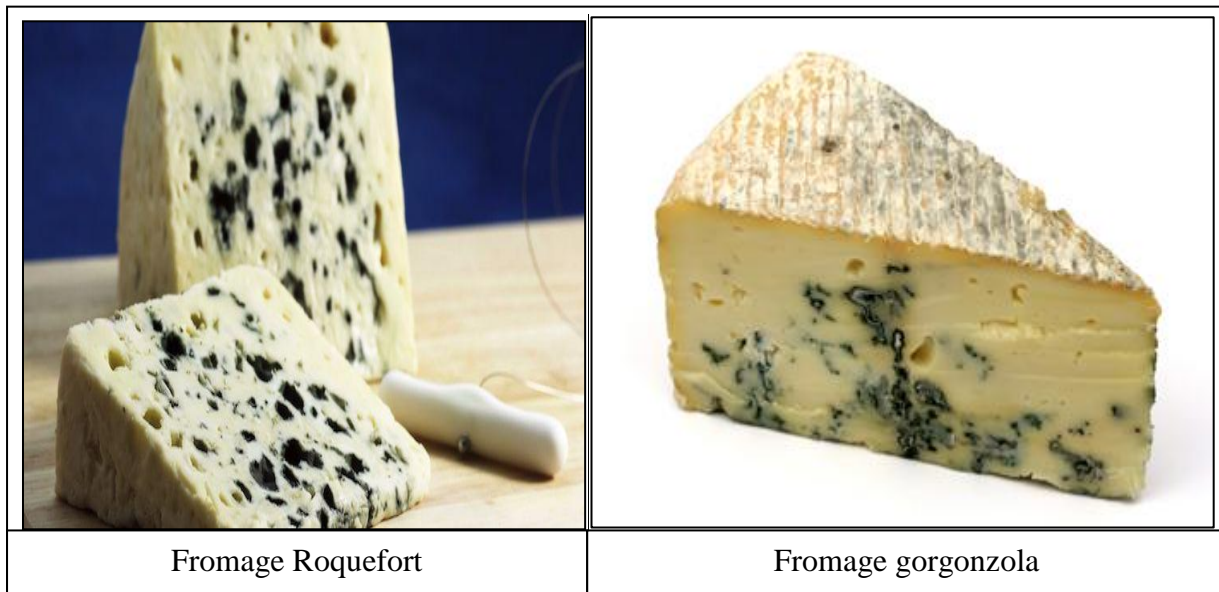


Figure 03 : Types de fromages à pâte persillée (BRANCHET, 2013)

II. 2. 4. Fromages fondus

La dénomination « fromage fondu » est réservé au produit obtenu par la fonte et l'émulsification de fromage ou d'un mélange de plusieurs fromages à pâte pressée, cuite ou non, refondus, additionnés de lait, crème ou de beurre. (GEMRCN, 2009). On obtient une texture plus ou moins molle et élastique et une saveur peu prononcée. Ces fromages ont l'avantage de se conserver longtemps (BRANCHET, 2013).

II. 2. 5. Fromages à pâte molle

Les fromages à pâte molle sont des fromages affinés ou non ayant éventuellement subi, indépendamment de la fermentation lactique, d'autres fermentations, et dont la pâte n'est ni cuite ni pressée (figure 04) (GEMRCN, 2009).

Les fromages à pâte molle se répartissent en deux catégories définies par l'aspect de la croûte (TALEBBENDIAB, 2017).

a. Fromages à pâtes molle, à croûte fleurie

Les fromages à croûte fleurie sont recouverts d'une mince couche blanche de moisissures d'aspect velouté et de texture duveteuse. La pâte est souple et onctueuse. (TALEBBENDIAB, 2017). On leur attribue des parfums de champignon, de levure, de mousse ou encore de terre humide, et leur saveur fait penser aux arômes des champignons. Parmi ces fromages, citons les plus connus comme le camembert, le brie (SEMINAL, 2015).

b. Fromages à pâtes molle, à croûte lavée

Les fromages à croûte lavée sont soumis à des lavages en saumure légère qui ont pour but de maintenir l'humidité, la souplesse de la pâte et de la croûte (TALEBBENDIAB, 2017).

Ils sont caractérisés par une couleur orangée, elle se rapproche quant à elle de la couleur ivoire. Si leur odeur est forte, pour autant la saveur de ces fromages est généralement moins marquée (BRANCHET, 2013).

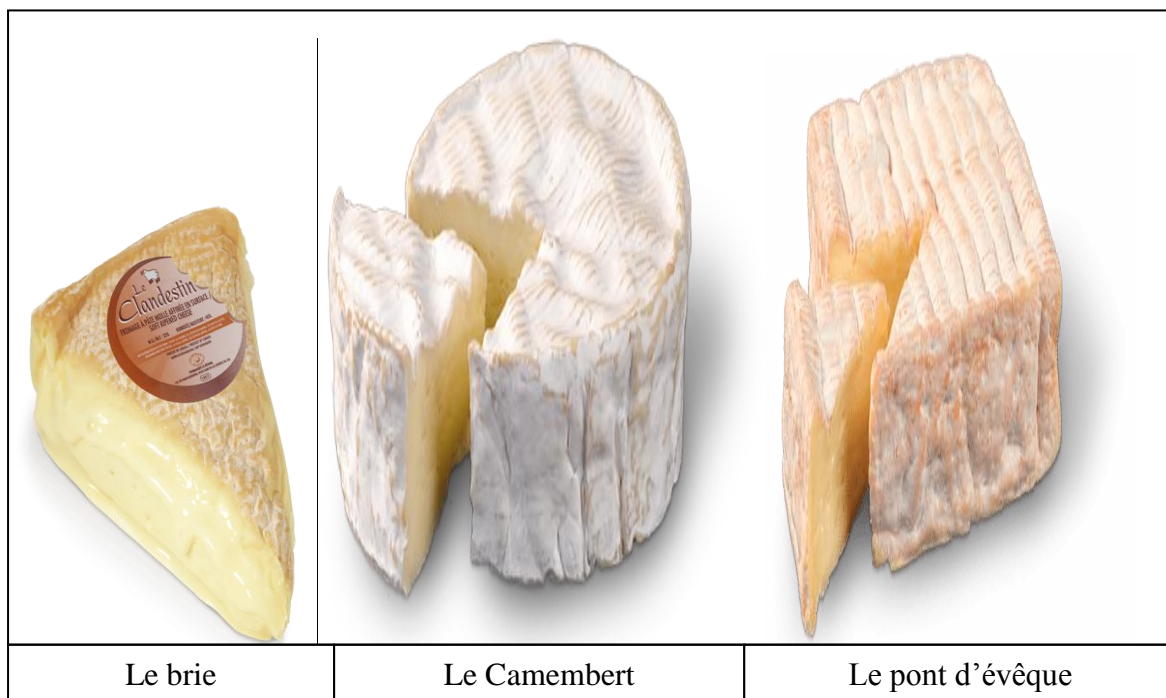


Figure 04: Types de fromages à pate molle (BRANCHET, 2013)

Les étapes majeures de fabrication de chaque type de fromage sont résumées dans la figure 05

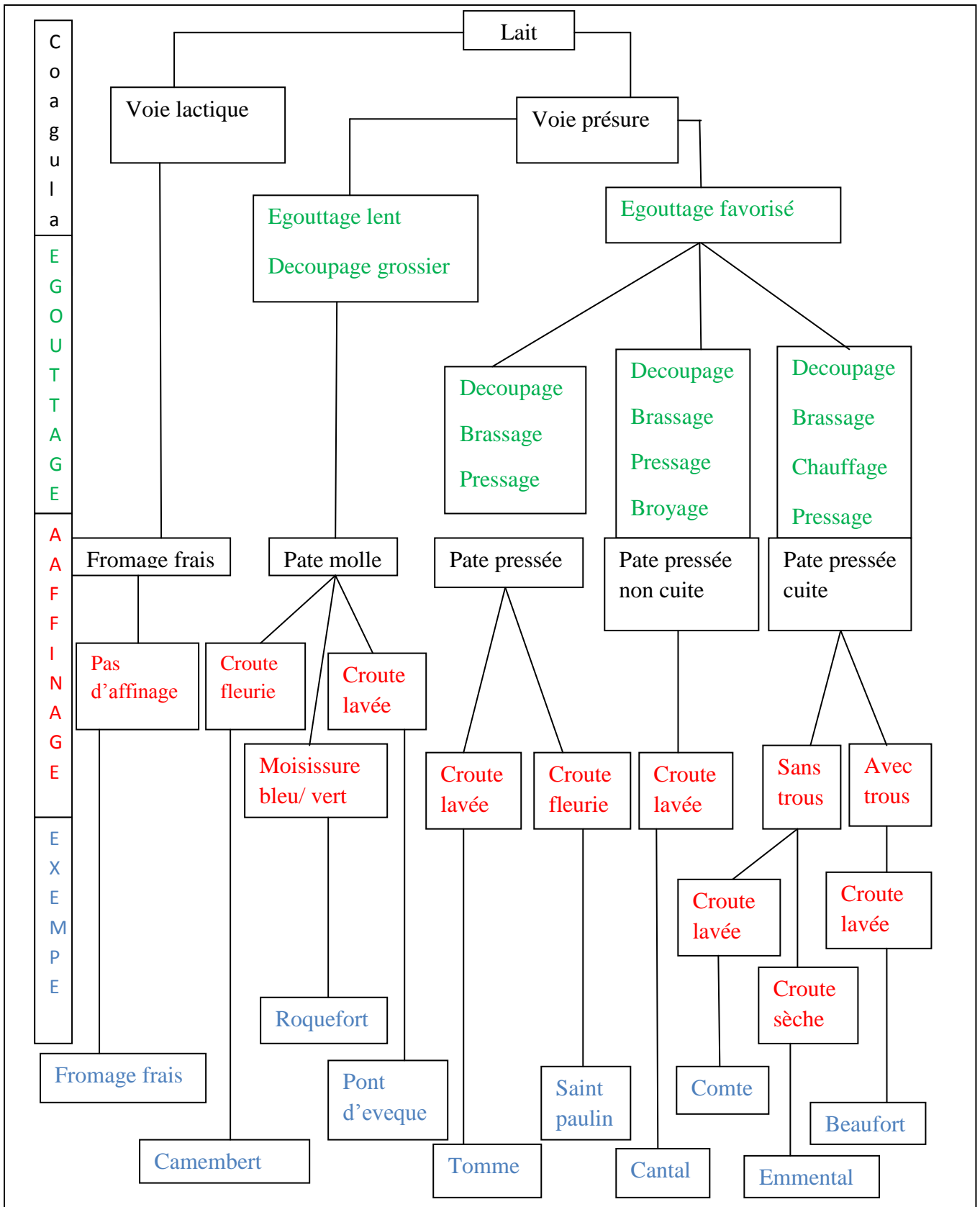


Figure 05 : Les étapes majeures de fabrication de chaque type de fromage (TORMO, 2010)

III. 1. Historique

Le camembert est une des icônes gastronomiques de la France, aux côtés de la baguette de pain, du champagne et d'autres produits faisant partie intégrante de l'image du pays. Il tire son nom du village de Camembert près de Vimoutiers (Orne) France. À l'origine, fromage fermier, mis au point vers 1796 par une fermière Marie Harel et d'après l'histoire, c'est sa fille, prénommée elle-aussi Marie et sa descendance PAYNEL qui en développeront la fabrication (SEMINAL, 2015).

A la fin du 19^{ème} siècle, une première installation industrielle a eu lieu en Normandie. Peu à peu, le fromage passe de la ferme à l'usine, il y a cependant actuellement, dans le pays d'auge, encore quelques fabrications fermières. En industrie, son aire de production s'étend aux départements normands. La technique a subi quelques transformations mais on distingue nettement la fabrication normande de celle des autres régions (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

Le syndicat des producteurs du véritable camembert de Normandie a eu une action nette dans la conservation de la technique d'origine. On distingue les camemberts normands, ils sont souvent supérieurs à ceux des autres régions (qualité, dimension ...) (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

III. 2. Définition

Selon CODEX 2011 « Le camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface principalement par des moisissures. Il se présente sous la forme d'un cylindre plat ou des morceaux cylindrique. La pâte a une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle et une texture molle mais non friable, affinée de la surface au centre». Les trous de gaz sont généralement absents, mais la présence de quelques ouvertures et fissures est acceptable. La croûte est molle, entièrement recouverte des moisissures blanches caractéristiques essentiellement par *Penicillium candidum* et /ou le *Penicillium camemberti* (CODEX, 2011)

Ainsi, la dénomination Camembert est réservée à un fromage fabriqué avec du lait emprésuré en utilisant soit une coagulase ou la présure (LOUHICHI, 2008). C'est un fromage qui n'est pas prêt à la consommation immédiatement après la fabrication ; il doit être maintenu pendant un certain temps dans certaines conditions pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du camembert (AHADDAD et KASMI, 2013).

III. 3. Composition et valeur nutritionnelle

La valeur alimentaire des fromages est très grande par rapport à celle du lait grâce à leur richesse en protéides et lipides (RAMDANI, 2008). Le Camembert s'inscrit parmi les meilleures sources alimentaires de protéines ayant une digestibilité élevée, Il renferme au moins 40 % de matière grasse qui conditionne l'onctuosité de la pâte et constitue une source importante de la flaveur particulière conférée au produit fini (NOUARI et BOUZIANI, 2018), et 30 à 50 % de matière azotée / matière sèche, selon son mode d'élaboration (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

Concernant le lactose, les fromages affinés sont pratiquement dépourvus de glucides car la faible quantité de lactose, restant dans le caillé après égouttage, est transformée en acide lactique au cours de l'affinage (RAMDANI, 2008). Pour les autres nutriments, le Camembert constitue un apport important en calcium, en phosphore, en sodium et en vitamines (notamment du groupe B). La composition moyenne du camembert est donnée dans le tableau 05 (ABBERKANE et AMGHAR, 2013).

Tableau 05 : Composition du Camembert en certains nutriments. (ABBERKANE et AMGHAR, 2013)

Composants	Protéines (g. kg ⁻¹)	Matière grasse (g. kg ⁻¹)	Matière sèches (g. kg ⁻¹)	Calcium (mg. kg ⁻¹)	Phosphore (mg. kg ⁻¹)
Teneur	212	220	461	4000	3090

III. 4. Elaboration des caractéristiques sensorielles des fromages

III. 4. 1. Texture des fromages

La texture est l'ensemble des propriétés rhéologiques et structurales d'un produit alimentaire perceptible par les récepteurs tactiles, visuels et auditifs. La texture du camembert se définit à la gustation, selon que la pâte est granuleuse, lisse, élastique, fondante, collante ou ferme (VOISIN, 2010).

III. 4. 2. Flaveur des fromages

La flaveur correspond à l'ensemble des sensations perçues lors du flairage ou de la mise en bouche de l'aliment, à savoir les sensations rétro-olfactives, gustatives et trigéminales (VOISIN, 2010).

Il existe quatre saveurs fondamentales: l'acide, le sucré, le salé et l'amer. Dans le camembert on retrouve essentiellement l'acide et le salé. Les arômes du camembert peuvent être regroupés en plusieurs catégories: les arômes bleus (fruités type roquefort), les arômes terreux (goût de bouchon, moisi, cave, mousse, humide, renfermé) etc. (VOISIN, 2010).

III. 4. 3. Apparence des fromages

L'apparence de la croûte des fromages dépend essentiellement de la composition microbiologique, et notamment des microorganismes volontairement inoculés (ferment). Leur croissance sur la croûte dépend du microbiote du lait, du pH de la croûte et des conditions d'affinage incluant l'ambiance de la cave, les soins apportés aux fromages et la durée d'affinage. (FRETIN, 2016).

La couleur tient également un rôle important dans la flaveur puisque c'est elle que l'on perçoit en premier. Une pâte trop pâle n'est pas très alléchante pour le consommateur, celui-ci préfère en effet une pâte jaune. (VOISIN, 2010).

III. 5. Les matières utilisées dans la fabrication du camembert

Le camembert est considéré comme un écosystème, il comporte des microorganismes qui sont essentiels à leur fabrication. Ils participent soit de manière directe avec leur activité métabolique, soit de manière indirecte avec la libération d'enzymes (NOUARI et BOUZIANI, 2018).

III. 5. 1. La matière première

La fabrication du fromage à pâte molle type Camembert exige l'emploi d'un lait cru ou pasteurisé de haute qualité bactériologique et physico-chimique (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

REMEUF et *al* (1991) soulignent en outre que l'aptitude à la transformation du lait en fromage est dépendante d'un certain nombre de paramètres dont (NOUARI et BOUZIANI, 2018):

- ✓ Sa composition chimique (notamment sa richesse en caséines) ;
- ✓ Sa charge microbienne et la nature de sa microflore ;
- ✓ Son aptitude au développement des bactéries lactiques ;
- ✓ Enfin, son comportement vis à vis de l'enzyme coagulante.

III. 5. 2. Les agents de transformation du lait

Dans le domaine de la fabrication fromagère de type camembert, de multiples microorganismes utiles sont impliqués, elles peuvent être d'origine naturelles et /ou additionnelles introduites généralement au début de la fabrication directement dans le lait avec emprésurage (NOUARI et BOUZIANI, 2018).

III. 5. 2. 1. La flore microbienne utile

Les microorganismes présents dans le lait et les produits laitiers d'origine naturels et /ou additionnel occupent une place essentielle dans le développement des qualités sanitaires et sensorielles du produit fini. De multiples microorganismes utiles sont impliqués comme les bactéries, les moisissures et les levures (NOUARI et BOUZIANI, 2018).

III. 5. 2. 1. 1. Bactéries

Les bactéries nécessaires à la fabrication des fromages de type Camembert se regroupent en deux principales catégories : les bactéries lactiques et les bactéries d'affinage (NOUARI et BOUZIANI, 2018).

A. Les bactéries lactiques

Dans le processus de transformation du lait en fromage, la microflore lactique est la première flore à intervenir. Les bactéries lactiques sont des cultures pures qui se caractérisent par une production de quantités importantes d'acide lactique après transformation du lactose (ROBINSON, 2002).

Les ferments utilisés pour la fabrication de fromage comprennent principalement les genres des bactéries lactiques *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *streptocoques*, *lactobacillus* et *entérocoques*.

Les bactéries lactiques sont également des agents de l'affinage qui contribuent aux caractères organoleptiques dans la fabrication fromagère (MDAHOU, 2017). Elles ont pour rôles essentiels:

- ✓ Acidifier le lait et le caillé grâce à la présence de l'enzyme β -galactosidase qui permet de scinder le lactose en glucose et en galactose. Cette acidification se caractérise aussi par des odeurs et des saveurs sûres.
- ✓ Réaliser une fermentation lactique par transformation du lactose, sucre majoritairement contenu dans le lait en acide lactique.
- ✓ Abaisser le pH par la production d'acide lactique aux dépens du lactose du lait, ce qui favorise la microflore acidophile comme les levures et les moisissures.
- ✓ Augmenter la synérèse du caillé.
- ✓ Participer à la formation du goût (protéolyse, production de composés aromatiques) et participer à la texture (gélification du produit, modification des conditions physicochimiques de la matière première, enzymes de coagulation, polysaccharides...), donc améliorer la qualité organoleptique des fromages.
- ✓ Augmenter la durée de conservation des fromages.
- ✓ Inhiber la croissance des bactéries nuisibles (ROBINSON, 2002).

On distingue couramment deux types de ferments : les mésophiles et les thermophiles.

❖ **Les ferments mésophiles**

Les ferments mésophiles ont une température optimale de croissance proche de 30°C. Ils comprennent des souches de *Lactococcus* et *Leuconostoc*, sont des bactéries dites aromatisantes (AHADDAD et KASMI, 2013).

➤ *Lactococcus*

Ce sont les streptocoques mésophiles à Gram positif, anaérobie aérotolestante, non mobiles, non sporulantes et homofermentaires. Leur fonction principale est d'acidifier le lait créant ainsi un milieu défavorable au développement des germes indésirables (BENLOUCIF et OULMI, 2017), elles contribuent à la protéolyse primaire des fromages. D'autre part, l'autolyse précoce des lactocoques permet la libération d'autres enzymes intracellulaires telles que des protéinases, des peptidases... De nombreuses études ont montré l'impact de ces enzymes sur le développement de la texture et à la formation du goût des fromages pendant l'affinage (MDAHOU, 2017).

Actuellement, le genre *Lactococcus* comprend cinq espèces, *Lactococcus lactis* est l'espèce la plus connue (BOULLOUF, 2016).

➤ *Leuconostoc*

Les *leuconostoc* sont des coques à Gram positif, non mobiles et non sporulantes, ils sont hétérofermentaire. Ils sont fréquemment retrouvés dans le lait et les fromages dont le rôle est la production d'arôme et la texture des fromages.

Les *Leuconostoc* principalement *Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris* et *Leuconostoc lactis* sont utilisés en association avec les lactocoques dans l'industrie laitière pour produire en plus de l'acide lactique et le CO₂, des substances aromatiques telles que le diacétyle et l'acétoïne à partir des citrates du lait (BOULLOUF, 2016).

