

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2018

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biotechnologie microbienne

Présenté par :

HAMITOUCHE Megdouda & AICHE Zohra

Thème

*Essai de production d'un fromage à pâte molle type
Camembert à partir de deux agents coagulants (vinaigre
blanc et vinaigre de pomme).*

Soutenu le : 27 / 06 / 2018

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mme SAIT Sabrina</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme MESSAD Sara</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>Mme DJOUAHRA- FAHEM Djamila</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examineur</i>

Année Universitaire : 2017/2018

REMERCIEMENT

Avant tout nous tenons à remercier celui qui nous a créés, protégé, aidé et celui qui nous a donnés la force, la patience, le courage et la volonté durant ces longues années d'étude pour pouvoir accomplir ce modeste travail dans les meilleures conditions Disant « Dieu Merci ».

Ce mémoire n'aurait jamais été entrepris ni achevé sans la patiente assistance, les savants conseils et orientations, les méticuleux contrôles et suivis, que nous a prodigué notre promotrice Madame MESSAD S. qui a accepté de nous encadrer. Nous lui témoignons ici, tous nos gratitudes et reconnaissances.

Nos s'insère remerciements vont à Madame SAIT S. la présidente de jury et Madame DJOUAHRA D. examinatrice pour avoir expertisé notre travail et nous avoir honoré de leurs présences.

Ce travail n'aurait pas été aussi efficace sans la contribution de nombreuses personnes dont le savoir être et le savoir-faire méritent d'être souligné :

Nos vifs remerciements et nos profondes gratitudes s'adressent aux Gérant de la laiterie LA VALLEE ainsi le directeur de fromagerie M. SAID de nous avoir accueilli et permis d'effectuer les différents tests et analyses et pour avoir mis à notre disposition le matériel et les moyens nécessaires à la réalisation de nos essais ;

Nous exprimons toute notre gratitude et nos sincères remerciements à M. KAMEL et Mme ROSA pour leur attention, leurs conseils, leur contribution et le temps consacré pour la réalisation de ce mémoire. Comme nous remercions particulièrement M. BOUGHANI pour son aide lors des analyses statistiques.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés aux cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous





Dédicaces

J'ai un grand honneur de dédier ce modeste travail à :

Mes chers parents (H. Madjid et B. Zohra) : aucune dédicace ne serait être assez éloquente pour exprimer la profondeur des sentiments d'affection, d'estime et de respect que je vous porte, pour l'amour dont vous m'avez toujours comblé, l'éducation et le bien être que vous m'assurez, pour votre soutien, vos sacrifices et vos prières ;

Mes chères frères (L'yazid, Mouloud, Tarek, Toufik et Abd erazak) et leurs femmes (K, Zineb, C. Naima et R. Farida) : ceux qui sont toujours à mes cotés pour m'encourager ;

Aux anges de notre famille (Oussama, Maryeme, Asma, Rayane, Amir, Wassim, Ritaj et Sami) : enchallah vous suiviez notre chemin ;

A mes toutes premières maitresse : B. Louiza et Z. Malika ; celles qui m'ont fait apprendre les toutes premières lettres de la langue arabe et française ;

A ma binôme AICHE Zohra : la personne avec laquelle j'ai partagée des bons, des durs et des moments de la folie.

A mes ami(e)s et camarades qui m'ont soutenu durant tout mon cursus d'étude ;

A tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur, et à tous ce qui vont choisir de suivre notre chemin d'étude.

A ceux qui prennent la peine de lire ce mémoire.

HAMTOUCHE Megdouda





Dédicaces

J'ai un grand honneur de dédier ce modeste travail :

*A celle qui était et qui restera mon soutien dans cette vie, à celle qui m'a renseigné
comment aimer DIEU ; comment fait apparaître le succès et la prospérité au sein du mal
et des problèmes... à toi maman, que DIEU te protège et te donne la pleine santé et le
plein bonheur du monde.*

*A celui qui a été toujours mon support dans cette vie, celui qui me donne le courage
clatant pour continuer à chaque fois que j'ai l'impression de reculer... papa que DIEU
te protège.*

*A mes très chers frères Rezak et Hani, et mes très chères sœurs Salîha, Fairouz et
Tilleli pour votre soutien et encouragement,*

*A mon fiancé Madjid, je te réserve toujours une place dans mon cœur et mes
pensées.*

*A ma binôme HAMITOUCHE Megdouda : la personne avec laquelle j'ai partagée
des bons, des durs et des moments de la folie.*

*A tous mes ami(e)s plus particulièrement celles et ceux que j'ai connus à l'université
de bouira*

A ceux qui prennent la peine de lire ce mémoire.