❖ **Les ferments thermophiles**

Leur température optimale de croissance se situe entre 37 et 47°C. Ils comprennent les lactobacilles, les bifidobactéries et *Streptococcus thermophilus* (AHADDAD et KASMI, 2013).

➤ *Streptococcus*

Ces bactéries sont des cocci sphériques à Gram positif, homofermentaires. Ce genre est généralement divisé en trois groupes : pyogène (la plus part des espèces pathogènes et hémolytiques), oral et les autres streptocoques. Beaucoup d'espèces sont commensales ou parasites de l'homme et des animaux et certaines sont hautement pathogènes (BOULLOUF, 2016)

La seule espèce de streptocoques qui soit utilisée en technologie alimentaire est *Streptococcus thermophilus* qui a été incluse dans le groupe des « autres streptocoques ». Elle se différencie par son habitat (lait et produits laitiers) et son caractère non pathogène. Cette bactérie garantit une acidification rapide du lait lors de la fermentation lactique et assurent aussi une saveur particulière au produit. *Streptococcus* disparaît rapidement durant l'affinage. On suppose que cette disparition résulte de la lyse des cellules bactériennes (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

➤ *Lactobacillus*

Ce genre est quantitativement le plus important des genres du groupe des bactéries lactiques. Il s'agit de bacilles longs et fins (parfois incurvés) souvent groupés en chaînes, immobiles, asporulés, ils peuvent être homofermentaires et hétérofermentaires. Les

espèces lactières les plus importantes sont : *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus plantantarum*. Ces levains sont ajoutés au lait après la pasteurisation, Ils sont sous forme liquide ou lyophilisés (AHADDAD et KASMI, 2013).

B. Les bactéries d'affinage

Les bactéries lactiques ne sont pas les seuls micro-organismes jouant un rôle dans la fabrication du fromage du genre camembert, C'est aussi des bactéries d'affinage « bactéries de surface ». Elles se retrouvent à leur surface, suit à un ensemencement naturel et/ou dirigé. Ces bactéries sont généralement aérobies, mésophiles et halophiles (ROBINSON, 2002).

Ces bactéries appartiennent aux familles des *Micrococaccae* et des *Corynebacteriaceae* mais la principale espèce de bactérie corynéforme qui participe à l'affinage des fromages de type Camembert est *Brevibacterium* (NOUARI et BOUZIANI, 2018) productrice de caroténoïde responsable de couleur orange de la croûte qui est considérée comme un défaut pour camembert, sa croissance est inhibé par *Penicillium camemberti* donc le risque de l'apparition de cette couleur est faible (HAMITOUCHE et AICHE, 2018).

III. 5. 2. 1. 2. Flore fongique

La flore fongique joue un rôle important dans les technologies de transformation des produits alimentaires. Elle a un rôle dans le développement de la saveur du fromage pendant la maturation en raison de la protéase, de la lipase et de l'activité du B - galactosidase qu'elle possède, le nombre des levures et moisissures trouvées dans le fromage n'est pas influencé par les saisons mais plutôt par la durée de maturation (BOULLOUF, 2016).

- ***Penicillium camemberti* :**

Cette moisissure est l'une des moisissures les plus intéressantes pour la fabrication des fromages affinés. C'est une moisissure aérobic stricte, sa croissance commence par la germination des spores dans des conditions favorables qui fusionnent ensuite pour former le mycélium. L'ajout de *Penicillium camemberti* se fait après une sélection rigoureuse des souches en fonction de leur couleur, de la couleur qu'elle confère aux fromages, de leur vitesse de croissance, de la densité et de la hauteur du mycélium (HAMITOUCHE et AICHE, 2018) ainsi de leurs activités protéolytiques et lipolytiques déterminant les caractères

organoleptiques des fromages à l'étape de l'affinage. Elle est souvent désignée par les fromagers sous le nom de « *Penicillium candidum* » (AHADDAD et KASMI, 2013).

- ***Geotrichum candidum* :**

C'est une levure mycélienne caractérisé par des colonies crémeuses, responsable du revêtement blanchâtre du camembert. Elle contribue à la formation de la saveur et des arômes typiques du camembert (AHADDAD et KASMI, 2013).

Geotrichum candidum joue un rôle clé dans l'affinage de ce genre du fromage car il permet la désacidification de la pâte en consommant les lactates mais il participe aussi à sa désamérisation en lysant les peptides amérisants produits par *Penicillium camemberti*. Enfin, *Geotrichum candidum* favorise la cohésion et le séchage de la surface ce qui diminue le risque d'une croûte collante (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

De plus *Geotrichum candidum* joue un rôle protecteur à la surface du camembert par sa capacité à inhiber la croissance de plusieurs moisissures contaminants du genre *Penicillium*, *Aspergillus versicolor*, *Mucor* et *Listeria monocytogenes* (HAMITOUICHE et AICHE, 2018).

III. 5. 2. 2. La flore de contamination

Le Camembert peut être contaminé par des micro-organismes qui, en se multipliant dans le milieu, provoquent des transformations nuisibles à la qualité du produit par dégradation de leurs constituants (protéines, lipides, lactose) et libération en leur sein de composés indésirables. L'absence totale de contamination étant difficile voire impossible à réaliser, ce sont essentiellement les caractères physicochimiques du fromage et les conditions d'affinage et de stockage qui vont orienter le développement microbien. Ces dégradations peuvent être dues à des bactéries, levures et moisissures et se traduisent par des défauts de goût, d'odeur, d'aspect et de texture (ROBINSON, 2002).

III. 5. 2. 2. 1. Bactéries

➤ Coliformes totaux et fécaux

Selon ISO, les coliformes sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, aérobies ou anaérobies facultatifs. Leur présence dans les aliments traduit une contamination fécale par le manque d'hygiène (AHADDAD et KASMI, 2013).

Les coliformes peuvent être responsables de gonflements dans les fromages. Ce gonflement est dû principalement à la formation du gaz. Les coliformes libèrent aussi des enzymes qui peuvent provoquer des défauts de goût dans les fromages (goût de rance, amertume) (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

➤ *Staphylococcus aureus*

Les bactéries du genre *Staphylococcus* se présente sous forme de cocci à Gram positif, non sporulé ; les mammites peuvent être à l'origine de cette contamination. *Staphylococcus aureus* peut causer des infections suppuratives à l'origine de la prolifération de la bactérie ou des intoxications résultant de la sécrétion de toxine (HAMITOUCHE et AICHE, 2018).

➤ **Salmonelles**

Les salmonelles sont des bactéries pathogènes provoquant des gastro-entérites. Elles se développent dans le lait cru au moment de la traite des vaches et présentent un danger pour le consommateur (AHADDAD et KASMI, 2013).

➤ *Listeria monocytogenes*

C'est un bacille Gram positif. Cette espèce est capable de se multiplier à de très basses températures (jusqu'à 0°C) (AHADDAD et KASMI, 2013). Elle est utilisée comme un indicateur d'hygiène et peut provoquer un gonflement précoce de fromage, on peut la rencontrer dans le lait et produits laitiers de manière accidentelle et peut provoquer de listériose (HAMITOUCHE et AICHE, 2018).

III. 5. 2. 2. 2. Levures et moisissures

➤ *Geotrichum candidum*

Elle peut devenir un agent d'altération (défaut de texture et de goût) en technologie pâte molle s'il est amené à trop se développer (accident de la « graisse » ou de la « peau de crapaud ») (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

➤ *Penicillium camemberti*

Un développement trop important est cependant défavorable (liquéfaction de la pâte sous la croûte, apparition d'une couche gluante en surface, production excessive

d'ammoniaque...). Une mauvaise implantation de *Penicillium camemberti* ce qui donne une sous croûte très coulante et amère (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

➤ *Mucor*

Le *Mucor* est responsable de l'accident dit « poil de chat » principalement en fromage à pâte molle, Il apparaît lorsqu'il y a un manque d'hygiène dans le hâloir, se caractérisant par un défaut d'aspect des fromages, par l'apparition de mauvais goûts et des taches noirâtres au-dessus du feutrage blanc du mycélium de *Penicillium camemberti* (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

III. 5. 3. Les coagulases

La coagulase est une enzyme permettant de faire cailler le lait. La présure, une enzyme d'origine animale, elle est obtenue à partir du suc gastrique de la quatrième poche de l'estomac des jeunes veaux abattus non sevrés (AHADDAD et KASMI, 2013).

La présure d'origine animale constituée principalement de chymosine et de la pepsine. Elle appartient à la famille des endopeptidases, elles procèdent une activité très spécifique, car elle n'hydrolyse que la caséine-k pendant les fabrications fromagères (NOUARI et BOUZIANI, 2018).

Il existe toutefois d'autres types de coagulants d'origine végétale, microbienne ou fermentaire. Le coagulant d'origine végétale dont les enzymes actives sont la cyprosine et la cardosine. Par exemple le gaillet jaune, figuier, la chardonnette, la luzerne, etc. Le jus de citron peut également fonctionner. Cette utilisation de coagulant d'origine végétale est très marginale (GENIN, 1968).

Le coagulant microbien dont l'enzyme est issu de la fermentation par des champignons par exemple de *Mucor miehei*... Et le coagulant de synthèse ou fermentaire OGM est obtenu à partir de microorganismes génétiquement modifiés, exemple un champignon génétiquement modifié pour produire de la chymosine pure, identique à la chymosine d'origine bovine dont le code génétique a été copié. Moins coûteux, ce coagulant a été mis au point pour répondre à la demande de l'agro-industrie fromagère (GENIN, 1968).

III. 6. Les étapes de fabrication du camembert

L'élaboration de ce type de fromage à des caractéristiques organoleptiques particulières passe par la réussite de nombreuses étapes technologiques dont principalement : L'ensemencement – maturation, la coagulation, l'égouttage et enfin l'affinage (MDAHOU, 2017).

III. 6. 1. L'ensemencement– maturation

Le lait destiné à la fabrication du camembert, après pasteurisation, est stocké dans un tank à une température de 8°C à 10°C. Avant de procéder à la maturation, le lait est réchauffé à une température de 33°C à 39°C puis l'étape d'introduction de la flore lactique et des levains fongiques sélectionnée qui vont participer d'une part, à la coagulation du lait en provoquant l'acidification et d'autre part, à l'affinage du fromage dont le rôle de l'activité protéolytique (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

Une quantité de chlorure de calcium (CaCl_2) est ajoutée selon la quantité du lait afin de faciliter l'égouttage et de rétablir le temps de prise et de coagulation (ABBERKANE et AMGHAR, 2013). L'ensemble est agité afin de bien répartir le mélange et d'uniformiser la température dans toute la masse du lait. Un temps de maturation suffisant est laissé dans le but de permettre la multiplication et le développement des souches de bactéries lactiques inoculées (BACHATARZI, 2012).

III. 6. 2. Emprésurage et coagulation

L'emprésurage correspond au moment où l'on ajoute la présure en vue de provoquer sa coagulation, Ce dernier est l'étape la plus importante (NOUARI et BOUZIANI, 2018).

Suivi par la coagulation se traduit par la formation d'un gel ou coagulum qui résulte des modifications physico-chimiques intervenant autour des micelles de caséine et qui concourent à leur déstabilisation extrême (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

Pour les fromages à pâtes molles, la coagulation est généralement mixte. Elle est provoquée par l'action conjuguée de la présure (coagulation enzymatique) et les bactéries lactiques (coagulation acide) (MDAHOU, 2017).

III. 6. 3. L'égouttage

C'est l'étape qui permet la séparation du lactosérum du caillé et son élimination. Son but est non seulement de régler la teneur en eau du caillé mais aussi la minéralisation de ce dernier et son dé lactosage (MDAHOU, 2017).

Dans le cas du Camembert, des traitements mécaniques tels que le découpage, le brassage, le moulage et les retournements sont utilisées pour permettre l'élimination du lactosérum puisque l'humidité de ce type de fromage est élevée (BENLOUCIF et OULMI, 2017). L'égouttage commence dans les cuves de coagulation, se poursuit dans les moules et accéléré par une série de retournements que les fromages subissent à une température comprise entre 26 et 28°C (ABBERKANE et AMGHAR, 2013).

III. 6. 4. Le salage

Le salage constitue une phase importante de la fabrication de beaucoup de fromage à l'exception de la plupart des fromages frais qui ne sont pas salés, il consiste à enrichir la pâte en chlorure de sodium (NOUARI et BOUZIANI, 2018). Il est réalisé soit par dépôt en surface ou par immersion dans une saumure après faire sortir les caillés de leurs moules. (ABBERKANE et AMGHAR, 2013).

Le salage règle l'activité de l'eau, il favorise ainsi ou freine le développement des microorganismes tout en régulant les activités enzymatique, complète l'égouttage du caillé, contribue ainsi à la formation de la croûte et relève la saveur propre du fromage en influençant le goût et en renforçant les arômes (MDAHOU, 2017).

III. 6. 5. Affinage

L'affinage est la dernière étape de la transformation fromagère. Une période de maturation pendant laquelle les propriétés sensorielles des fromages se développent et le recouvrement de camembert par des couche de champignon "*Penicillium candidum* ou *camemberti*". Dans le cas des pâtes molles type camembert, il se fait de la surface vers l'intérieur, la période d'affinage du Camembert est entre 12 et 45 jours à une température variant entre 12 et 14°C (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

L'affinage se caractérise par des transformations biochimiques des constituants du caillé essentiellement sous l'action d'enzymes microbiennes (ABBERKANE et AMGHAR, 2013), il correspond principalement à des modifications de deux composants majeurs :

protéines et matière grasse ; protéolyse et lipolyse sont donc les phénomènes dominants de l'affinage (MDAHOU, 2017). Cette étape participe au développement des propriétés organoleptiques d'un fromage (ABBERKANE et AMGHAR, 2013).

III. 7. Défauts de fabrication du « CAMEMBERT »

a. Défauts de texture

Ils sont dus aux défauts d'égouttage. Fromage à pâte sèche dit plâtreux est le résultat d'un affinage insuffisant provoqué par un égouttage très poussé. Un fromage à pâte collante est du à l'égouttage insuffisant ou le caillé est très humide qui est le siège d'un développement excessif de la flore protéolytique entraînant une digestion prononcée de la caséine ou un fromage gonflé en raison du développement intense des microorganismes producteurs de gaz en particulier les bactéries coliformes et les levures (MCSWEENEY, 2002).

b. Défauts d'aspect

La présence de microorganismes indésirables peut entraîner une altération de la texture et de la croûte. La flore fongique peut entraîner des accidents à la surface des fromages tel que « bleu », « poil de chat » ou « peau de crapaud », ou d'origine bactérienne à la surface et à l'intérieur de la pâte (chancre, taches orangées, crème, rosées, brunâtre, etc.) (MCSWEENEY, 2002).

c. Défauts de saveur et d'arôme

L'amertume est un défaut de saveur relativement fréquent dans divers types de fromage notamment les pâtes molles. Le défaut peut avoir plusieurs origines, mais il est le plus souvent dû à l'accumulation de peptides de petites tailles qui proviennent de la protéolyse. (MCSWEENEY, 2002).

Le goût de rance apparaît lorsqu'il y a une lipolyse excessive donnant naissance à une quantité élevée d'acides gras libres à chaînes courtes et moyennes. (AHADDAD et KASMI, 2013).

*PARTIE
EXPERIMENTALE*

MATERIEL

ET

METHODES

L'objectif du travail

Notre travail consiste à l'étude de l'influence de la modification des ferments lactiques sur la qualité du produit afin de proposer à l'industriel une meilleure recette pour un produit de bonne qualité afin de satisfaire les exigences du consommateur. Ce travail a été réalisé au sein de l'atelier de fabrication fromagère à l'unité industrielle « LA VALLEE ».

I. Lieu et période de stage

Notre travail a été mené durant la période allant de Février à Mai 2019, à la laiterie « LA VALLEE » localisée dans la région de Tazmalt (wilaya de BEJAIA).

II. 1. Matériel et réactifs

II. 1. 1. Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques

- Acido-mètre (GERBER) ;
- pH mètre (HANNA) ;
- butyromètre (FUNKE GERBER) ;
- Balance analytique (SARTORIUS) ;
- Bain marie (GEERBER) ;
- Bêchers ;
- Burette hydrométrique (ISOLAB) ;
- Thermolactodensimètre (FUNKE GERBER Berlin) ;
- Dessiccateur (SIMAX) ;
- Centrifugeuse (FUNKE GERBER) ;
- Etuve (P. SELECTA) ;
- Thermomètre (ISOLAB) ;
- Capsule en verre et en aluminium.

✓ Réactifs utilisés

- Acide sulfurique (densité =1,52g/cm³) ;
- Alcool iso-amylque ;
- Phénophtaléine ;
- Hydroxyde de sodium (NaOH).

II. 1. 2. Matériel et milieux de culture utilisés pour les analyses microbiologiques

✓ **Matériel utilisé pour les analyses microbiologiques**

- Anse de platine ;
- Pipette ;
- Boite de pétri ;
- Bec bunsen ;
- Etuve ;
- Lame.

✓ **Milieux de culture**

- Gélose Désoxycholate ;
- Gélose Chapman ;
- Gélose PCA ;
- Eau oxygénée ;
- Milieu beta star combo.

II. 1. 3. Matériel utilisé au cours de la production

Le matériel expérimental qu'on a utilisé est le même que le matériel industriel utilisé dans la production standard.

❖ **Matériel industriel**

- ✓ Tank de stockage et de maturation ;
- ✓ Cuve de coagulation ;
- ✓ Moules, claies et rehausses ;
- ✓ Bain de saumure ;
- ✓ Découpeurs.

II. 1. 4. Ferments utilisés dans la fabrication du camembert

Les ferments utilisés par l'industrie « LA VALLEE » dans la fabrication du camembert sont des ferments industriels d'acidification (tableau 06) en association avec des ferments d'affinage (tableau 08) pour ensemencement direct du lait. Ces ferments sont commercialisés généralement dans des sachets en aluminium imperméables à l'eau et à l'air.

Tableau 06 : Ferments utilisés par l'industrie lors de la production standard (C)

Référence du ferment	Fabricant	Description
Flora Danica	Chr. Hansen	Flora Danica est une culture mésophile. Cette culture contient : <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Lactococcus lactis subsp. Cremoris</i> ✓ <i>Leuconostoc</i> ✓ <i>Lactococcus lactis subsp. Lactis</i> ✓ <i>Lactococcus lactis subsp. Lactis biovar diacetylactis</i>
ST-B01	Chr. Hansen	Souche thermophile de <i>Streptococcus thermophilus</i> .
Geo 17 Lyo(10D)	Danisco	<i>Geotrichum candidum</i> s'installe très rapidement à la surface des fromages et facilitant l'implantation du <i>Penicillium candidum</i> .

Nous avons réalisé trois essais de 500 litres de lait/ essai, en utilisant trois ferments (M229, TPM et GC041) dispensés par le groupe BIOPROX (sociétés françaises créée en 2004), ces derniers ont été utilisé (tableau 07) en association avec d'autres ferments d'affinage cités dans le tableau 08. Ces essais sont réalisés dans le but d'avoir une qualité meilleure par rapport au produit standard en cours de commercialisation, en changeant quelques paramètres tel que la température, la concentration de la présure et le nombre des retournements.

Tableau 07 : Ferments utilisés lors de nos essais (A), (B) et (D)

Ferment	Description
M 229 (50U)	Une culture mésophile qui contient : <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Lactococcus lactis subsp. Cremoris</i> qui contribue à l'acidification ✓ <i>Lactococcus lactis subsp lactis var diacetylactis</i> qui contribue à l'aromatisation du produit ✓ <i>Leuconostoc cremoris</i> qui est un ferment aromatisant et gazogène
TPM 2 (50U)	Souche thermophile lyophilisée de <i>Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus</i>
GC 041 (20U)	Moisissure de <i>Geotrichum candidum</i> sous forme liquide. L'avantage de l'utilisation d'une culture liquide est la rapidité de la croissance du <i>Geotrichum candidum</i> par rapport à une culture lyophilisée permettant ainsi une meilleure protection contre le poil de chat.

Tableau 08: Ferments d'affinage

Ferments	Fournisseur	Caractère
Pc 12 Lyo (20D)	Danisco	Culture de maturation et d'affinage composée de spores de moisissures blanches de <i>Penicillium candidum</i> pour Camembert.
Pc neige Lyo (10D)	Danisco	Culture de maturation et d'affinage composée de spores de <i>penicillium candidum</i>
Pc SAM 3 (10D)	Danisco	Culture d'affinage constitué de spores <i>Penicillium candidum</i> .
DH Lyo (10D)	Chr. Hansen	<i>Debaryomyces hansenii</i> , levure d'affinage donne une coloration crème. Croissance en surface. Aromatisation : fromage affiné
MVA Lyo (10D)	Chr. Hansen	<i>Micrococcus varians</i> , Microcoques d'affinage.

Effets attendus des ferments

- ✓ **Flora Danica** : Une culture aromatique, acidifiante et légèrement gazogènes, utilisée pour acidifier le lait et ajouter un goût complet au camembert, ce qui en fait un excellent choix lorsqu'un fromage à texture plus légère est souhaité.
- ✓ **ST-B01** : Caractérisé par une production modérée d'acide lactique et leur faible acidification.
- ✓ **PC12** : Permet une couverture mycélienne stable jusqu'à la date limite de consommation du fromage, pas de défaut de goût, blancheur et homogénéité de la croûte sur les faces.
- ✓ **PC SAM 3** : Il est particulièrement adapté pour lutter contre les pollutions par mucorales « Souche anti-mucor » ; il donne un aspect blanc et stable au vieillissement sous le papier d'emballage avec une activité enzymatique protéolytique et lipolytique et assure la production d'arôme.
- ✓ **PC NEIGE** : Il présente une couverture dense d'épaisseur plus grande de la croûte par rapport au PC 12 et PC SAM3, ce ferment assure l'aromatisation du camembert, l'inhibition des contaminations et une activité protéolytique modérée enzymatique.

Penicillium candidum utilisé en association avec *Geotrichum candidum* permettant un excellent contrôle de la protéolyse dans les fromages comme le camembert.

- ✓ **GEO 17** : Il permet une désacidification rapide, l'activité enzymatique est faible par rapport au *Penicillium candidum*, mais il a un rôle considérable sur l'arôme et le goût du fromage et améliore l'aspect final du fromage : protéolyse limitée (moins d'ammoniac).
- ✓ **MVA** : présente une activation et régularité des ferments lactiques et contribue à l'amélioration de la texture et de l'arôme des fromages.
- ✓ **DH** : Une levure qui donne une coloration crème de la croûte. Elle a une durée de croissance rapide en surface, une capacité de neutralisation rapide et inhibition de la croissance de contaminants fongiques indésirables.
- ✓ **TPM 2** : Une culture thermophile, permet une acidification rapide et régulière avec une bonne stabilisation du pH pour les pâtes molles.
- ✓ **M 229** : Une culture mésophile hétérofermentaire qui permet une acidification rapide, contribue à la texture de la pâte du fromage
- ✓ **GC 041** : Il permet une désacidification rapide de la croûte avec une production d'un mycélium blanc ras et favorise le développement des autres ferments d'affinage comme *Penicillium*. Il contribue à l'aromatisation du fromage.

II. 2. Analyses du lait

II. 2. 1. Analyses physico-chimiques du lait

Les analyses physico-chimiques sont effectuées dans le but de vérifier la composition et la qualité physico-chimique des produits en analysant la matière première «lait cru et pasteurisé» utilisé dans la fabrication du camembert.

II. 2. 1. 1. Détermination de l'acidité

Principe

L'acidité titrable du lait déterminée est exprimée conventionnellement en degré Dornic en réalisant un titrage par la soude NaOH en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré qui indique la limite de neutralisation par changement de la couleur en rose pâle.

Mode opératoire

- ✓ Remplir la burette de la solution de NaOH (N/9), régler le niveau du liquide à Zéro

- ✓ Peser 10g du lait dans un petit bécher avec l'ajout de 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine
- ✓ Faire le titrage jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle ;
- ✓ Noter le volume de la chute de burette ;
- ✓ Calculer l'acidité selon la loi suivante :

$$\text{Ac lait} = V_{\text{de la chute de la burette}} (\text{g/kg}) = V_{\text{de la chute de la burette}} * 10 (\text{°D})$$

N.B : Le degré Dornic est une unité de mesure d'acidité de lait du nom de Mr. Dornic ancien directeur de l'école d'industrie laitière. 1°D correspond à 0.1g d'acide lactique par litre de lait. Un lait est considéré comme frais lorsqu'il a une valeur inférieure ou égale à 18°D.

II. 2. 1. 2. La masse volumique (densité)

La densité nous renseigne sur le taux des matières solides et sur la viscosité de la solution. La densité du lait dépend de tous ses constituants. Elle permet de soupçonner le mouillage ou l'écémage du lait.

Principe

La densité est déterminée à l'aide d'un Thermolactodensimètre étalonné. Il donne la densité de l'échantillon à analyser dans lequel il flotte.

Mode opératoire

- ✓ Verser le lait dans une éprouvette en évitant la formation des mousses
- ✓ Introduire le Thermolactodensimètre dans l'éprouvette et le laisser se stabiliser ;
- ✓ Effectuer la lecture de la masse volumique et de la température.

Lecture des résultats

On calcule la densité selon la température du lait en utilisant deux règles:

- Quand la température du lait est inférieure à 20°C, la Masse volumique est égale à la valeur lue sur le lactodensimètre moins 20 °C moins la température mentionnée aussi sur le lactodensimètre et les tous est multiplié fois une valeur d'erreur ou d'incertitude qui est 0.0002.
- $MV = \text{lecture} - (20^{\circ}\text{C} - \text{température du lait mesuré par lactodensimètre}) * 0.0002$
à la valeur lue sur le lactodensimètre plus la température mentionnée aussi sur le

lactodensimètre moins 20 °C et le tous est multiplié fois une valeur d'erreur ou d'incertitude qui est 0.0002.

$$MV = \text{lecture} + (\text{température du lait mesuré par lactodensimètre} - 20^{\circ}\text{C}) * 0.0002$$

II. 2. 1. 3. Test de stabilité

C'est un test de confirmation utilisé en cas de doute de faux résultats de l'acidité du lait.

Mode opératoire

Mettre une quantité du lait à une température de l'ébullition sur une plaque chauffante.

Lecture des résultats

- Présence d'une seule phase : lait stable.
- Présence de deux phases : lait non stable (caillé).

II. 2. 1. 4. Test de présence d'antibiotique (ATB)

Les résidus des antibiotiques dans le lait présentent des risques directs ou indirects pour le consommateur, ils peuvent détruire la flore laitière notamment la flore lactique et supprimer ainsi la fermentation lactique. Pour tester la présence des antibiotiques, nous avons utilisé un appareil « le Beta Star Combo ».

Mode opératoire

- ✓ Mettre en marche l'appareil (Beta Star Combo) jusqu'à l'atteinte la température de 47,5°C ;
- ✓ Appuyer sur le bouton (Reset) 2 fois ;
- ✓ Mettre le milieu de culture dans l'appareil pendant 2 min.
- ✓ Appuyer sur le bouton (Reset) 2 fois ;
- ✓ Ajouter 200 µl de lait à l'aide d'une micropipette ;
- ✓ Laisser agir pendant 3 min.
- ✓ Faire la lecture avec les bandelettes Beta Star Combo.

Lecture des résultats

- 3 traits : Absence d'antibiotique.
- 2 traits : Présence d'antibiotique.

II. 2. 1. 5. Détermination du pH

Principe

Le pH est une mesure des ions H^+ dans une solution. Il permet de déterminer l'acidité du lait mesurée par le pH-mètre. La valeur du pH indique l'état de fraîcheur ou la stabilité du lait.

Mode opératoire

- ✓ Verser un petit volume du lait dans un bécher ;
- ✓ Introduire la sonde du pH mètre dans le lait à analyser ;
- ✓ Lire la valeur du pH et de la température affichées sur l'écran.

II. 2. 1. 6. Mesure de la matière grasse (MG)

Principe

La mesure de la matière grasse est basée sur la séparation de la matière grasse du lactosérum dans un butyromètre. Après la dissolution des protéines par l'addition de l'acide sulfurique, la séparation de la matière grasse par centrifugation dans butyromètre. La séparation étant favorisée par l'addition de l'alcool iso-amylque, les gouttelettes de graisse se réunissent et se sépare en une couche jaune claire transparente et la lecture se fait directement sur l'échelle du butyromètre.

Mode opératoire

- ✓ Mettre 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre ;
- ✓ Ajouter 11 ml du lait dans butyromètre ;
- ✓ Ajouter 1 ml d'alcool iso-amylque ;
- ✓ Boucher le butyromètre à l'aide d'un bouchon sec ;
- ✓ Agiter le butyromètre pour mélanger le lait, l'acide et l'alcool;
- ✓ Centrifuger le butyromètre pendant 5min (à 1200 tours/minute) ;

Lecture des résultats :

La teneur en matière grasse du produit exprimée est déterminée par l'expression suivante :

$$MG = N1 - N2$$

Où :

N1: la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne du butyromètre.

N2 : la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne du butyromètre

Pour le lait, la valeur obtenue de la matière grasse sur le butyromètre gradué est multiplié fois 10.

II. 2. 1. 7. Détermination de l'extrait sec total (EST)

Principe

L'extrait sec total est déterminé à l'aide d'un dessiccateur. Le principe consiste à sécher l'échantillon par évaporation d'une certaine quantité du lait et contrôler en continu le poids à l'aide d'une balance intégrée. Le pourcentage d'humidité ou de solide est calculé par la différence entre le poids humide initial et le poids sec final.

Mode opératoire

- ✓ Peser la capsule en aluminium vide sur une balance analytique (T) puis tarer ;
- ✓ Etaler une quantité du lait sur toute la surface de la capsule et la peser (E) ;
- ✓ Mettre la capsule dans une étuve à $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ pendant 3h ;
- ✓ Mettre la capsule dans un dessiccateur pendant 5min ;
- ✓ Peser la capsule sèche (E1).

Lecture des résultats

Cette teneur de la matière sèche est exprimée en pourcentage, est calculé selon formule suivante:

$$\text{EST} = \frac{E1 - T}{E} * 100$$

E : le poids de l'échantillon

E1 : le poids de l'échantillon après dessiccation

T : poids de la capsule vide

II. 2. 1. 8. Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD)

Le pourcentage de la matière sèche dégraissée est obtenu par différence entre la matière sèche totale et la matière grasse.

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{MG}$$

ESD : extrait sec dégraissée ; **EST** : extrait sec total ; **MG** : matière grasse.

II. 2. 2. Analyses bactériologiques du lait pasteurisé

Dans l'analyse bactériologique du lait, le dénombrement des germes recherchés est fait selon les prescriptions du Journal Officiel De La République Algérienne N°39 (2017).

II. 2. 2. 1. Dénombrement des entérobactéries

Le dénombrement se fait selon la méthode double couches :

- ✓ Introduire 1 ml de la solution mère dans une boîte de pétri stérile ;
- ✓ Verser la gélose VRBG liquéfiée sur l'échantillon et faire l'homogénéisation par le mouvement de 8
- ✓ Laisser quelques instants pour que le mélange se gélifie ;
- ✓ Ajouter une deuxième couche de la gélose Desoxycholate ;
- ✓ Incuber à 37°C pendant 24h

Lecture des résultats

- ✓ Apparition des colonies roses indique la présence des entérobactéries.
- ✓ Absence des colonies roses indique l'absence des entérobactéries.

II. 2. 2. 2. Dénombrement des germes aérobies à 30°C

Le dénombrement se fait par l'ensemencement en masse :

- ✓ Introduire 1 ml de la solution mère dans une boîte de pétri stérile ;
- ✓ Verser la gélose PCA liquéfier sur la dilution et faire l'homogénéisation par le mouvement de 8 ;
- ✓ Laisser les mélanges se gélifier et incuber à 30°C pendant 24h.

Lecture des résultats

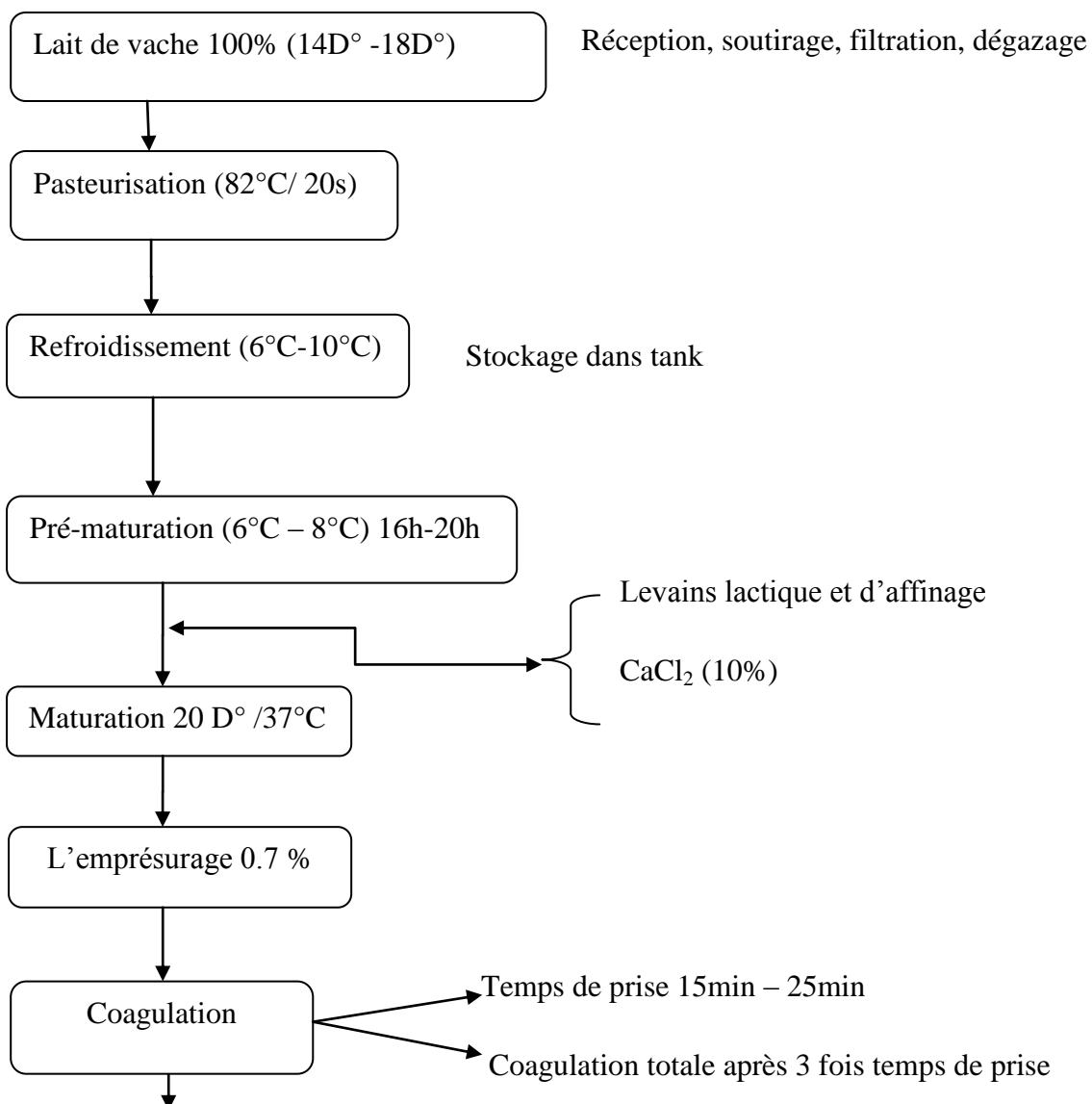
- ✓ L'Apparition des colonies blanches indique la présence des germes aérobies.
- ✓ Compter les colonies.
- ✓ Diviser le nombre trouvé (N) sur le volume ensemencé (Ve) :

$$n = N * D / Ve$$

Dans ce cas D = la dilution est égale à 1 puisqu'on a fait l'ensemencement de la solution mère.

II. 3. Fabrication d'un fromage à pâte molle type camembert

Les différentes étapes de la fabrication du camembert sont illustrées dans le diagramme ci-dessus (figure n°06).



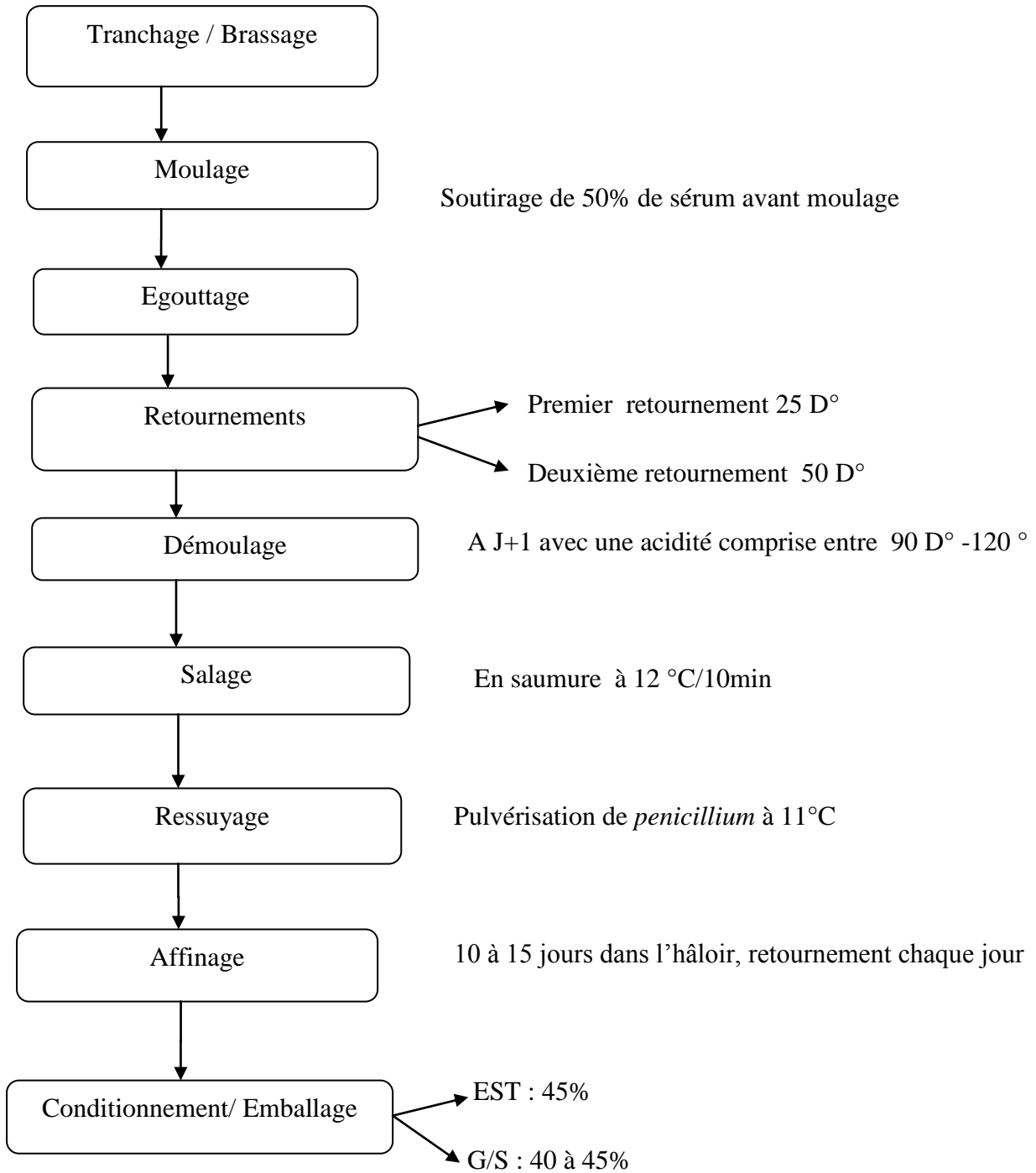


Figure 06 : Diagramme de fabrication de fromage à pâte molle type camembert.

Lors de nos essais, nous avons modifiés plusieurs paramètres, ces derniers sont résumés dans le tableau 09 en comparaison avec les valeurs standards utilisées habituellement par le fabricant.

Tableau 09: les principales différences des paramètres de productions des quatre fromages.

Paramètres	1 ^{er} essai (A)	2 ^{eme} essai (B)	3 ^{eme} essai (D)	Produit standard (C)
Pasteurisation	82 °C pendant 20 secondes			
Acidité lait pasteurisé	16 D°	17.2 D°	16 D°	17.6 D°
Température	39 °C	39 °C	39 °C	37 °C
Présure	0.9 %	2 %	2.3 %	0.7 %
Les retournements	5	5	5	2

II. 3. 1. Réception du lait de vache

Le lait utilisé pour la production provenait des éleveurs de la région de TAZMALT, transporté par deux collecteurs dans des citernes isothermes. Dès sa réception, il subit une série d'analyses physicochimiques préalables pour contrôler sa composition et sa qualité afin d'accepter ou de refuser sa réception tel que la mesure d'acidité, le test de stabilité et le test d'antibiotiques.

II. 3. 2. Traitement du lait

Après sa réception, la première étape consiste au soutirage et filtration le lait (filtre physique et filtre bactériologique), puis l'élimination des mauvaises odeurs et gaz par le dégazeur. La préparation du lait consiste à le pasteuriser à une température de 82°C pendant 20sec puis le refroidir à 6°C pour le stocker de 16h à 24h.

II. 3. 3. Maturation et ensemencement

- **Production standard :** Le lait est réchauffé à 37°C puis ensemer avec des ferments lactiques à un pourcentage de 40% des ferments mésophiles et 60% des ferments thermophile, des ferments d'affinages et le CaCl₂ à 10% avec le contrôle de l'acidité titrable jusqu'à ce qu'elle atteint 20D°.
- **Notre essais :** Dans les trois essais, le lait est réchauffé à 39°C puis ensemer avec des ferments lactiques à un pourcentage de 50% des ferments mésophiles et 50% des ferments thermophile, des ferments d'affinages et le CaCl₂ à 10% avec le contrôle de l'acidité titrable jusqu'à ce qu'elle atteint 18D°.