A tous ceux qui connaissent Zohra



Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste de tableaux des annexes

Introduction01

Chapitre I : partie bibliographique

I. Généralité sur le lait

I.1. Définition03

I.2. Composition de lait03

 I.2.1. Eau04

 I.2.2. Protides04

 I.2.3. Matière grasse05.

 I.2.4. Glucides06

 I.2.5. Vitamines06

 I.2.6. Minéraux.....07

II. Généralités sur le fromage

II.1. Définition08

II.2. Classification des fromages08

 II.2.1. Fromage frais ou à pâte fraîche08

 II.2.2. Fromage à pâte pressée08

 II.2.3.Fromage à pâte molle.....09

 II.2.4. Fromage fondu09

III. Généralité sur le fromage à pâte molle type Camembert

III.1. Historique09

III.2. Définition.....11

III.3. Valeur nutritionnelle du fromage à pâte molle types Camembert11

III.4. Flore microbienne du Camembert

 III.4.1. Flore utile11

 III.4.2. Flore de contamination15

IV. Mécanismes de coagulation

IV.1. Définition de la coagulation17

IV.2. Coagulation acide.....17

IV.3. Coagulation enzymatique18

IV.4. Coagulation mixte20

V. Etapes clés de la fabrication du fromage à pâte molle type Camembert	
IV.1. Coagulation	21
IV.2. Egouttage	21
IV.3. Salage	21
IV.4. Affinage	21
VI. Les défauts des fromages	
VI.1. Défauts de texture.....	22
VI.2. Défauts d'aspect et de croûtage.....	22
VI.3. Défauts de saveur et d'arôme.....	22
 Chapitre II : partie expérimentale	
I. Présentation générale de la laiterie « LA VALLEE ».....	23
II. Matériels et méthodes	
II.1. Matériel.....	24
II.2. Méthodes.....	26
II.2.1. Mesure de l'activité coagulante des enzymes utilisées	26
II.2.2. Analyses physicochimiques de lait	
II.2.2.1. Mesure de l'acidité titrable (Ac).....	27
II.2.2.2. La masse volumique (MV).....	28
II.2.2.3. Test d'antibiotique (ATB).....	28
II.2.2.4. Test d'iode	29
II.2.2.5. Test de stabilité	30
II.2.2.6. Détermination de pH	30
II.2.2.7. Mesure de la matière grasse (MG)	31
II.2.2.8. Détermination de l'extrait sec total (EST)	31
II.2.2.9. Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD)	32
II.2.3. Analyses bactériologique du lait pasteurisé	
II.2.3.1. Echantillonnage et préparation des dilutions	32
II.2.3.2. Dénombrement des coliformes totaux	32
II.2.3.3. La recherche des coliformes fécaux	33
II.2.3.4. Dénombrement des germes aérobies à 30°C	33
II.2.3.5. Recherche des Staphylococcus aureus	33
II.2.4. Essai de production d'un fromage à pâte molle type Camembert	34
II.2.4.1. Réception de lait	36