II. 3. 4. Coagulation

- ✓ **Production standard :** L'acidité du lait à l'emprésurage est 20°D avec un pourcentage 0.7% de coagulase.
- ✓ **Essai I :** L'acidité du lait à l'emprésurage est 18°D avec un pourcentage 0.9% de coagulase.
- ✓ **Essai II :** L'acidité du lait à l'emprésurage est 18°D avec un pourcentage 2% de coagulase.
- ✓ **Essai III :** L'acidité du lait à l'emprésurage est 18°D avec un pourcentage 2.3% de coagulase.

II. 3. 5. Tranchage et brassage

Après la coagulation, le caillé est découpé en petit cube de côté à l'aide d'un tranchecaillé pour libérer le lactosérum. Nous avons éliminé 1/2 du lactosérum superficiel.

Le brassage est effectué à l'aide d'un brossoir, on peut aller de 2 à 3 brassages si le caillé est plus ferme.

II. 3. 6. Moulage et égouttage

C'est une étape qui consiste à éliminer le lactosérum emprisonné avec plusieurs retournements périodiques à l'aide des claies posées sur les rehausses.

Nous avons réalisé un nombre varié de retournements (tableau 9) à différentes valeurs d'acidité pour chaque camembert afin de pouvoir déterminer sa relation avec les paramètres physico-chimiques et la qualité du produit fini.

Le Démoulage se fait après 24h (J+1) de la fabrication, l'acidité du sérum est de 95D° à 105°D.

II. 3. 7. Saumurage

Après le démoulage, dans une solution de saumure de 20% de sel de table (NaCl) qui a une température de 12°C, plonger les pièces du fromage pendant 10 min ; puis laisser s'égoutter pendant 2h.

II. 3. 8. Affinage

C'est une période de maturation pendant laquelle les propriétés organoleptiques se développent grâce à des différentes réactions biochimiques de la flore interne et externe.

La durée d'affinage est d'une durée de 13 jours pour la production standard, mais dans nos essais nous avons choisis de varier cette durée afin de voir sa relation avec le développement de la croûte, la texture de la pâte et le degré d'acidité :

- ✓ **Essai I** : l'affinage a duré 10 jours
- ✓ **Essai II** : l'affinage a duré 12 jours
- ✓ **Essai III** : l'affinage a duré 14 jours
- ❖ **Pulvérisation**

Dans une chambre aérée à 15°C et à une humidité 85%, les pièces du fromage de la production standard, essai I et essai II sont pulvérisées de toutes les surfaces par une solution contenant *Penicillium camemberti*. Par contre, l'essai III n'était pas pulvérisé.

II. 3. 9. Conditionnement

Lorsque la croûte est suffisamment développée, après avoir obtenu des résultats d'analyses physicochimiques et bactériologiques satisfaisants, le conditionnement des pièces est réalisé avec un papier cellulosique puis en boîte en cartonne. L'affinage est complété dans l'emballage au cours du stockage.

II. 4. Analyse du fromage à pâte molle type camembert

II. 4. 1. Analyse physicochimique du produit fini

Les analyses physico-chimiques contribuent à la protection du consommateur pour tous les paramètres qui n'entraînent pas de modifications visibles des caractéristiques du produit et à la vérification de la composition et la qualité physico-chimique des produits en analysant le produit fini « camembert ».

II. 4. 1. 1. Détermination du pH

Le dosage de pH est effectué par un pH mètre, on l'introduit directement au cœur des pièces de fromage.

❖ Mode opératoire

- ✓ Mettre la sonde du pH mètre dans le centre de la demi-pièce codée ;
- ✓ Attendre la stabilisation de l'instrument pour faire la lecture du pH et de la température sur l'écran.

L'expression des résultats s'effectue par une simple lecture directe sur l'écran du pH-mètre.

II. 4. 1. 2. Détermination de l'extrait sec

La détermination est faite à l'aide d'un dessiccateur infrarouge. Le principe consiste à sécher l'échantillon par l'émission de radiations infrarouges et à contrôler en continu le poids à l'aide d'une balance intégrée.

Mode opératoire

- ✓ Prendre une pièce de chaque essai ;
- ✓ Eliminer la croûte du camembert ;
- ✓ Couper et prendre le centre de la pièce ;
- ✓ Broyer une quantité de fromage à l'aide d'un mortier ;
- ✓ Peser la capsule en verre vide sur une balance analytique (T) puis tarer ;
- ✓ Etaler 2g du fromage sur toute la surface de la capsule et la peser (E) ;
- ✓ Mettre la capsule dans une étuve à 100°C pendant 3h ;
- ✓ Mettre la capsule dans un dessiccateur pendant 5min ;
- ✓ Peser la capsule sèche (E1).

Expression des résultats

La quantité de la matière sèche est identifiée en pourcentage suivant la formule:

$$\text{EST} = \text{E1} - \text{T/E} * 100$$

II. 4. 1. 3. Taux d'humidité :

L'EST qui est soustrait de 100 % donne l'humidité exprimée également en pourcentage :

Pour calculer e taux de l'humidité on utilise la formule suivante :

$$\text{H}\% = 100 - \text{EST} (\%)$$

II. 4. 1. 4. Détermination de la teneur en matière grasse

La méthode est basée sur la technique conventionnelle d'acido-Butyrométrie de Van Gulik.

Le principe de cette méthode est basé sur la dissolution de caséine des protéines de la matière grasse à doser par l'acide sulfurique. Sous l'influence d'une force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une faible quantité d'alcool iso-amylique, la matière grasse se sépare en couche claire dont la lecture directe sur l'échelle du butyromètre.

❖ Mode opératoire

- ✓ Garnir la cloche du butyromètre par 3g de Camembert codée et broyé ;
- ✓ Ajouter l'acide sulfurique jusqu'au bout, boucher le butyromètre à l'aide d'un bouchon sec et l'homogénéiser doucement ;
- ✓ Mettre le butyromètre dans un bain marin à 70°C pendant 1h ou jusqu'à la dégradation de la matière organique ;
- ✓ Ajouter 1 ml d'alcool iso-amylique ;
- ✓ Boucher le butyromètre à l'aide d'un bouchon sec ;
- ✓ Agiter le butyromètre pour mélanger le camembert, l'acide et l'alcool pour favoriser l'attaque de l'acide ; au début du mélange, l'acide coagule les caséines. Agiter pour dissoudre le caillé (retourner le butyromètre) ;
- ✓ Centrifuger le butyromètre pendant 5min (à 1200 tours/minute) ;
- ✓ Lire la matière grasse sur le butyromètre gradué puis multiplier le résultat obtenu fois 10.

II. 4. 2. Analyse microbiologique du fromage à pâte molle type camembert

L'objectif de l'analyse microbiologique est d'évaluer la qualité microbiologique des échantillons prélevés par recherches et dénombrements microbiens et de s'assurer si le produit est propre ou non à la consommation. Selon les prescriptions du Journal Officiel de la République Algérienne N°39 (2017), les germes recherchés et dénombrés pour cette denrée sont :

- ✓ Les *staphylococcus aureus*.
- ✓ Les coliformes totaux

Les analyses microbiologiques nécessitent une préparation rigoureuse de l'échantillon à analyser en respectant les règles d'asepsie dont le but d'éviter toute contamination,

II. 4. 2. 1. Echantillonnage et préparation des dilutions

Cinq échantillons ont été prélevés de chaque essai aux stades suivants :

- ✓ introduction du fromage au hâloir pour affinage (stade : J +1) ;
- ✓ après 10 jours d'affinage = (J + 10).

Les échantillons du camembert ont été récupérés dans des sachets stériles, puis transportés dans une glacière au laboratoire pour être analysés. Ils ont été découpés en 4 secteurs à l'aide d'une spatule stérile, ce qui permet de prélever de l'intérieur du fromage.

La préparation de la solution mère de fromage consiste à homogénéiser 10 g de fromage avec 90 ml d'eau physiologie dans un tube stérile, elle correspond alors à la dilution 1/10 ou 10^{-1} . A partir de cette dilution, Introduire aseptiquement 1 ml dans un tube stérile contenant 9 ml de l'eau physiologique, c'est la dilution 1/100 ou 10^{-2} . Ainsi de suite jusqu'à la dilution 10^{-6} .

II. 4. 2. 2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux

La recherche des coliformes totaux comme microorganismes marqueurs d'une contamination fécale pour les fromages est la plus approprié. Ils se caractérisent par leur aptitude à fermenter plus ou moins le lactose.

Le dénombrement a été fait selon la méthode double couches :

- ✓ Introduire 1 ml de la solution mère dans une boîte de pétri neuve et stérile ;
- ✓ Verser la gélose Desoxycholate liquéfiée sur la dilution 10^{-2} et faire l'homogénéisation par le mouvement de 8 ;
- ✓ Laisser le mélange se gélifier ;
- ✓ Ajouter la deuxième couche de la gélose Desoxycholate ;
- ✓ Incuber à 44°C pendant 24h.

Les colonies caractéristiques des coliformes sont roses.

II. 4. 2. 3. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

La recherche a été faite par l'ensemencement en surface :

- ✓ Prendre deux gouttes de la solution mère à l'aide d'une anse de platine ;
- ✓ Etaler en stries sur des boites de pétri contenant un milieu de Chapman ;
- ✓ Incuber les boites à l'étuve pendant 24 heures à 37°C.

Les espèces *Staphylococcus aureus* se caractérisent par des colonies dorées bombées entourées d'un halo jaune qui est dû à l'utilisation du mannitol avec acidification du milieu et virage de l'indicateur « le rouge de phénol » du rouge au jaune.

❖ Identification biochimique:

En plus des caractères morphologiques, l'identification est aussi effectuée sur la base de quelques caractères biochimiques.

- **Test de catalase :**

C'est un test confirmatif permet de différencier les staphylocoques des streptocoques.

Mode opératoire

- ✓ Prélever une petite quantité de culture bactérienne à l'aide d'une pipette Pasteur déposée sur une lame;
- ✓ Ajouter 1 goutte de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) ;
- ✓ Faire réagir la colonie.

Une réaction positive se traduit par une effervescence.

II. 5. L'évaluation sensorielle

L'objectif de cette analyse consiste à donner le profil sensoriel global du fromage en demandant à un groupe de personne composé d'enseignants, étudiants de différents niveaux et les membres de nos familles d'établir un jugement qualitatif ainsi que classer ce produit selon les critères décrits dans la fiche de dégustation (voir en annexe).

Les quatre essais de lait ont été codés avec les lettres A, B, C et D:

- ✓ A, B et D représentent les produits issus de nos essais.
- ✓ C : produit standard.

Lorsque le dégustateur passe d'un échantillon à un autre, il doit se rincer la bouche avec de l'eau afin d'effacer le goût de l'échantillon précédent.

II. 6. L'analyse statique

Afin de comparer les valeurs obtenues en analysant les quatre fromages fabriqués, nous avons réalisé une étude statistique en utilisant le logiciel XLSTATS 2019.

Le niveau de signification (α) choisi est de 5%.

RESULTATS

ET

DISCUSSION

III. 1. Matière première

Plusieurs critères sont généralement utilisés pour identifier la qualité du lait, les critères microbiologique tel que le nombre et la nature des germes et les critères physicochimiques comme l'acidité, la densité, la tenue en matière grasse et l'extrait sec total,.....).

III. 1. 1. Résultats de l'analyse physico-chimique du lait cru

Les résultats obtenus ont été comparé aux valeurs appliquées par la fromagerie et ils sont résumés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Résultats de l'analyse physico-chimique de lait cru des quatre échantillons.

Paramètres	Ac	MV (g/ml)	MG (g/l)	Test stabilité	ATB
Valeurs appliquées par LA VALLEE	14 à 18	1.028 à 1.033	28 à 30	Stable	Négatif
Production standard (C)	18	1.027	33	Stable	Négatif
1 ^{er} essai (A)	16	1.028	30	Stable	Négatif
2 ^{eme} essai (B)	16.5	1.027	33	Stable	Négatif
3 ^{eme} essai (D)	16.5	1.027	32	Stable	Négatif

Ac : acidité, **MV** : masse volumique, **MG** : matière grasse, **ATB** : antibiotique.

Les résultats montrent que les valeurs étaient comprises entre 16 et 18°D pour l'acidité, 1.027 et 1.028 pour la masse volumique, entre 30 et 33g/l pour la matière grasse. Ces valeurs sont conformes aux valeurs appliquées par l'industrie pour l'utilisation de lait cru de vache dans la technologie de fabrication fromagère et plus particulièrement le camembert.

III. 1. 1. 1. Acidité

Les valeurs d'acidité initiale du lait cru sont illustrées dans la figure n°07 :

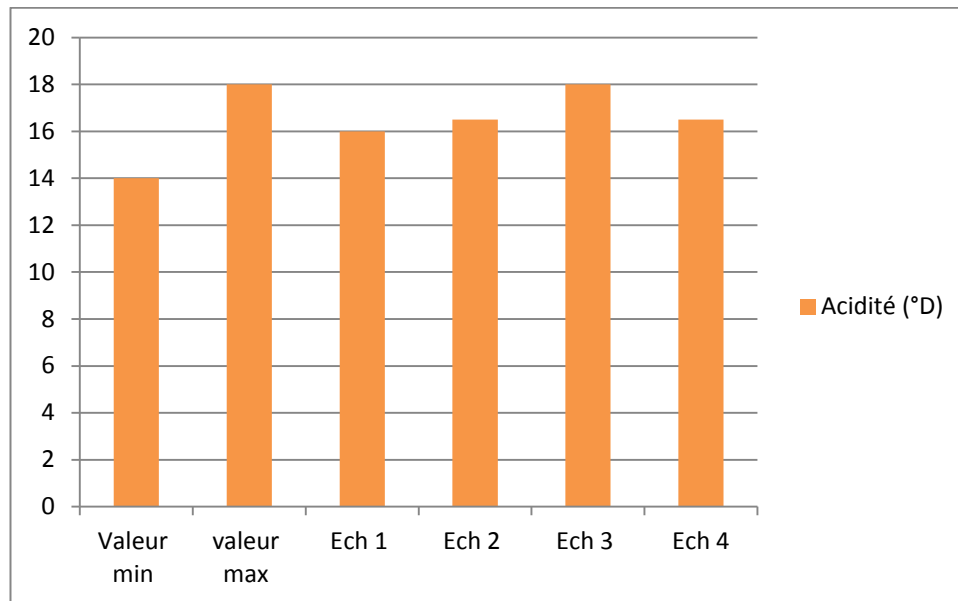


Figure 07 : Acidité du lait cru des quatre échantillons.

Les résultats montrent que l'acidité des quatre échantillons est comprise entre 16-18D°. Dès sa sortie du pis de la vache, le lait a une certaine acidité. Cette acidité est due principalement à la présence des protéines, surtout les caséines et les lactalbumines, de substances minérales telles que les phosphates et le gaz carbonique, ainsi que des acides organiques, le plus souvent l'acide citrique. Un lait frais normal a une acidité titrable de 16 à 18° degré Dornic. Dans les laits en voie d'altération, cette acidité titrable augmente en raison de la dégradation du lactose en d'autres acides en plus de l'acide lactique et des liquides (AMARIGLIO, 1986). Selon les valeurs enregistrées, le lait utilisé pour la fabrication des quatre fromages a une acidité qui correspond aux valeurs recommandées indiquant ainsi sa fraîcheur.

III. 1. 1. 2. Densité

Les valeurs trouvées sont résumées dans la figure 08.

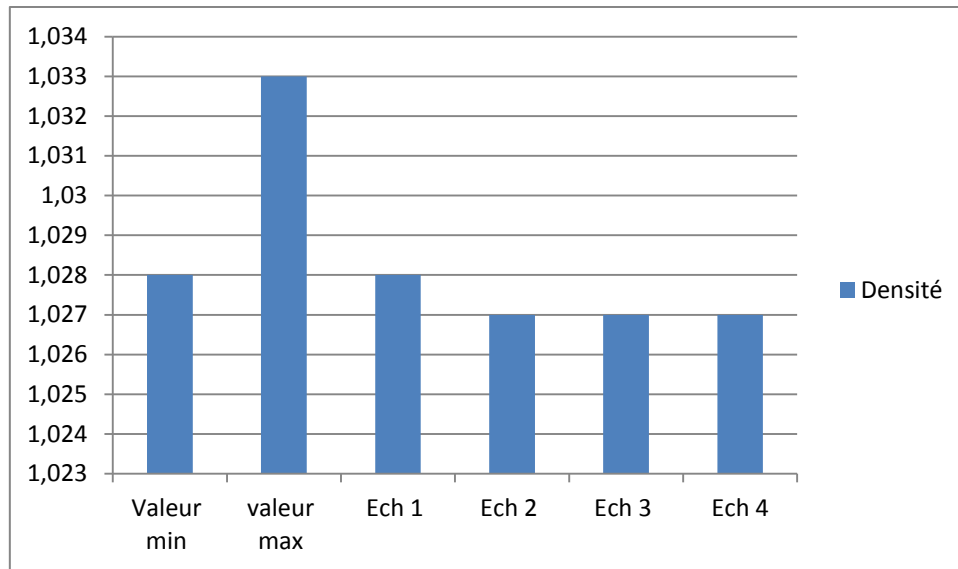


Figure 08 : Les valeurs de densité de lait pour les quatre échantillons.

Les valeurs de la densité des échantillons faisant l'objet de cette étude sont comprises entre 1.027 et 1.028 ce qui correspond aux valeurs appliquées par la laiterie.

La densité du lait n'est pas une valeur constante. A une température de 20°C, les valeurs moyennes peuvent être comprises entre 1,028 - 1,033. Deux facteurs de variation opposés déterminent la densité: la concentration des éléments dissous et en suspension (solide non gras) et la proportion de matière grasse.

La densité varie proportionnellement à la concentration des éléments dissous et en suspension mais varie de façon inverse à la teneur en graisse (ALAIS, 1984 ; BOUDIER et LUQUET ,1981). En effet, selon l'étude menée par Filipovitch (1954), sur des laits dont la densité se situe entre 1,030 et 1,032 ; en dehors de tout mouillage, la densité d'un lait varie selon sa richesse en matière sèche, et est inversement proportionnelle au taux de matière grasse. Ainsi l'écémage du lait conduit à une élévation de sa densité (LUQUET, 1985).

III. 1. 1. 3. Matière Grasse

Les résultats obtenus sont résumés dans la figure n°09.

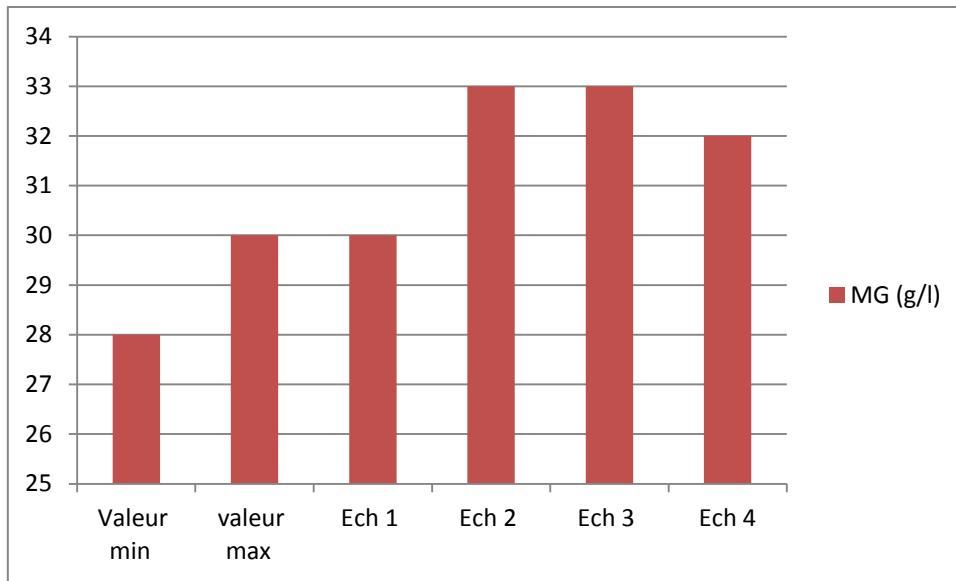


Figure 09 : La teneur en matière grasse du lait des quatre échantillons

La teneur en matière grasse des quatre échantillons varie entre 30 et 33 g/L, ce qui reste en conformité avec les valeurs appliquées par l'industrie (de 28 à 32 g/L).

D'après Lederer (1983), un lait de très bonne qualité contient 35-40g/l de matière grasse. Le lait utilisé dans nos essais présentait donc une teneur moyenne en matière grasse. La variation du tât de cette dernière peut être due à la race bovine exploitée et aux conditions d'élevage telles que le stade de lactation, l'alimentation (stratégie d'alimentation beaucoup plus basée sur les concentrés) et la traite (LUQUET, 1985).

III. 1. 1. 4. Test d'antibiotique

Les résultats du test d'antibiotiques sont résumés dans le tableau suivant n°11.

Tableau 11 : Les résultats du test d'antibiotique du lait cru.