II.2.4.2. Préparation du lait	36
II.2.4.3. Coagulation	36
II.2.4.4. Tranchage et brassage	37
II.2.4.5. Moulage et égouttage	37
II.2.4.6. Affinage	37
II.2.4.7. Conditionnement	38
II.2.5. Analyses physicochimiques du fromage à pâte molle type Camembert	
II.2.5.1. Détermination du pH	38
II.2.5.2. Mesure de l'acidité	38
II.2.5.3. Mesure de matière grasse	39
II.2.5.4. Détermination de l'extrait sec total	39
II.2.5.5. Détermination de l'humidité	39
II.2.6. Analyses bactériologiques du fromage à pâte molle type Camembert	
II.2.6.1. Echantillonnage et préparation des dilutions	39
II.2.6.2. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux	39
II.2.6.3. Recherche des <i>Clostridium</i> sulfato-réducteurs	39
II.2.6.4. Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i>	40
II.2.7. Calcul du rendement fromager	40
II.2.8. Analyses sensorielles	40
II.2.9. Analyses statistiques.....	41
III. Résultats et discussion	
III.1. Détermination de l'activité coagulante	42
III.2. Résultats des analyses physicochimiques du lait cru	43
III.3. Résultats des analyses bactériologiques du lait pasteurisé.....	44
III.4. Résultats de la production du Camembert	45
III.5. Calcule du rendement	51
III.6. Analyses physicochimiques du fromage à pâte molle type Camembert.....	52
III.7. Analyses bactériologiques du fromage à pâte molle type Camembert.....	53
III.8. Résultats des analyses sensorielles.....	54
III.9. Résultats des analyses statistiques.....	56
Conclusion	61
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé/Abstract/ ملخص	

Abréviations et acronymes

A : essai III.

Abs : Absence.

Ac : Acidité.

AFNOR : Association Française de la Normalisation.

ATB : Antibiotique.

A.O.C : Appellation d'origine contrôlée.

A.O.P : Appellation d'origine protégée.

A_w : Activité de l'eau.

B : essai I.

C : essai II.

CM : Coagulase microbienne.

Cm : Concentration molaire.

CSR : *Clostridium* sulfito-réducteur.

D : Dilution.

E : Masse de l'échantillon après étuvage.

E1 : Masse de l'échantillon.

ESD : Extrait sec dégraissé.

EST : Extrait sec total.

F : force de coagulation.

FAO : Food and Agriculture Organization.

FIL : Fédération International de Laiterie.

G.candidum : *Geotrichum candidum*

H : Humidité.

H₂O₂ : Eau oxygéné.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

K. lactis : *Kluyveromyces lactis*.

M : Masse molaire de l'acide lactique.

MG : Matière grasse.

m_p : Masse pesé.

M_{théo} : Masse théorique.

MV : Masse volumique.

n : nombre de bactéries.

N : Nombre des colonies compté sur la boîte.

N/9 : normalité 1/9.

NaCl : Chlorure de sodium.

NaOH : Hydroxyde de sodium (la soude).

NB : Nota Bene « bien noter que ».

OMS : Organisation Mondial de la Santé.

P. camemberti : *Penicillium camemberti*.

P. fluorescence : *Pseudomonas fluorescence*.

PCA : Gélose Plat Count Agar.

Pc : Poids de caillé.

pH : Potentiel d'hydrogène.

Pl : poids de lait.

R : Rendement.

SARL : Société à responsabilité limitée.

S.aureus : *Staphylococcus aureus*.

SNV-ST : Science de la nature et de la vie et science de la terre.

S.V.C.N : Syndicat des fabricants de Véritable Camembert de Normandie.

T : Masse de la capsule.

Tc : Temps de coagulation.

TIA : Toxi-infection alimentaire.

U.A.C : Unité d'activité coagulante.

U.P : Unité présure.

V : Volume de la chute de la burette.

v : Volume de l'agent coagulant.

VB : Vinaigre blanc.

Ve : Volumeensemencé.

VF : Gélose viande foie.

VI : Volume du lait.

VP : Vinaigre pomme.

X : L'inconnu.

°D : Degré Dornic.

Listes des figures

Numéro	Titre	Pages
Figure 01	Position géographique de LA VALLEE	23
Figure 02	Fromage à pâte molle type Camembert de LA VALLEE	23
Figure 03	Ferments lactiques : A : Souche thermophile ; B : Souche mésophile	26
Figure 04	Expression des résultats de test de Beta Star Combo	29
Figure 05	Diagramme de fabrication de fromage à pâte molle type Camembert par les trois types de coagulases (VP, VB et CM).	34-35
Figure 06	Payasse préparer pour la séance de dégustation à la faculté SNV-ST de Bouira	41
Figure 07	Caillé et lactosérum de l'essai I (VP) et II (VB)	46
Figure 08	Caillé et lactosérum de l'essai III (CM)	46
Figure 09	Evolution du pH en fonction du temps aux cours de production du Camembert en fonction du temps	47
Figure 10	Evolution de l'acidité titrable en fonction du temps aux cours de production du Camembert	48
Figure 11	Suivi du développement de la croûte de <i>Penicillium</i> des trois essais aux cours de l'affinage.	50
Figure 12	Histogramme des classes des essais I (VP), II (VB) et III (CM) en fonction du nombre des dégustateurs du test de préférence	59