Paramètre	Les valeurs appliquées par LA VALLEE	1 ^{er} essai (A)	2eme essai (B)	3eme essai (D)	Production standard (C)
Test ATB	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif

Nous remarquons que les laits crus de vache destinés à la fabrication du camembert sont tous caractérisés par une absence totale d'antibiotique, donc ce lait a une sélection bien affectée pour la fabrication du camembert.

Les résidus d'antibiotiques, surtout si ces substances sont appliquées localement pour le traitement des mammites. Leur présence dans le lait offre un double inconvénient. Ainsi, pour le consommateur, elle peut être responsable de phénomènes allergiques et cancérogènes (MITCHELL, 2005). Ils peuvent aussi être l'origine de l'inhibition totale ou partielle des phénomènes fermentaires d'origine bactérienne (MOREL, 1962 ; LEMAITRE, 1963)

III. 1. 1. 5. Détermination de la stabilité

Les résultats du test de stabilité obtenus pour nos les échantillons du lait analysés sont positifs, ce qui indique que les laits destinés à la production des camemberts sont stable à l'ébullition.

III. 1. 2. Résultats de l'analyse physico-chimique du lait pasteurisé

Les résultats de l'analyse physico-chimique du lait pasteurisé sont donnés dans le tableau n° 12.

Tableau 12 : Résultats de l'analyse physico-chimique du lait pasteurisé des quatre échantillons.

Paramètres	Ac	MV (g/ml)	EST (g/ml)	MG (g/l)	ESD (g/ml)
Valeurs appliquées par LA VALLEE	14 à 18	1.028 à 1.033	11 à 13	28 à 30	7 à 9
Production standard (C)	18	1.027	11.3	33	8.00
1^{er} essai (A)	16	1.028	11.2	30	8.80
2^{eme} essai (B)	16.5	1.028	11.8	33	8.50
3^{eme} essai (D)	16.5	1.027	11.6	32	8.40

Ac : acidité, **MV** : masse volumique, **MG** : matière grasse, **EST** : extrait sec totale.

III. 1. 2. 1. Extrait sec total

Les résultats de l'extrait sec total de lait pasteurisé sont donnés dans la figure n°10.

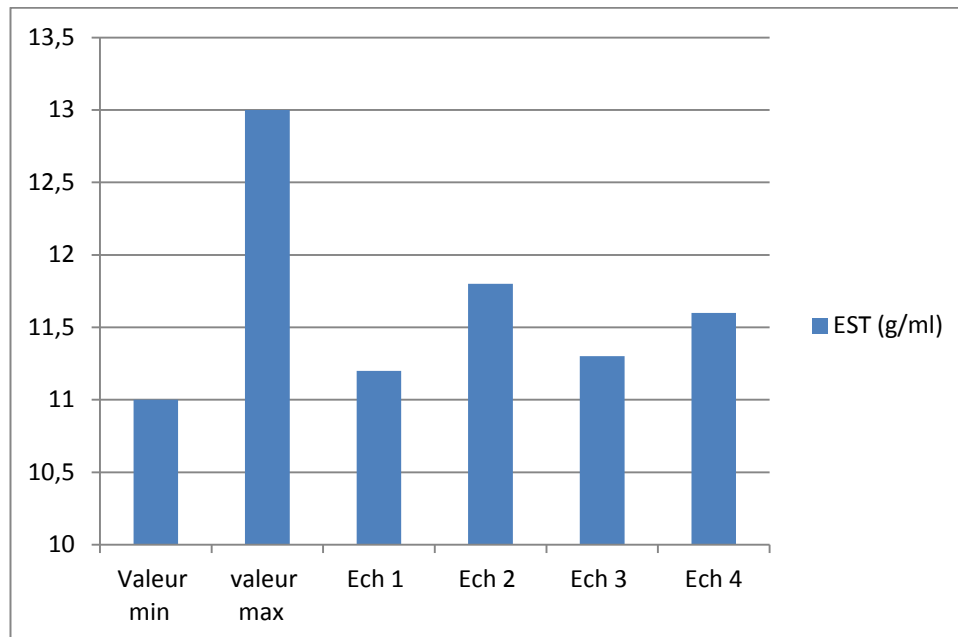


Figure 10 : Valeurs d'extrait sec total du lait des quatre échantillons

Les valeurs de l'extrait sec total des échantillons varient entre 11.2 et 11.8 g/ml. Ces dernières sont conformes aux valeurs appliquées par l'industrie.

Selon RESTON (1988), la variation de la teneur en extrait sec total d'un échantillon à un autre est peut être due à l'alimentation du bétail, puisque les éléments qui composent le lait proviennent de l'alimentation.

Les échantillons paraissent plus riche en matières sèches, selon DIAO (2000), cette augmentation ne traduit pas une aptitude de la vache à synthétiser plus de matière sèche, mais une concentration de matière fabriquée dans une quantité moindre de lait.

III. 1. 2. 2. Extrait sec dégraissée

Les résultats de l'extrait sec dégraissé de lait pasteurisé sont résumés dans la figure n°11

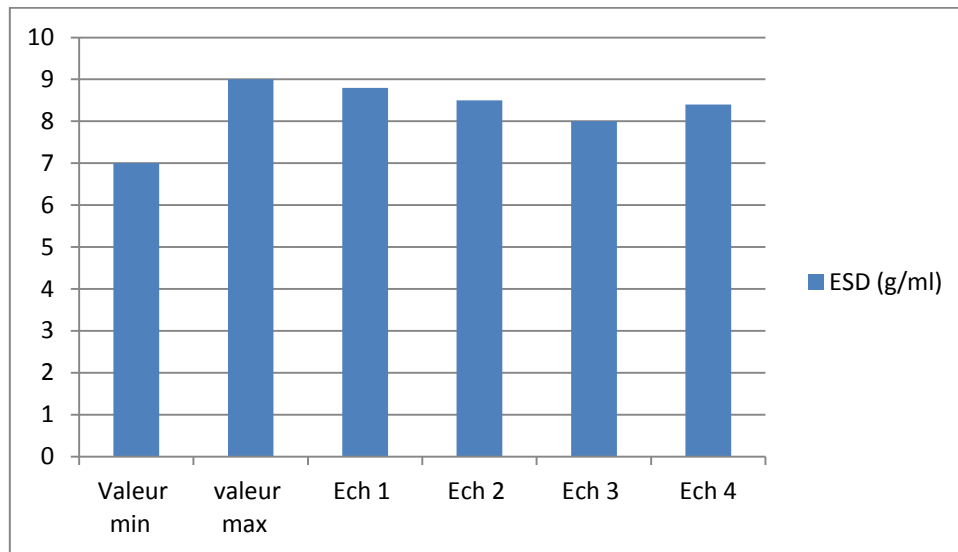


Figure 11 : Valeurs d'extrait sec dégraissé du lait des quatre échantillons

Le taux de l'extrait sec dégraissé exprime la teneur en éléments secs débarrassé de la matière grasse, beaucoup plus constante que la matière sèche totale, elle est presque toujours voisine de 9 g/ml (VEISSEYRE, 1975).

Les résultats obtenus de l'extrait sec dégraissé varient de 8.00 à 8.80 g/ml. Ils sont conformes aux valeurs appliquées par l'industrie.

Selon COUBRONNE *et al.*, (1980), les échantillons présentent un taux d'extrait sec dégraissé bas explique la richesse du lait en matière grasse. D'autre part les échantillons présentent un taux d'extrait sec dégraissé relativement élevé est probablement dû à certains facteurs tels que : la saison, l'état sanitaire et l'alimentation.

III. 3. Résultats des analyses microbiologiques du lait

Nous avons effectué des analyses microbiologiques sur le lait de vache pasteurisé afin de s'assurer la qualité hygiénique de ce produit.

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées sur le lait pasteurisé utilisé lors de nos expérimentations, ainsi que les normes utilisées par la laiterie, recommandées par le Journal Officiel de la République Algérienne n° 39 de l'année 2017 sont résumées dans le tableau 13.

. **Tableau 13** : Résultats des analyses bactériologiques du lait pasteurisé des quatre échantillons

Germe recherché	Norme	1^{er} essai (A)	2^{eme} essai (B)	3^{eme} essai (D)	Production standard (C)
<i>Entérobactéries</i>	<10	<10	<10	<10	<10
<i>Germes aérobies</i>	<10 ⁴	<10 ⁴	<10 ⁴	<10 ⁴	<10 ⁴

Le lait pasteurisé examiné contient une charge de germes aérobie inférieurs à 10⁴ avec une charge d'*Entérobactéries* aussi inférieurs à 10, ces résultats répondent aux normes de l'article 8 du décret exécutif n 15-172 du 8 Ramadhan 1436 correspondant au 25 juin 2015, susvisé dans le Journal Officiel De La République Algérienne n° 39, 2017, de ce fait, ce lait présente une qualité bactériologique relativement bonne et il est acceptable du point de vue hygiénique.

Cela confirme l'efficacité du traitement thermique et/ou la bonne qualité microbiologique du lait utilisé.

III. 2. Résultats obtenus lors de la production du fromage à pâte molle type Camembert

Dans cette partie, trois échantillons de fromages et une production standard ont été fabriqués. Le suivi de plusieurs paramètres a été réalisé tout au long du procédé de fabrication. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Résultats obtenus lors de la production des camemberts.

Paramètre	1 ^{er} essai (A)	2eme essai (B)	3eme essai (D)	Production standard (C)
Acidité lait pasteurisé	16 D°	16.5 D°	16.5 D°	18 D°
Maturation	60 min	35 min	45 min	180 min
Acidité début d'emprésurage	18 D°	18 D°	18 D°	20 D°
Température	39 °C	39 °C	39 °C	37 °C
Coagulase	0.9 %	2 %	2.3 %	0.7 %
Temps de prise	27 min	12 min	7 min	16 min
Temps de coagulation totale	90 min	30 min	15 min	45 min
Acidité tranchage	15 D°	12 D°	14 D°	18 D°
Acidité début de moulage	16 D°	14 D°	14 D°	19 °

III. 2. 1. Temps de maturation

Le temps de maturation obtenu pour chaque essai sont illustrés dans la figure n°12.

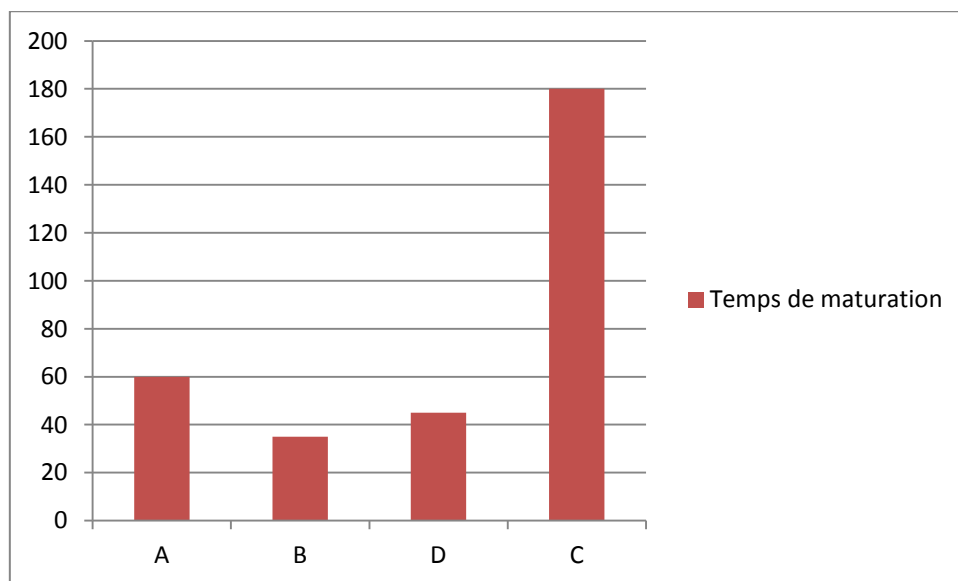


Figure 12 : Temps de maturation du lait des quatre essais

Cette étape de maturation consiste à ajouter des ferments lactiques afin de produire des acides lactiques. On laisse le lait reposer. Les bactéries préalablement développées, vont produire des acides lactiques. Ces acides vont permettre l'acidification du lait et favoriser la baisse du pH et vont interagir avec les enzymes lors de l'étape suivante qui est l'emprésurage, pour donner au lait une consistance solide (BECHENINE, 2017).

Les résultats montrent que le temps de maturation diffère d'un essai à un autre. Cela peut être dû au :

- ✓ Temps d'adaptation des ferments au milieu : Nous avons constaté que le temps de maturation lors de nos trois essais varie de 35 minutes à 60 minutes, nous pouvons dire que les ferments utilisés s'adaptent rapidement au milieu et commencent la fermentation lactique afin de produire l'acide lactique. Par contre les ferments utilisés dans la fabrication standard s'adaptent lentement au milieu et prennent du temps pour commencer la fermentation lactique et la production d'acide lactique.
De ce fait, nous pouvons dire que les ferments utilisés lors de nos expérimentations s'adaptent rapidement au substrat et sont plus acidifiants par rapport aux ferments de la production standard, ils fermentent le lactose en acide lactique très rapidement ce qui a provoqué l'augmentation de l'acidité en peu de temps et a été traduit par un temps de maturation plus bas par rapport à celui de la production standard.
- ✓ L'influence de la ration de chaque ferment (thermophile et mésophile) peut aussi être évoquée. Elle est intimement liée à la température du chauffage du lait cru qui favorise les ferments lactiques à se multiplier et produire de l'acide lactique. Lors du chauffage de lait à une température 39 °C, nous avons à la fois l'acidification par les ferments mésophiles (50%) et thermophiles (50%), mais à une température de 37 °C, nous avons une activité faible des ferments thermophiles ; ce qui pourrait expliquer aussi les résultats obtenus.

III. 2. 2. Effet de la concentration de la coagulase sur le temps de prise

La figure n°13 illustre l'effet de la concentration de la coagulase sur le temps de prise.

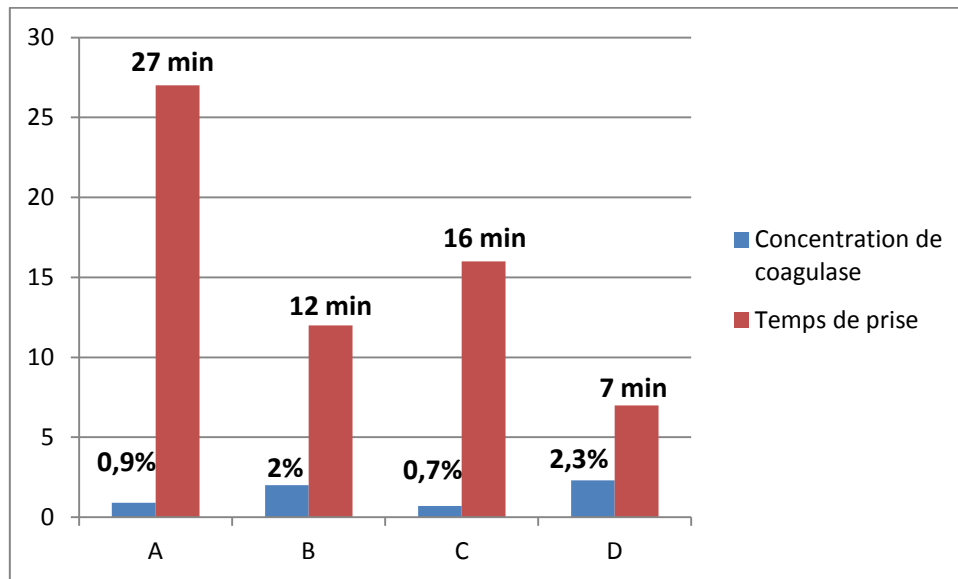


Figure 13 : Effet de la concentration de la coagulase sur le temps de prise.

Les résultats montrent que le temps de prise augmente en fonction de la concentration en coagulase.

L'activité de l'enzyme coagulante dépend de plusieurs paramètres : acidité, pH, température et concentration en calcium. Il existe une corrélation linéaire entre la concentration en présure et le temps de coagulation, ce dernier devenant plus court à mesure que la concentration en présure augmente (cas du troisième essai « D »). Le taux de raffermissement et la fermeté du gel augmentent quant à eux avec la concentration en présure (ST-GELAIS et TIRARD-COLLET, 2002).

L'influence de l'acidité est double. Tout d'abord, la chymosine s'active lors le milieu devient acide. L'acidification du lait améliore les propriétés de coagulation à la présure. Il y a augmentation de la vitesse d'hydrolyse enzymatique et formation d'un gel plus ferme (ST-GELAIS et TIRARD-COLLET, 2002).

III. 2. 3. Acidité au tranchage et au début du moulage :

Les variations de l'acidité au tranchage et au début du moulage d'un essai à un autre sont illustrées dans la figure n°14.

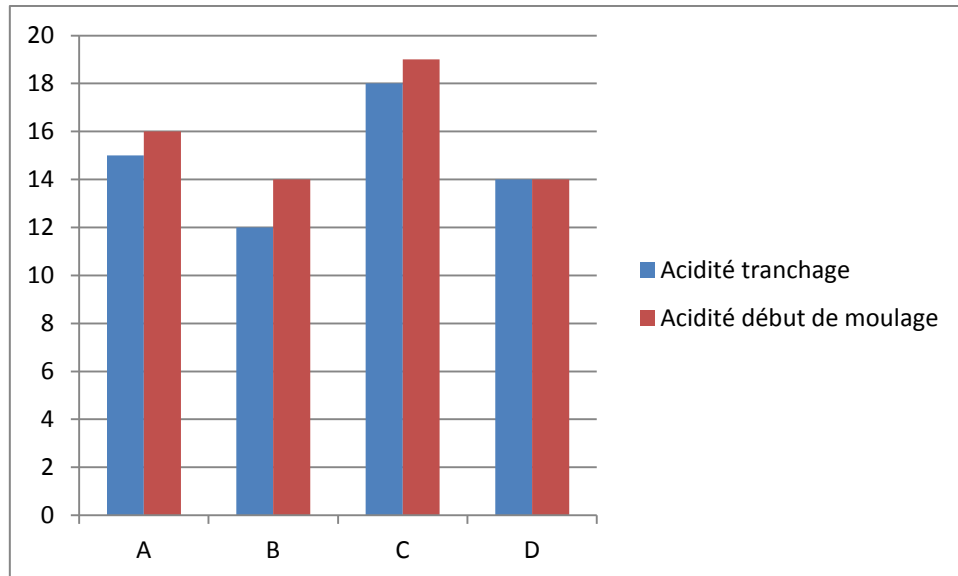


Figure 14 : Variations de l'acidité au tranchage et au moulage des quatre productions

Le tranchage a comme but d'améliorer l'égouttage du caillé. Le moulage sert à donner une forme au caillé et aussi permettre la poursuite de l'égouttage.

Généralement l'acidité au tranchage augmente au fur et à mesure en arrivant au moulage ($p < 0.5$). Cette augmentation diffère d'un essai à un autre. Cela est peut-être dû aux facteurs suivants :

- ✓ Type de ferments utilisés : ceux qui ont le pouvoir de provoquer une acidification rapide du milieu comme TPM 2 et M229 par rapport à Flora Danica et STB01 utilisé dans la fabrication standard.
- ✓ La température ambiante de la chambre de coagulation qui favorise les ferments lactiques à se multiplier et produire de l'acide lactique (fermentation lactique).

III. 2. 4. L'acidité aux retournements.

Les valeurs de l'acidité mesurées après chaque retournement sont résumées dans le tableau 15 et illustrées dans les figures 15 et 16.

Tableau 15 : Les valeurs d'acidité aux retournements.