Liste des tableaux

Numéross	Titres	Pages
Tableau I	Composition du lait.	03
Tableau II	Composition des protéines dans le lait	04
Tableau III	Selon FAO, les constituants lipidiques de lait de vache et localisation dans les fractions physico-chimiques (g/100g de matière grasse).	06
Tableau IV	Composition vitaminique moyenne du lait.	07
Tableau V	Principaux minéraux du lait.	07
Tableau VI	Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage du Camembert.	12
Tableau VII	Origine de la flore de contamination	15
Tableau IX	Résultats de la détermination de l'activité coagulante.	42
Tableau X	Résultats des analyses physicochimiques du lait cru.	43
Tableau XI	Résultats des analyses bactériologiques du lait pasteurisé.	44
Tableau XII	Principales observations lors de la production.	45
Tableau XIII	Résultats du pH obtenus au premier jour de production.	47
Tableau XIV	Résultats de l'acidité obtenus au premier jour du production.	48

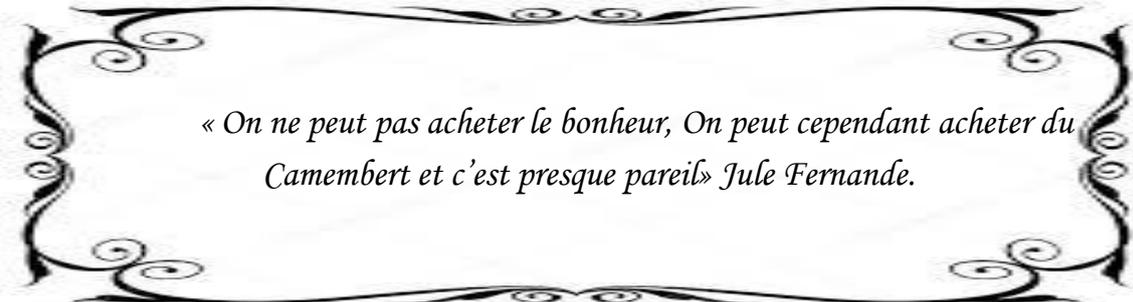
Tableau XV	Résultats des analyses physicochimiques du Camembert.	52
Tableau XVI	Résultats des analyses bactériologiques du Camembert.	53
Tableau XVII	Tableau statistique des résultats de test d'intensité	55
Tableau XVIII	Résultats du test de préférence	56
Tableau XIX	Résultats finaux du test Kruskal-Wallis.	56
Tableau XX	Résultats de comparaison multiple par paire, différences significatives avec les p-values.	57
Tableau XXI	Résultats finaux du teste Kruskal-wallis	58

Liste de tableaux des annexes

Numéros	Titres	Pages
Tableau VIII	Fiche technique des agents coagulants utilisées	01
Tableau XXII	Résultats du Test de Kruskal-Wallis pour la couleur jaune	05
Tableau XXIII	Différences significatives et p-values pour la couleur jaune	05
Tableau XXIV	Résultats du Teste de Kruskal-Wallis pour la texture	05
Tableau XXV	Résultats du teste des différences significatives et p-values de la texture lisse	05
Tableau XXVI	Résultats du teste des différences significatives et p-values de la texture moelleuse	06
Tableau XXVII	Résultats du teste des différences significatives et p-values de la texture dure	06
Tableau XXVIII	Résultats du teste de Kruskal-Wallis pour l'odeur	06
Tableau XXIX	Résultats du teste des différences significatives et p-values pour l'odeur	07
Tableau XXX	Résultats du teste des différences significatives et p-values pour l'odeur animale	07
Tableau XXXI	Résultats du teste des différences significatives et p-values pour l'odeur herbe	07
Tableau XXXII	Résultats du teste de Kruskal-Wallis pour le goût	07