	A	B	D	C
Ac 1 ^{er} retournement	20 D°	22 D°	20 D°	35 D°
Ac 2 ^{eme} retournement	25 D°	35 D°	25 D°	40 D°
Ac 3 ^{eme} retournement	40 D°	/	40 D°	/
Ac 4 ^{eme} retournement	55 D°	/	51 D°	/
Ac 5 ^{eme} retournement	/	/	64 D°	/

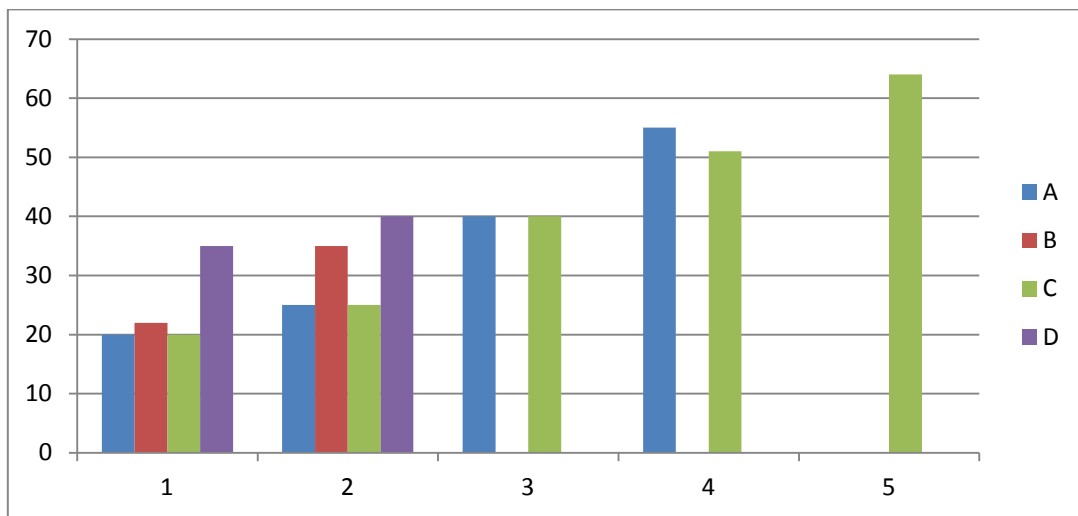


Figure 15 : variation de l'acidité en fonction du nombre de retournement

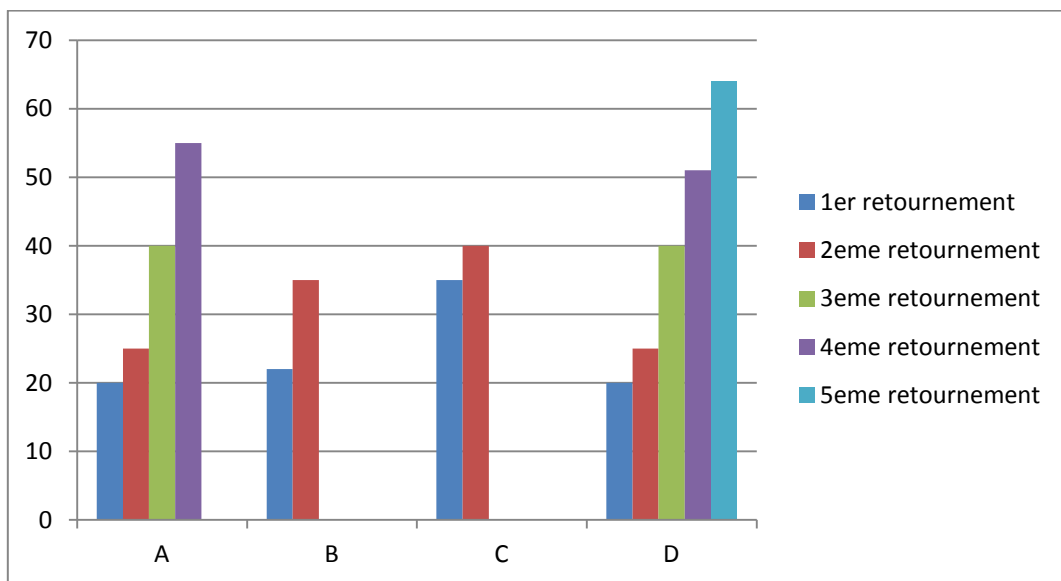


Figure 16 : Variation d'acidité en fonction de nombre de retournement réalisé pour chaque fromage

Les retournements ont pour objectif de régulariser la forme du fromage, d'homogénéiser le développement des microflores souhaitées sur le fromage et de bloquer les microflores indésirables en répartissant l'eau libre et en mettant régulièrement dans « l'air » la face du fromage qui est en contact avec le support. Les mouvements des piles de fromages dans les pièces d'affinage et des grilles de haut en bas des piles ont pour objectif de gommer des éventuelles hétérogénéités d'ambiance. Des réarrangements des fromages sur les grilles sont aussi pratiqués par les producteurs pour que les fromages se trouvent dans une atmosphère plus humide et moins riche en O₂.

III. 2. 5. Acidité au démoulage

Le suivi de l'acidité a été réalisé en continu à J+1 de la fabrication des camemberts, nous avons mesuré l'acidité avant de faire sortir les fromages de leurs moules. Les valeurs d'acidités trouvées sont résumées dans le tableau 16 et illustrées dans la figure n°17.

Tableau 16 : L'acidité des camemberts au démoulage (J+1)

Camembert	A	B	D	C
Ac à J+1 (Démoulage)	105 D°	125 D°	119 D°	116 D°

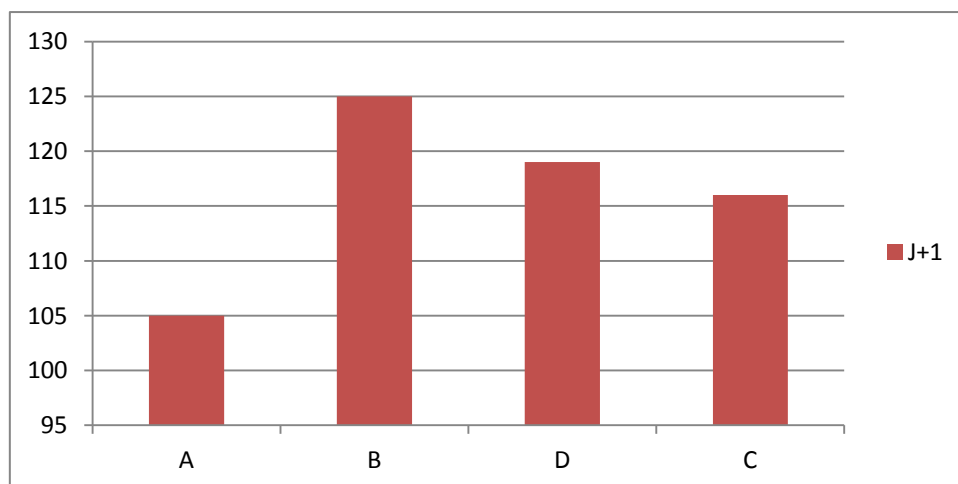


Figure 17 : Acidité au démoulage des quatre productions

L'acidification se poursuit de l'étape d'ensemencement jusqu'à la consommation, la température ambiante (28-35°C) accélère la fermentation lactique induisant ainsi cette acidification. La fromagerie LA VALLEE est qualifiée d'artisanale. Des systèmes de

chauffage simples sont utilisés pour chauffer la chambre d'égouttage afin de favoriser ce dernier, donc il n'y a pas un control de la température. De ce fait, la température de la chambre diffère d'un essai à un autre influençant ainsi l'acidité lors du démoulage qui diffère en fonction de cette température. En augmentant cette dernière l'acidité augmente.

II. 2. 6. Suivi du pH du camembert en cours d'affinage

L'affinage commence dès que le fromage est salé et s'effectue dans des caves fraîches et chargées d'une flore d'affinage naturelle.

Au cours de cette étape de la production, nous avons suivis les variations des pH des trois essais et de celui de la production standard, cela après un jour du démoulage (J+2), quatre jours après démoulage (J+5) et six jours après démoulage (J+7). Les résultats sont résumés dans le tableau 17 et illustrés dans la figure 18.

Tableau 17 : Suivi du pH des camemberts en cours d'affinage

	1 ^{er} essai (A)	2eme essai (B)	Production standard (C)	3eme essai (D)
pH à J+2	4.88	4.99	5.13	5.03
pH à J+5	4.83	4.90	5.01	4.95
pH à J+7	4.81	4.86	4.95	4.91

Au début de l'affinage, l'acidité qui n'arrêtait pas de croître au cours de toutes les étapes de fabrication depuis la coagulation semble être abaissée par le biais de souches d'affinages, particulièrement par le *Penicillium Camemberti* capables de consommer l'acidité lactique du milieu. Cette diminution de pH permettra une meilleure prolifération et production enzymatique de la flore d'affinage (BECHENINE, 2017).

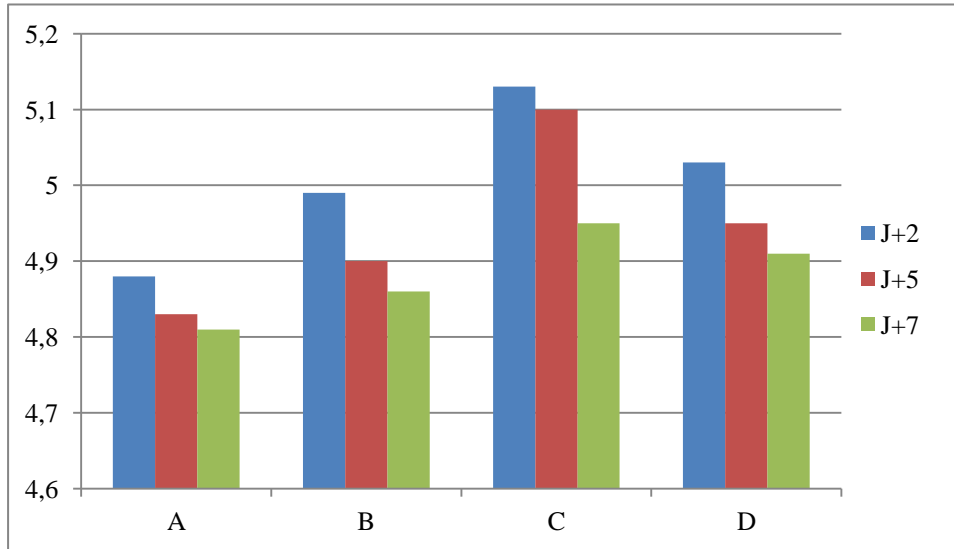


Figure 18 : Variation de pH des camemberts au cours de l’affinage

Les variations du pH représentées dans la figure 18 ont été comparées en appliquant le test statistique. Ce dernier a révélé que :

- Fromage A : le résultat montre une diminution modérée du pH jusqu’ J+7
- Fromage B : le résultat montre une diminution modérée du pH jusqu’ J+7
- Fromage C : le pH de ce fromage est resté stable pendant la période d’affinage
- Fromage D : le résultat montre une diminution modérée du pH jusqu’ J+7

Selon le test statistique de comparaison des variances :

- ✓ L’évolution du pH du produit A s’est faite de la même manière que celle des produits B et D ($p > 0,05$) mais elle a été différente de celle sur le produit C. Le pH du produit A est significativement plus bas que celui du produit C ($p < 0,05$).
- ✓ L’évolution de pH du produit B s’est faite de la même manière que celle des produits A, C et D ($p > 0,05$).
- ✓ L’évolution de pH du produit C s’est faite de la même manière que celle des produits B et D ($p > 0,05$) mais elle a été différente de celle sur le produit A. Le pH du produit C est significativement plus élevé que celui du produit A ($p < 0,05$).
- ✓ L’évolution de pH du produit D s’est faite de la même manière que celle des produits A, B et C ($p > 0,05$).

Pendant toute la période d’affinage les valeurs de pH ont été plus bas pour les fromages « A », « B » et « D » en raison de l’acidification forte par les ferments lactiques utilisés (M229 et TPM2).

L'augmentation de l'acidité au premier jour de fabrication couplée à la diminution du pH au cours d'affinage peut s'expliquer par l'existence d'une activité métabolique de la flore microbienne des fromages : l'ensemble des bactéries lactiques des ferments.

Il s'avère important de noter que le pH est lié à la qualité du fromage : un pH de 5.0 correspond à un fromage de bonne qualité alors qu'un pH supérieur à 5.2 correspond à un fromage qui se détériore plus rapidement qu'un fromage avec pH plus bas. (TALEBBENDIAB, 2017)

Les valeurs de pH des quatres camembert sont comprises entre 4.81-5.13. Ces valeurs sont conformes aux valeurs exigées par la réglementation (du Journal officiel N°39 de l'année 2017).

III. 3. Produit fini

Plusieurs critères sont généralement utilisés pour identifier la qualité du fromage à pâte molle type camembert, les critères microbiologique tel que le nombre et la nature des germes et les critères physicochimiques comme le pH, le taux d'humidité, la teneur en matière grasse, etc.

III. 3. 1. Résultats de l'analyse physico-chimique des camemberts

Les résultats de l'analyse physico-chimique précise la conformité du produit aux valeurs appliquées par la fromagerie. L'analyse de ces résultats montre des variations entre :

- 21 à 25% pour la matière grasse totale ;
- 42 à 47% pour l'extrait sec ;
- 4.78 à 5.12 pour le pH ;
- 50-53% pour le rapport G/S.

Les résultats sont résumés dans le tableau 18.

Tableau 18 : Résultats de l'analyse physico-chimique des camemberts

Paramètres	pH	EST(%)	MG (%)	H %	G/S
Valeurs appliquées par LA VALLEE	4 à 5	40-50	20 -28	50-60	40-50
Production standard (C)	5.07	47	25	53	53
1 ^{er} essai (A)	5.12	42	21	58	50
2 ^{eme} essai (B)	4.78	45	23.5	55	52
3 ^{eme} essai (D)	5.08	43	23	57	53

MG : matière grasse, **EST** : extrait sec totale, **H** : humidité, **G/S** : Rapport matière grasse/ extrait sec

III. 3. 1. 1. pH

Les valeurs du pH mesurés lors de l'analyse du produit fini sont illustrées dans la figure n°19 :

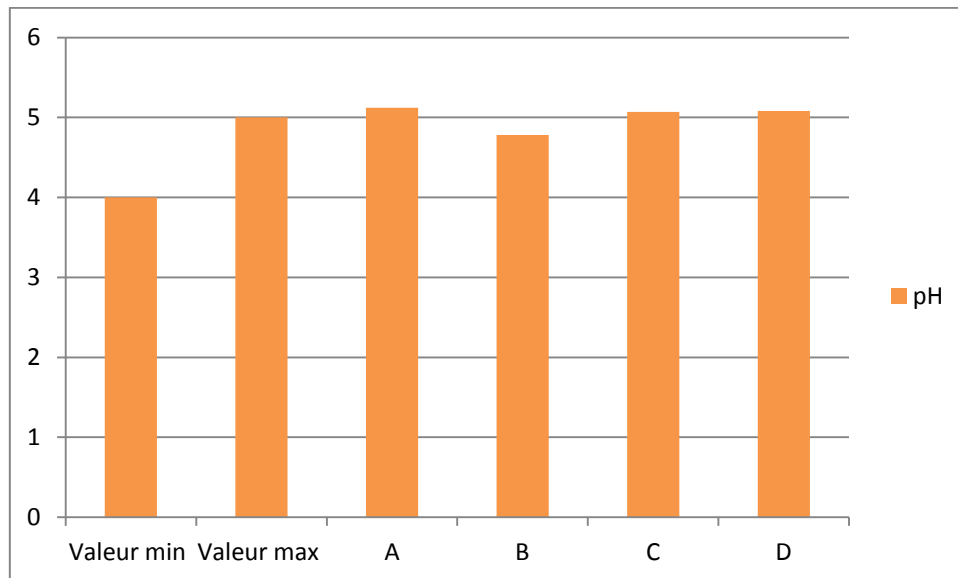


Figure 19 : les valeurs du pH des camemberts.

Les résultats obtenus montrent que le pH des quatre camemberts analysés est acide, des valeurs de 4.78 à 5.12 ont été enregistrées ce qui est conforme aux valeurs appliquées par la fromagerie.

Selon le test statistique :

- Le PH du fromage A est le même que ceux des produits C et D mais plus élevé par rapport a celui du produit B.
- Le pH du fromage B est plus bas que ceux des autres produits ($p < 0,05$) ;
- Le PH du fromage C est le même que ceux des produits A et D mais plus élevé par rapport a celui du produit B.
- Le PH du fromage D est le même que ceux des produits A et C mais plus élevé par rapport a celui du produit B.

D'après ces résultats, on remarque que le camembert « B » est d'un pH plus bas par rapport aux autres camemberts. Cet abaissement du pH est du par la production d'acide lactique par les bactéries lactiques (M229 et TPM2).

III. 3. 1. 2. Matière grasse

Les valeurs de la teneur en matière grasse des camemberts mesurées lors de l'analyse sont illustrées dans la figure n°20.

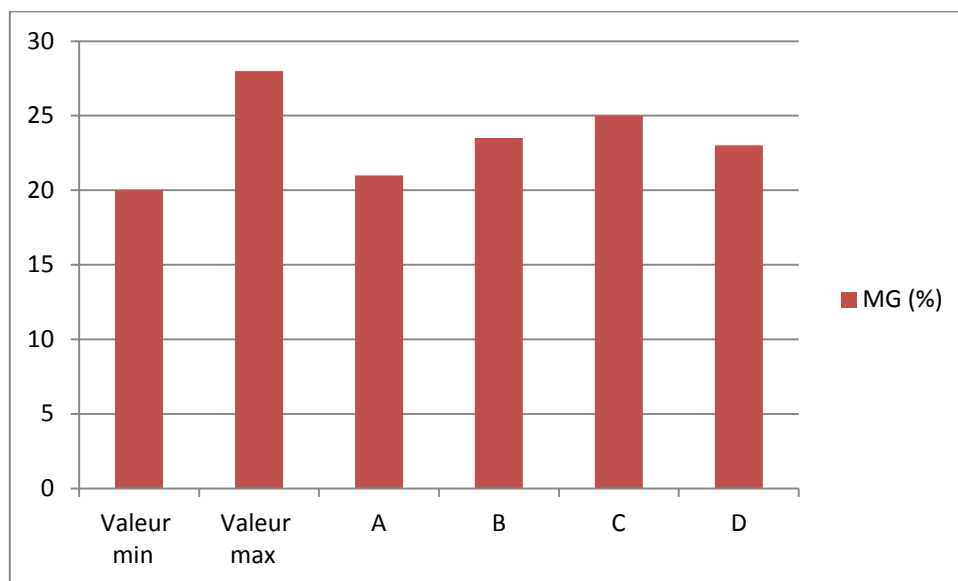


Figure 20 : les valeurs de la matière grasses des camemberts.

Les résultats obtenus montrent qu'il y'a une différence concernant la teneur en matière grasse pour les quatre fromages analysés. En effet :

- ✓ La teneur en MG pour le fromage de production standard « C » (25%) est la même que tous les autres fromages.

- ✓ La teneur en MG pour le fromage « A » (21%) diffère du fromage « B » (23,5%) et « D » (23%) mais varie de même façon que fromage « C ».
- ✓ La teneur en MG pour le fromage « B » (23,5%) diffère du fromage « A » (21%) mais varie de même façon que les fromages « C » et « D ».
- ✓ La teneur en MG pour le fromage « D » (23%) diffère du fromage « A » (21%) mais varie de même façon que les fromages « B » et « C ».

Deux facteurs peuvent être à l'origine de ces variations : La richesse en matière grasse du lait utilisé pour la fabrication du fromage, ou bien le mode de fabrication, plus particulièrement l'égouttage qui a dû favoriser le passage de la matière grasse vers le lactosérum. (BECHENINE, 2017)

Les valeurs de la matière grasse montrent que le produit fini est conforme aux valeurs appliquées par la fromagerie.

La matière grasse joue un rôle important pour la qualité organoleptique du fromage du fait qu'elle est la source des composés aromatiques liposolubles d'où sa contribution à la qualité sensorielle du fromage, elle joue aussi un rôle important dans la fermeté du fromage (BARACHE et BOUATMANE, 2016).

III. 3. 1. 3. Extrait sec total

Les valeurs de la teneur en extrait sec total des camemberts sont illustrées dans la figure n°21.

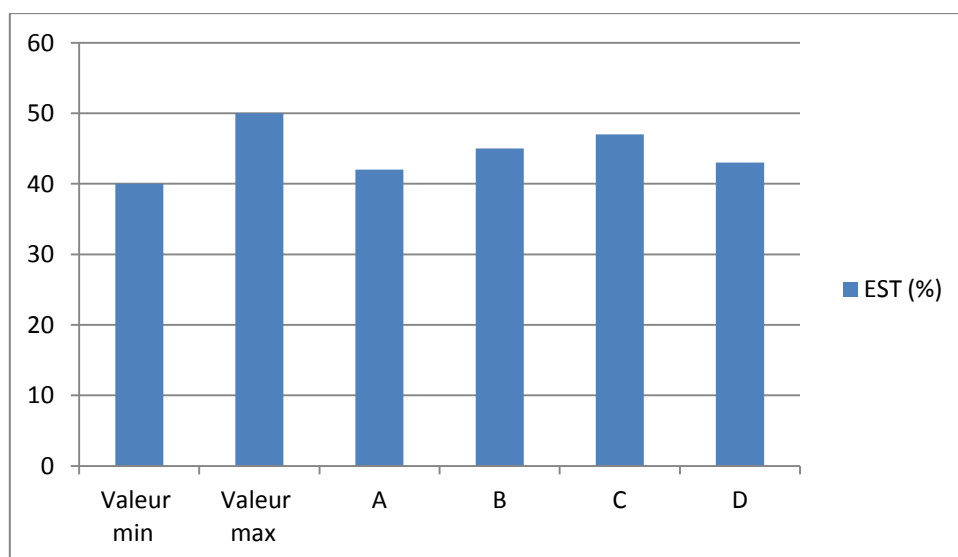


Figure 21 : Les valeurs de l'EST des camemberts.

L'extrait sec est le complément de la teneur en eau à 100%. Il est en fonction de la teneur en matière sèche du lait et de l'importance de l'égouttage, car l'élimination du lactosérum entraîne une forte augmentation de la teneur en matière sèche du fromage. En effet, la quantité d'eau évacuée permet la préservation de la qualité microbiologique du fromage par la diminution d'activité de l'eau, permettant de prévenir un développement de bactéries indésirables (FREDOT, 2009).

Une fluctuation de l'extrait sec total des échantillons étudiés a été observée (entre 42 et 47%).

- Il n'y a pas une différence significative entre l'extrait sec des camemberts « A », « C » et « D », ni entre l'extrait sec des camemberts « B », « C » et « D » ($p > 0,05$)
- Il y a une différence significative entre l'extrait sec des camemberts « B » et « A » ($p < 0,05$). L'EST de camembert « B » est plus élevé que celui du camembert « A ».

Cette variation fait référence à la qualité de la matière première utilisée pour la fabrication du Camembert. Les valeurs de l'extrait sec total montrent que le produit fini est donc de bonne qualité.

La pâte molle fabriquée est relativement riche en eau. Il est établi que plus la quantité de lactosérum exsudée est importante plus l'EST du fromage est élevé. Cette exsudation est en liaison avec le salage qui contribue aussi à augmenter l'EST (BECHENINE, 2017).

III. 3. 1. 4. Humidité

Les résultats obtenus des taux d'humidité sont illustrés dans la figure 22.

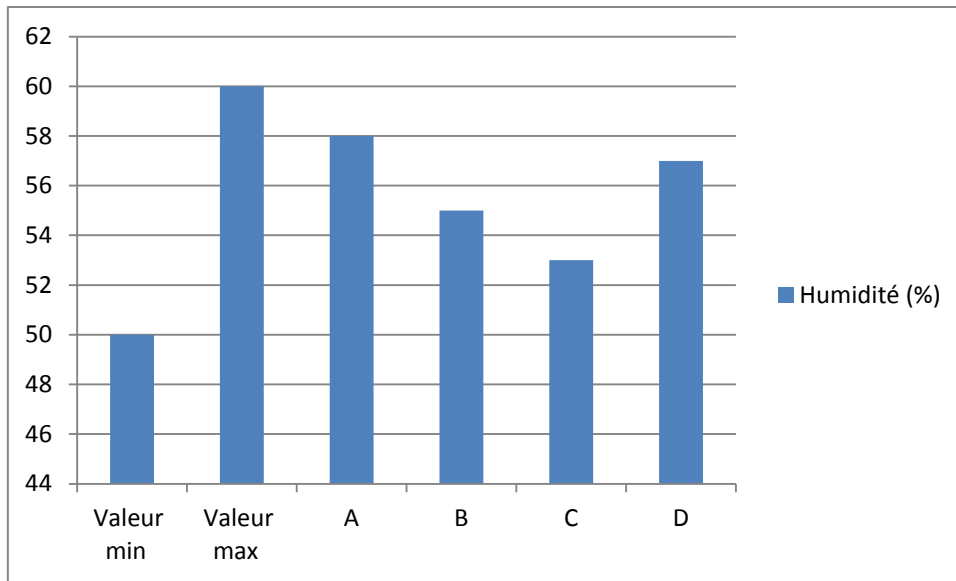


Figure 22 : le taux d'humidité des camemberts.

La teneur en humidité est un paramètre physico-chimique qui renseigne sur la consistance du fromage, il est inversement proportionnel avec la dureté du fromage (BARACHE et BOUATMANE, 2016). De ce fait, les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre l'humidité des quatre fromages ($p > 0,05$), les fromages « A » (58%), « B » (55%) et « D » (57%) sont moins dure que le fromage « C » (53%).

Les résultats de la teneur en humidité des quatre camemberts varient entre 53 à 58%. Ces résultats sont conformes aux valeurs appliquées par la fromagerie.

III. 3. 1. 5. Rapport de matière grasse sur matière sèche (G/S)

Les résultats obtenus montrent que les valeurs du rapport G/S% des Camemberts « A », « B », « C » et « D » sont de 50% et 53% (Figure 23).

- ✓ La valeur de G/S% du Camembert « A » est différente de tous les autres camemberts.
- ✓ La valeur de G/S% du Camembert « B » est plus bas par rapport à celle du camembert « A » ($p < 0,05$), mais elle est la même que les camemberts « C » et « D ».
- ✓ La valeur de G/S% du Camembert « C » est plus bas par rapport à celle du camembert « A » ($p < 0,05$), mais elle est la même que les camemberts « B » et « D ».

- ✓ La valeur de G/S% du Camembert « D » est plus bas par rapport à celle du camembert « A » ($p < 0,05$), mais elle est la même que les camemberts « B » et « C ».

Cela peut être dû à la composition du lait en matière grasse, qui lui donne un aspect plus tendre.

Le taux de la matière grasse dans l'extrait sec contribue directement aux propriétés organoleptiques notamment l'onctuosité qui se caractérise par le toucher gras d'un produit. Le bon choix de la matière première et le respect de la technique de fabrication permettent l'obtention de produits dans une large gamme de textures : de fluide à ferme et de tartinable à tranchable (ECK et GILLIS, 2006).

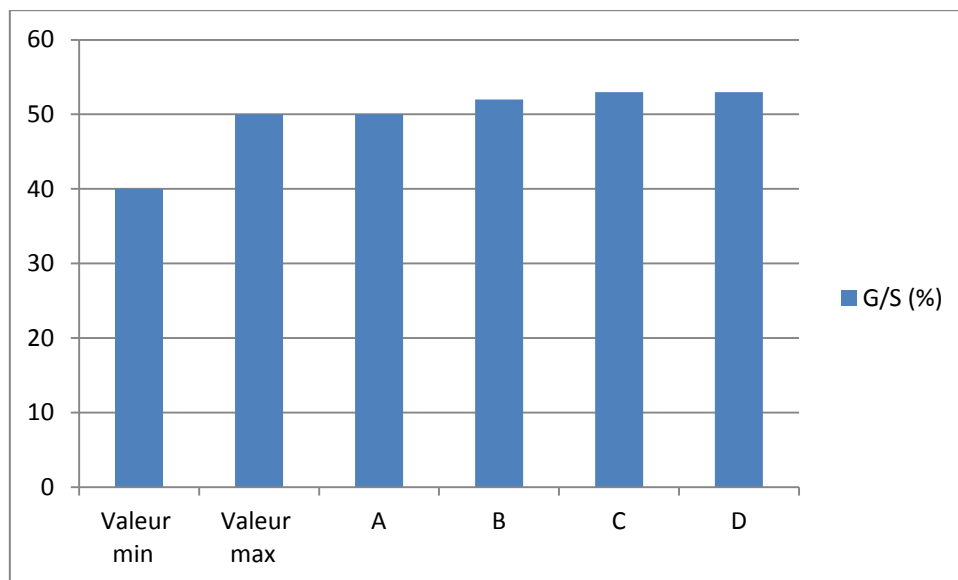


Figure 23 : Les valeurs du rapport G/S des quatre Camemberts

III. 3. 2. Résultats des analyses microbiologiques du Camembert

Les résultats des analyses microbiologiques du camembert exprimés en UFC/g sont résumés dans le tableau 19.

Tableau 19 : Résultats des analyses bactériologiques des camemberts

Germe recherché	Norme	1 ^{er} essai (A)	2 ^{eme} essai (B)	3 ^{eme} essai (D)	Production standard (C)
<i>Escherichia coli</i>	10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
<i>Staphylococcus</i>	10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²

Les germes recherchés et dénombrés dans notre travail sont considérés comme des indicateurs de la qualité globale du produit fini et reflètent le respect ou non des bonnes pratiques d’hygiène. Les résultats obtenus ont permis d’évaluer la qualité microbiologique du produit fini après sa fabrication.

Pour les *staphylococcus*, selon les normes fixées par la réglementation nationale (Journal Officiel de la République Algérienne n° 39 de l’année 2017) un nombre de 10² UFC de staphylocoque est toléré dans les camemberts. Une valeur inférieure à 10² de staphylocoque a été enregistrée pour les quatre fromages. Cela indique que les produits ont été fabriqués en respectant les bonnes pratiques d’hygiène (application des règles d’hygiène au cours de la production et respect de ces règles par le personnel).

Pour *Escherichia coli*, les résultats d’analyse des échantillons du camembert ont révélé une charge moyenne de 10² germes/g. Cette valeur est inférieure à la valeur fixée par la réglementation en vigueur qui est à 10² germes/g.

Nous pouvons dire que les produits fabriqués sont de qualité microbiologique satisfaisante et ceci conformément à la réglementation national.

III. 4. Résultats de l’analyse sensorielle

En industrie fromagère, la qualité des fromages est largement déterminée par la perception sensorielle qui est un processus complexe. Elle est influencée par plusieurs facteurs tels que l’aspect et la couleur de la croûte ainsi que la texture et le gout de la pâte.

L’analyse sensorielle a été effectuée en tenant compte des critères suivants :

- ✓ aspect et couleur de la croûte a l’œil nu.
- ✓ texture de la pâte au toucher : souple, molle, coulante, etc.
- ✓ le goût : acide, amer, piquant, etc.

Des tests de dégustation ont été réalisés suivant la fiche de dégustation jointe en annexe n°05. 67 personnes ont participé à ces tests.

III. 4. 1. Classement des fromages

Selon des résultats obtenus aux tests de dégustation, un classement des fromages a été réalisé. Ce dernier est représenté dans le tableau 20 et la figure 24.

Tableau 20 : Classement des quatre camemberts.

	A (1 ^{er} essai)	B (2 ^{eme} essai)	C (production standard)	D (3 ^{eme} essai)
1^{er} place	13	13	16	25
2^{eme} place	18	22	14	17
3^{eme} place	20	18	14	15
4^{eme} place	16	14	23	10

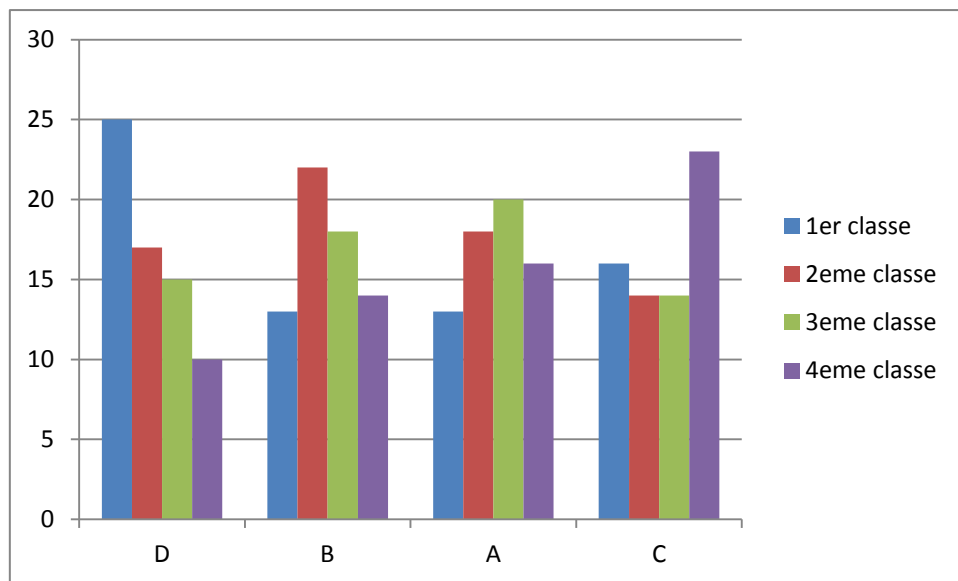


Figure 24 : Classement des camemberts des quatre productions

Les résultats du test de dégustation montrent que la plupart de dégustateurs (25/67) classent le fromage « D » en première place, le fromage « B » en deuxième place, le fromage « A » en troisième place et le fromage de la production standard en dernière classe.

Le fromage préféré par les dégustateurs est celui issu de troisième essai « D » qui a été fabriqué avec les ferments fournis par la société BIOPROX qui sont TPM2, M229 et

GC041 qui ont un rôle d'acidification rapide, effet sur la texture de la pâte du fromage et le développement de mycélium blanc ras respectivement.

La figure 25 représente le classement de chaque fromage en fonction du nombre de dégustateurs.

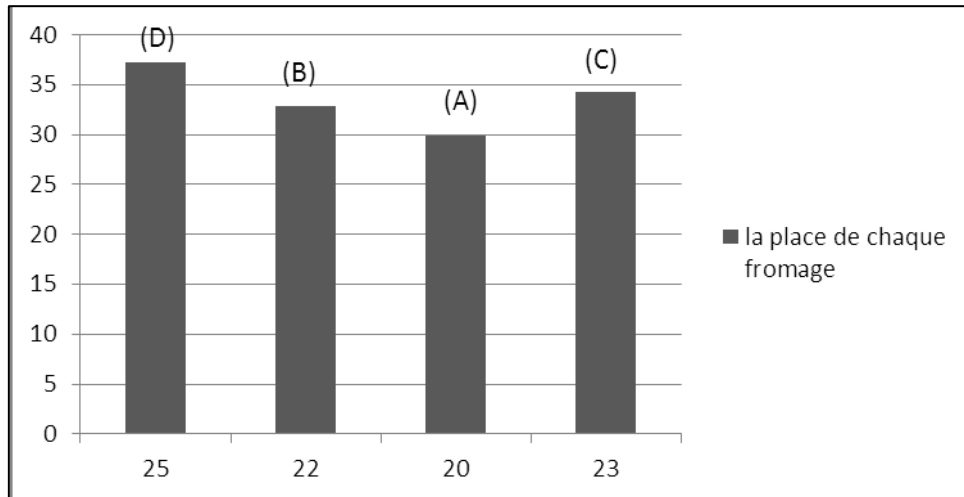


Figure 25 : la place de camembert en fonction du nombre de dégustateurs

III. 4. 2. Effets des ferments utilisés sur la qualité du fromage.

Nous avons étudié l'influence de chaque ferment sur les caractères suivants des fromages :

- ✓ La couleur et l'aspect de la croûte des camemberts ;
- ✓ La texture de la pâte des camemberts ;
- ✓ Le goût des camemberts.

III. 4. 2. 1. Les ferments influençant la couleur de la croûte des fromages

Le récapitulatif du nombre des dégustateurs qui ont qualifié ce paramètre est résumé dans le tableau 21.

Tableau 21 : Couleur de la croûte des fromages

Couleur de la croûte	A	B	C	D
Blanc	26	21	20	26
Blanc-cassé	25	28	27	22
Crème	04	06	07	07
Gris	00	00	00	00

D'après les analyses sensorielles, on constate que les quatre fromages sont de couleur blanche à blanc-cassé, cela est dû aux effets des ferments suivants :

- ✓ **PC12** qui permet une couverture mycélienne stable sur des caillés à pâte molle, blancheur et homogénéité de la croûte sur les faces.
- ✓ **DH** appliqué sur les caillés lactiques qui donne une coloration crème.
- ✓ **GC 041** qui développe un mycélium blanc ras, utilisé uniquement dans les fromages « A », « B » et « D ».

III. 4. 2. 2. Les ferments influençant l'aspect de la croûte des fromages

Le récapitulatif du nombre des dégustateurs qui ont qualifié ce paramètre est résumé dans le tableau 22.

Tableau 22: Aspect de la croûte des fromages

Aspect de la croûte	A	B	C	D
Fine	17	18	15	25
Moyenne	31	30	26	29
Épaisse	07	07	14	01

D'après les analyses sensorielles, nous constatons que :

- Le fromage « D » possède une croûte fine par rapport aux autres, cela est dû à la non-pulvérisation du *Penicillium* sur sa surface ; celle-ci a été recouverte par la culture du **GC 041** qui développe un mycélium blanc ras.
- Les fromages « A », « B » et « C » ont une croûte moyenne due à la pulvérisation à la fois de **PC NEIGE** qui permet une couverture dense d'une épaisseur plus grande et **PC SAM 3** qui donne un aspect blanc et stable sous le papier d'emballage et une densité moyenne.

III. 4. 2. 3. Les ferments influençant la texture de la pâte des fromages

Le récapitulatif du nombre des dégustateurs qui ont qualifié ce paramètre est résumé dans le tableau 23.

Tableau 23 : Texture de pate des fromages

Texture de pate	A	B	C	D
Molle	23	20	11	25
Dure	08	07	30	06
Lisse	18	15	09	20
Souple	11	14	05	16
Granuleuse	06	06	12	04
Fondante	06	07	02	02
Collante	03	03	02	03

D’après les analyses sensorielles, nous constatons que le fromage « C » de la production standard à une pate dure et granuleuse du aux ferments :

- ✓ **Flora Danica (FD)** qui n’a pas donné la texture légère souhaitée
- ✓ **MVA** qui contribue à l’amélioration de la texture des fromages.

Les trois autres fromages réalisés lors de notre expérimentation « A », « B » et « D » ont une pâte molle, lisse et souple qui est dû aux effets des ferments :

- ✓ **M 229** qui contribue à la texture de la pâte du fromage.
- ✓ **MVA** qui contribue à l’amélioration de la texture des fromages.

III. 4. 2. 4. Les ferments influençant le gout du fromage

Le récapitulatif du nombre des dégustateurs qui ont qualifié ce paramètre est résumé dans le tableau 24.

Tableau 24 : Gout du fromage

Gout	A	B	C	D
Acide	06	07	10	09
Amer	19	16	06	07
Salé	15	14	10	09
Sucré	00	00	00	06
Piquant	05	03	02	02
Agréable	31	30	31	39
Désagréable	08	10	13	07

D'après les analyses sensorielles, nous constatons que :

- le fromage « C » a un goût agréable mais acide, cela est probablement dû à l'utilisation du ferment **ST - B01** qui a donné une forte acidification et une production d'acide lactique modérée au lieu d'une faible acidification (effet attendu) ainsi qu'une stabilité du pH. Il n'est pas amer, cela peut être dû à l'utilisation du ferment **GEO 17** qui a un rôle considérable en limitant la protéolyse qui donne un goût amer au fromage.
- les fromages « A » et « B » ont un goût agréable mais amer, cela peut être expliqué par l'utilisation du ferment d'affinage **GC 041** qui n'était probablement pas assez puissant pour limiter la suractivité protéolytique des souches de **PC12**, **PC Neige** et **PC SAM3**.
- le fromage « D » a un goût agréable mais légèrement acide. Cela est peut-être dû à l'activité du ferment **TPM2** qui permet une acidification rapide. Il n'est pas amer, probablement suite à la non pulvérisation par les souches de **PC 12**, **PC Neige** et **PC SAM3** sur la surface, donc nous avons seulement l'activité de **GC 041** qui produit moins d'ammoniac ce qui donne un goût non amer.

CONCLUSION

Conclusion générale

En Algérie, l'industrie fromagère est en voie de développement. Actuellement il existe plus de 70 laiteries localisées au niveau des trois principales régions du pays (Est, centre et ouest).

Le fromage doit répondre à des critères de qualité stricts, il doit être contrôlé en permanence : qualité physico-chimique, qualité microbiologique, qualité hygiénique et la qualité organoleptique.

Durant ce travail nous nous sommes intéressées à un fromage à large consommation qui est le camembert. En raison de son appréciation par les consommateurs, il s'inscrit parmi les meilleures sources alimentaires de protéines.

Les échantillons de lait cru, lait pasteurisé et le produit fini ont été analysés pour évaluer leurs caractéristiques physico-chimiques et/ ou microbiologiques.

Les résultats d'analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons du lait cru et du lait pasteurisé (l'acidité, la masse volumique, la masse volumique, l'extrait sec total et dégraissé) ont montré que ces derniers sont conformes aux valeurs appliquées par la fromagerie, donc le lait utilisé dans la fabrication du camembert était de bonne qualité.

A la suite des différentes analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons du lait et du produit fini, les résultats obtenus montrent une charge acceptable des germes recherchés selon la réglementation en vigueur indiquant que le lait et produit fini sont de qualité microbiologique satisfaisante.

Les résultats des analyses organoleptiques et sensorielles montrent que les produits issus de nos essais sont de qualité meilleure par rapport au produit standard.

Notre étude montre que les essais de fabrication du camembert en utilisant les ferments (M229, TPM2, GC 041) ont donné de bons résultats.

Ces résultats ouvrent des perspectives futures :

- ✓ Réaliser d'autres essais de fabrication avec les nouvelles références de ferments utilisés lors de nos essais afin de confirmer nos résultats et maîtriser encore plus les paramètres techniques intervenant dans l'amélioration de la qualité organoleptique et sensorielle du produit fini.

- ✓ Proposer à l'industriel de modifier son processus de fabrication en fonction des résultats que nous avons observés lors de nos essais.
- ✓ Réaliser des essais de fabrication chez d'autres industries qui disposent d'ateliers de transformation modernes permettant une meilleure maîtrise de tous les paramètres techniques.
- ✓ Envisager d'établir de nouvelles recettes en variant l'utilisation des ferments lactiques dans le but de proposer aux industriels avec une possibilité de personnalisation de ces dernières en fonction des exigences souhaitées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ABERKANE Hala ; AMGHAR Dyhia., 2013** : Caractérisation de la flore microbienne d'un atelier de fabrication fromagère : cas de la fromagerie LAVALAIT. Mémoire de Master en Microbiologie Alimentaire et Sanitaire. Université Abderrahmane MIRA Béjaia. 37 pages.
2. **AHADDAD Rabia ; KASMI Nadira., 2013** : Suivi du process de production d'un fromage à pâte molle type « camembert » au niveau de l'unité Ibarissen. Mémoire de Master en Génie Biologique. Université Abderrahmane MIRA de Béjaia. 66 pages.
3. **AISSAOUI ZITOUN Ouarda., 2014** : Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Bouhezza». THESE DOCTORAT : Sciences Alimentaires. UNIVERSITE CONSTANTINE 1. 196 pages.
4. **AISSOU Zina ; ABBAS Salima., 2016** : Etude du procès de fabrication et de la qualité microbiologique de différents types de fromages industriels et fabrication d'un fromage frais artisanal. Mémoire de Master en Microbiologie Alimentaire et Santé. Université A. MIRA – Bejaia. 45 pages.
5. **ALAIS C., 1984**. Sciences du lait : principes et techniques laitiers. 4ème édition.- Paris: Edition SEPAIC.-814 p.
6. **AMARIGLIO S., 1986**. Contrôle de la qualité des produits laitiers : analyses physiques et chimiques.- 3 ème éd.- Paris : ITSV. 1030p.
7. **BACHTARZI, Nadia., 2012** : Qualite microbiologique du lait cru destine a la fabrication d'un type de camembert dans une Unite de l'est algerien. Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires. Université MENTOURI – Constantine. 71pages.
8. **BARACHE Nacim ; BOUATMANE Samira., 2016** : Etude de la qualité physicochimique et microbiologique de deux fromages artisanaux algériens Algafs et Alatig. Mémoire de master en Microbiologie Alimentaire et Santé. Université A. MIRA – Bejaia. 37 pages
9. **BECHENINE HOURIA., 2017** : Suivi de la production du camembert à sidi saada-Relizane. Mémoire de master en exploitation des écosystèmes microbiens laitiers. Université Abdelhamid Ben Badis-Mostaganem. 47pages.
10. **BENLOUCIF Radia ; OULMI Amal., 2017** : Etude du procédé de production du fromage du type camembert : Effet de la nature des microorganismes sur la qualité du produit. Mémoire de Master en Bioindustrie, Analyse et Contrôle. Université Frère Mentouri Constantine 1, 102 pages.
11. **BOUCHAKOUR ERRAHMANI Khadidja ; DJEGHLAL, Soumia. 2015** : Etude comparative entre trois (03) types de lait de vache (Lait entier, lait demi – écrémé et

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- le lait écrémé) pasteurisé. Mémoire de Master en Sciences et techniques des productions animales. Khemis Miliana : université Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre. 105 pages.
- 12. BOUDIER JF ; LUQUET FM., 1981.** Utilisation du lactosérum en alimentation humaine et animale, N°21, édition APRIA, Paris.
- 13. BOULLOUF Amal. 2016 :** Etude du pouvoir technologique de quelques bactéries lactiques du fromage traditionnel « Bouhezza ». Mémoire de Master en Technologie Alimentaire. Université des frères mentouri CONSTANTINE. 135 pages.
- 14. BRANCHET, Florian., 2013 :** Le fromage artisanal français. Mémoire de master : nouvelles pratiques alimentaires. L'école de design Nantes atlantique. 49 pages.
- 15. CODEX ALIMENTARIUS., 2011 :** Norme Codex pour lait et produits laitiers le Camembert (codex Stan 276-1973)
- 16. COUBRONNE C., 1980.** Variation de quelques paramètres biochimiques du lait en relation avec l'alimentation des vaches laitières étude dans deux élevages, école vet alfor, Paris.
- 17. COURTET LEYMARIOS, Florence., 2010 :** Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation. Thèse Doctorat : Vétérinaire. La faculté de médecine de CRETEIL. 128 pages.
- 18. ANONYME., 2015 :** Fromage à pâte persillée. La boîte du fromage [En ligne]. Disponible sur : <https://www.laboitedufromager.com/categorie-fromage/fromage/patepersille/>. Consulté le 05 Mai 2019.
- 19. DIAO M, 2000.** La qualité du lait et produits laitiers. Institut Sénégalais de recherches Agricoles. Edition : GRET/ ENDA-ERAF Dakar. pp. 1-7.
- 20. Eck A. et Gillis J.C. (2006).** Le fromage. 3ème Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 891p.
- 21. FAVIER, C, J., 1987 :** COMPOSITION DU LAIT DE VACHE. Cah. Nutr. Diét., XX (5), p 355- 363.
- 22. FREDOT. (2009).** Connaissance des aliments –Bases aliments et nutritionnelles de la diététique. Edition: TEC et DOC, Lavoisier, Paris, France, 397 p
- 23. FRETIN Marie., 2016 :** Construction de la qualité sensorielle des fromages de type Cantal : rôle des interactions entre les communautés microbiennes et la composition de la matière grasse laitière des fromages. Thèse de doctorat en Nutrition et Sciences des Aliments. Auvergne : Université Blaise Pascal, 171 pages

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 24. GARITI Naoul., 2007 :** Contribution à l'étude de la stabilité du fromage fondu pasteurisé et du fromage fondu stérilisé fabriqués à la LFB. Mémoire de Master en Lait et dérivés. Université M'hemedde Bougara BOUMERDES, 68 pages.
- 25. GENIN, G., 1968 :** LES SUCCÉDANÉS DE LA PRÉSURE. Le Lait, INRA Editions, 48 (471_472), p.53-59. fihal-00928450f.
- 26. GHAOUES Souheila., 2011 :** Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est Algérien. [en ligne]. Technologie Alimentaire. Constantine : Université MENTOURI – Constantine Institut de La Nutrition, de L'alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires. 129 pages.
- 27. GROUPE D'ETUDE DES MARCHES DE RESTAURATION COLLECTIVE ET DE NUTRITION (GEM RCN), 2009 :** Spécification technique de l'achat public : laits et produits laitiers. Direction des achats juridique. Ministre de l'économie de l'industrie et de l'emploi, Disponible sur : https://www.economie.gouv.fr/files/directions_services/daj/marches_publics/oeap/gem/produits_laitiers/produits_laitiers.pdf (consulté le 08/03/2019).
- 28. HAMITOCHE Megdouda ; AICHE Zohra. 2018 :** Essai de production d'un fromage à pâte molle type Camembert à partir de deux agents coagulants (vinaigre blanc et vinaigre de pomme). Mémoire de Master en Biotechnologie microbienne. Université Akli Mohand Oulhadj – BOUIRA. 99 pages.
- 29. JEAN Jacquet, ROGER Thévenot., 1961 :** Le lait et le froid: les produits laitiers (laits, crèmes, beurres, fromages, crèmes glacées) et leur traitement frigorifique. 1 vol. 461 pages.
- 30. KABIR Ahmed. 2015 :** Contraintes de la production laitières en Algérie et évaluation de la qualité de lait dans l'industrie laitières (constats et perspectives). Thèse de doctorat en Microbiologie appliquée. Oran : Université d'Oran 1 (Ahmed Ben Bella), 139 pages.
- 31. LAITHIER.C. (2011).** Les fromages du terroir et microflore du lait cru. Ouvrage collectif de l'institut d'élevage 149 rue de Bercy 75595 Paris. 131p.
- 32. LAURENT Sina., 1992 :** Contrôle de qualité du lait et des produits laitiers fabriqués par la soca. Thèse de doctorat en sciences et médecine vétérinaires. Dakar : EISMV, 216 pages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

33. **LAZAR, Lakdar., 2014** : Effet de l'alimentation de la vache sur la qualité du lait. Mémoire de Master en production et amélioration végétale. Tlemcen : Université des sciences de la nature et de vie, 130 pages.
34. **LEMAITRE M., 1963**. Sur la présence de pénicilline dans les laits de grand mélange, acad. Agric; 49. pp : 654-63.
35. **LOUHICHI, Mohamed., 2008** : Effet de l'irradiation sur la texture d'un fromage Effet de l'irradiation sur la texture d'un fromage à pâte molle de type Camembert. Mémoire en ingénieur en industries alimentaires. Ecole supérieure des industries alimentaires de TUNIS. 68 pages.
36. **LUQUET FM., 1985**. Laits et produits laitiers ; vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle à la laiterie. Société Scientifique d'hygiène Alimentaire. Edition : Technologie et documentation- Lavoisier. Paris, 139p.
37. **MCSWEENEY P. L. H. 2007**: Cheese problems solved. University College Cork, 389p.
38. **MDAHOU Abdelkader el-amine., 2017** : Etude de l'évolution de la flore microbienne indigène d'un fromage industriel à pâte molle type camembert au cours de son affinage et évaluation de ses aptitudes technologiques. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques. Mostaganem : Universite Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 116 pages.
39. **MELAHY Sarra ; BENHILA Cherifa., 2017** : Etude de la propreté microbiologique du lait de vache cru au niveau des fermes de la Wilaya de « Ain defla ». Mémoire de Master en Analyse Biologique et Biochimique. Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana. 52 pages.
40. **MICHEL Mahant, ROMMAIN Jeant et GERART Brulé., 2000** : Initiation à la technologie fromagère. 2° Edition Technique et documents. 224pages
41. **MOUCHERON, Cécile., 2017** : LE LAIT. CUDEC. Université Libre de Bruxelles [En ligne]. Disponible sur : <https://www2.ulb.ac.be/sciences/cudec/>. (Consulté le 13 Mai 2019)
42. **MOREL I., 1962**. Enquêtes sur la présence d'antibiotiques dans le lait de trois zones de production, 1962. Lait, 42, p : 593-601.
43. **NOUARI Leila ; BOUZIANI Ibtissam., 2018** : Essai De Fabrication D'un Fromage Type Camembert à L'unité De Wanis. Mémoire de Master en Microbiologie Appliquée. Université de Djilali BOUNAAMA Khemis Miliana. 112 pages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 44. OUALI Samia ép. ABDOUNE., 2003 :** Qualité du fromage a pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie de Draa Ben Khedda : nature de la matière première et évaluation de l'activité protéolytique au cours de l'affinage et de l'entreposage réfrigéré du fromage. Mémoire en Magister en Sciences Alimentaires. Université Frères Mentouri Constantine. 88pages.
- 45. RAMDANI Soraya., 2008 :** Suivi de la qualité de lait de vache destiné à la fromagerie de draa ben khedda (DBK). Mémoire de Master en lait et dérivés. Université M'hamed bougara BOUMERDES. 56 pages.
- 46. RENARD José., 2014 :** A propos du lait cru. Diversiferm. 54p.
- 47. RESTON TR., 1988.** Développement du système de productions laitières sous les tropiques CTA publ. 71p
- 48. ROBINSON Richard K., 2002:** Dairy Microbiology Handbook. In: Microbiology of soft cheeses. 3eme Edition. 35p.
- 49. RODRIGUE Simonet Poueme Namegni., 2006 :** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique du lait dans la fillere artisanale ausenegal. Thèse de doctorat en sciences et médecine vétérinaires. Senegal : ELSMV, 114 pages.
- 50. SEMINAL Laurent., 2015 :** Le livre blanc du camembert liberté, égalité, camembert ! Fromages & Chefs. 34 pages
- 51. ST-GELAIS, D., TIRARD-COLLET, P., 2002.** Fromage, in: Vignola, C.L. (Ed.), Science et technologie du lait: transformation du lait. Presses internationales Polytechnique, Fondation de technologie laitière du Québec, pp. 349-415.
- 52. TALEBBENDIAB Farah., 2017 :** Contrôle physico-chimique et microbiologique du camembert. Mémoire de Master en Nutrition et Santé. UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN. 93 pages.
- 53. THIEULIN et VUILLAUME. (1967),** Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des œufs-revue générale des questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris : 71-73.388p.
- 54. TORMO H., 2010 :** Diversité des flores microbiennes des laits crus de chèvre et facteurs de variabilité. Thèse de doctorat, Pathologie, Toxicologie, Génétique et Nutrition : Université Toulouse III - Paul Sabatier, 203 pages.
- 55. VOISIN Aurelien., 2010 :** Influence du type d'alimentation sur la texture et la saveur du fromage. Thèse en Vétérinaire. Toulouse : Université Paul-Sabatier de Toulouse. 80 pages.

Annexe 01: les milieux de culture**➤ Gélose PCA (Plant Count Agar)**

- ✓ Tryptone5g
- ✓ Extrait autolytique de levure.....2.5g
- ✓ Glucose.....1g
- ✓ Agar bactériologique.....12g

➤ Gélose Chapman

- ✓ Extrait de viande.....3g
- ✓ Extrait de levure3g
- ✓ Tryptone.....5g
- ✓ Peptone bactériologique.....10g
- ✓ Chlorure de sodium.....70g
- ✓ Mannitol.....10g
- ✓ Rouge de phénol.....0.05g
- ✓ Agar.....18g




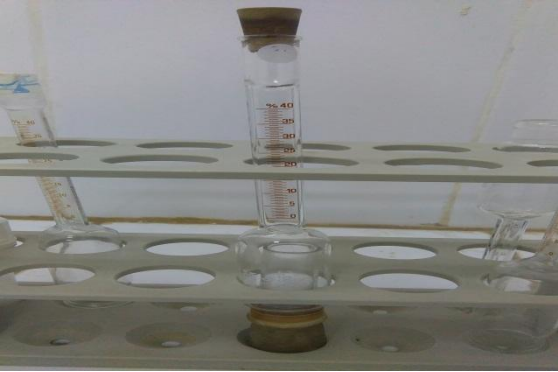
➤ Gélose VRBG (Violet cristal Rouge neutre Bile Glucosée)

- ✓ Extrait de levure.....3g
- ✓ Peptone.....7g
- ✓ Chlorure de sodium.....5g
- ✓ Sels biliaires.....1.5g
- ✓ Glucose.....10g
- ✓ Rouge neutre.....0.03g
- ✓ Cristal violet.....0.002g
- ✓ Agar.....12g

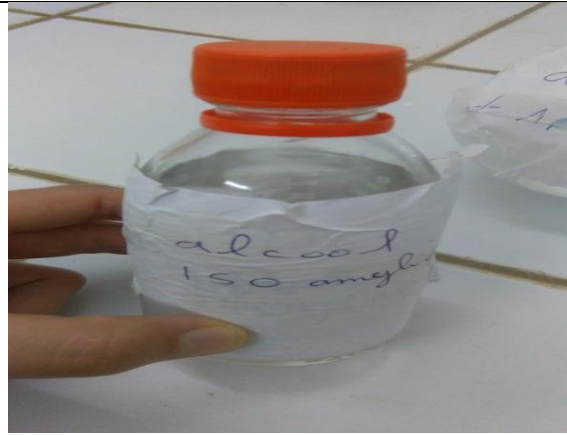
➤ Gélose désoxycholate

- ✓ Peptone pepsique de viande10,00 g/L
- ✓ Lactose10,00 g/L
- ✓ Désoxycholate de sodium.....0,50 g/L
- ✓ Chlorure de sodium.....5,00 g/L
- ✓ Citrate de sodium.....2,00 g/L
- ✓ Rouge neutre0,03 g/L
- ✓ Agar agar bactériologique.....15,00 g/L

Annexe 02 : matériel des analyses physico-chimique

Matériel	Photo
Bain marie	
Balance analytique	
Mortier	
Butyromètre	

Alcool iso-amylque



Phénol-phtaléine



pH-mètre






Centrifugeuse




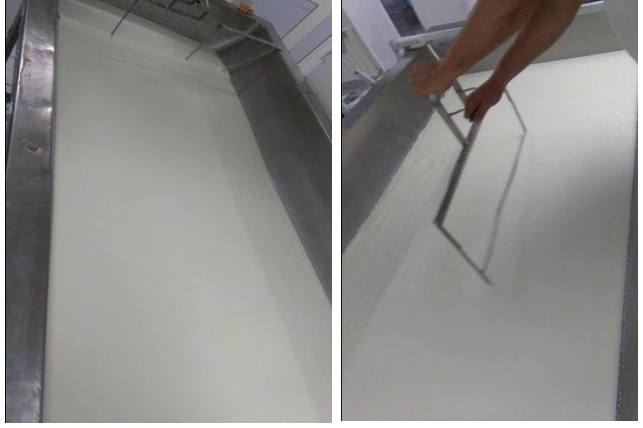

Appareil et milieu beta star combo



Annexe 03 : matériel expérimental

Matériel	photo
Moule et rehausses	
Claies	
Découpeur	

Annexe 04 : les différentes étapes de la production en photos

Etape de production	Photo
Le lait emprésuré dans la cuve de caillage	
Le découpage vertical et horizontal	
Le caillé après découpage et brassage	

Le soutirage du lactosérum



Le moulage



L'égouttage



Le salage



L'affinage (j+2)



L'affinage (j+5)



Annexe 05 : Fiche de dégustation

FICHE DU TEST DE DEGUSTATION DE CAMEMBERT

NOM :

PRENOM :

Examinez et goutez chacun des quatre échantillons puis donnez une note de 1 à 9 selon l'intensité de chaque caractère

Caractère		A	B	C	D
Croute	Couleur	Blanc			
		Blanc-cassé			
		Crème			
		Gris			
	Aspect	Fine			
		Moyenne			
Epaisse					
Pate	Molle				
	Dure				
	Lisse				
	Souple				
	Granuleuse				
	Fondante				
Gout	Collante				
	Acide				
	Amer				
	Salé				
	Sucré				
	Piquant				
	Agréable				
Désagréable					
Autres caractères non mentionnés					

Classez par ordre croissant les quatre échantillons selon votre préférence :

Codes**Classement**

A

1-

B

2-

C

3-

D

4-

Annexe 06 : SARL LA VALLEE

SARL LA VALLEE est une société à responsabilité limitée (SARL) créée en 1999 par des fonds privés «**Les Frères ZEGGANE** », elle est rentrée en production à partir d'avril 2001.

Les produits fabriqués par l'unité sont :

- ✓ Lait pasteurisé partiellement écrémé en sachet de 1L;
- ✓ L'ben (sachet de 1L);
- ✓ Fromage à pâte molle type Camembert (grand modèle de 250g et petit modèle de 125g) nommé LE RURAL.

L'atelier « camembert » dispose de plusieurs salles :

- ✓ Une salle de la maturation du lait ;
- ✓ Une salle de moulage ;
- ✓ Une salle d'égouttage ;
- ✓ Une salle de salage ;
- ✓ Une salle ressuyage ;
- ✓ Trois salles pour affinage (hâloirs) ;
- ✓ Une salle de conditionnement ;
- ✓ Une Chambre froide pour le stockage ;
- ✓ Le laboratoire d'analyse physico-chimique et bactériologique.

La disposition et l'aménagement des différentes salles sont conçus de façon à permettre au fromager de travailler dans des meilleures conditions de confort, d'hygiène et de sécurité et une meilleure organisation du travail.

RESUME

Le but de ce travail est la réalisation d'essais de fabrication de fromage type camembert en variant l'utilisation des ferments lactiques et cela en testant de nouvelles références. Ces essais ont été comparés à une production standard. Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait et du camembert montrent que les produits sont de bonne qualité microbiologique, ils sont conformes à la réglementation en vigueur. Les fromages fabriqués ont des qualités sensorielles plus au moins différentes selon les types de ferments utilisés. L'utilisation des ferments TPM2, M229 et GC041 ont permis d'avoir un camembert de texture molle, lisse et légèrement acide. Ce produit a obtenu le meilleur classement lors des tests de dégustation. Ce dernier est de qualité meilleure par rapport au produit standard.

Mots-clés : lait cru, camembert, ferments lactiques, analyse sensorielle. TPM2, M229, GC041

ABSTRACT

The aim of this work is the production of cheese-type camembert making trials by the use of lactic ferments by testing new references. These tests were compared to a standard production. The results of physico-chemical and microbiological analyzes of milk and camembert show that the products are of good microbiological quality, they comply with applied regulations. The cheeses produces have sensory qualities that are more or less different depending on the types of ferrments used. The use of ferments TPM2, M229 and GC 041 have led to have a pleasant camembert of soft texture, smooth and slightly acidic. This product has the highest ranking in tasting tests. It have better quality compared to the standard product.

Key-words : Milk, camembert, lactic ferments, sensory qualities. TPM2, M229, GC041

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو تجربة صنع جبن من نوع الكامومبير و ذلك بتغيير استعمال المخمرات اللبنية و اختبار مراجع جديدة. طريقة العمل و المنتج المتحصل عليه قورنوا بالمنتوج المعتاد صنعه. النتائج الفيزيوكمياوية و الميكروبيولوجية للحليب و الكامومبير بينت ان المنتج ذو نوعية جيدة و انها تتمثل للانظمة المعول بها. يتمتع المنتج المتحصل عليه بنوعيات حسية تتخالف علي حسب نوع الخمائر المستخدمة. ان اسخدام الخمائر M229 . TPM2 و GC .041 سمح بانتاج جبن ذو ملمس ناعم سلس و ذو حموضة نوع ما عالية و هذا المنتج تحصل على اعلى تصنيف في اختبارات التذوق. هذا الاخير كان ذا نوعية احسن بالمقارنة مع المنتج العادي.

الكلمات المفتاحية: الحليب. الكامومبير. مخمرات لبنية. تحليلات حسية. TPM2, M229, GC041.