Tableau XXXIII	Résultats du teste des différences significatives et p-values pour le goût acide	08
Tableau XXXIV	Résultats du teste des différences significatives et p-values pour le goût salé	08
Tableau XXXV	Résultats du teste des différences significatives et p-values pour le goût amer	08
Tableau XXXVI	Résultats du teste des différences significatives et p-values pour le goût rance	08

Introduction



« On ne peut pas acheter le bonheur, On peut cependant acheter du Camembert et c'est presque pareil » Jule Ferlande.

Introduction

Le lait et les produits laitiers constituent des denrées alimentaires d'origine animale de très grande valeur nutritive en raison de leur richesse en protéines, en Calcium et en vitamines (KONTE, 1999).

Le lait occupe une place importante dans la ration alimentaire de l'individu (GHAOUES, 2011). L'Algérie est un pays de tradition laitière, c'est le plus important consommateur du lait dans le Maghreb (GHAOUES, 2011). Selon la fédération interprofessionnelle marocaine, la production du lait en Algérie s'élève à 2.5 milliard de litres en 2016. Dans le but de conquérir les marchés africains et pour des raisons de sécurité alimentaire, les autorités visent atteindre 4 milliards de litres en 2020 (ALLAM et LAMCHARFI, 2017).

Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (F.A.O.), 40% du lait fabriqué dans le monde est transformé en fromage, ce chiffre qui ne cessent d'augmenter d'année en année, ont fait que l'industrie fromagère soit en tête des industries de transformation des laits (ZIKOUI, 2013). Les fromages sont des formes de conservation du lait (BENLOUCIF et OULMI, 2017) ; chacun sa spécification, ils varient par la nature du lait, la teneur en matière grasse et le mode de préparation (TALEBBENDIAD, 2017).

La fabrication du fromage à pâte molle type Camembert exige l'utilisation d'un lait de haute qualité bactériologique et physico-chimique. Ainsi, dans les pays à grandes traditions fromagères tels que la France, ce fromage est élaboré soit directement à partir du lait cru soit à partir du lait pasteurisé (HAMADA et DEBBAKH, 2014).

La première étape de fabrication du fromage est la coagulation qui est considérée comme la clé de la réussite de n'importe quelle préparation (SIAR, 2014). C'est l'un des facteurs déterminants de la quantité du fromage produite et de sa qualité (MACHEBOEUF et *al.*, 1993). Il existe essentiellement deux types de coagulation, l'une est dite enzymatique (BOUGHELOUTE, 2007) et l'autre est dite acide réalisé à l'aide des ferments lactiques, par l'ajout des acides acétiques (vinaigre) ou le jus de citron (BENSAID, 2011; HAMADA et DEBBAKH, 2014).

BENSAID en 2011 a noté une diminution de l'utilisation des présures animales. Les protéases extraites à partir des bactéries ont plusieurs inconvénients tels que la non spécificité de l'hydrolyse, la protéolyse excessive qui a pour conséquence un faible rendement et une modification des caractéristiques organoleptiques des fromages (goût acide, amer...) (BOUGHELLOUTE, 2007). La France est réputée comme étant le premier pays de fromage sur le plan de la production et de la consommation (GUILLAUM, 2013), aussi seul pays qui utilise la voie chimique (acides organiques) pour la standardisation du pH du lait avant emprésurage (TALANTIKITE – KELLIL, 2015), cependant, de très rares travaux ont été réalisés sur la coagulation par acidification.

C'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés à remplacer la voie de la coagulation mixte (coagulase microbienne et ferments lactiques) utilisée par la laiterie fromagerie LA VALLEE par la voie de la coagulation acide seule en utilisant deux types de vinaigres (acide acétique) : le vinaigre de pomme et le vinaigre blanc en comparant leurs effets sur les qualités physico-chimiques, bactériologiques et organoleptiques d'un fromage à pâte molle type Camembert. Pour ce faire nous avons réalisé cette étude en trois parties essentielles :

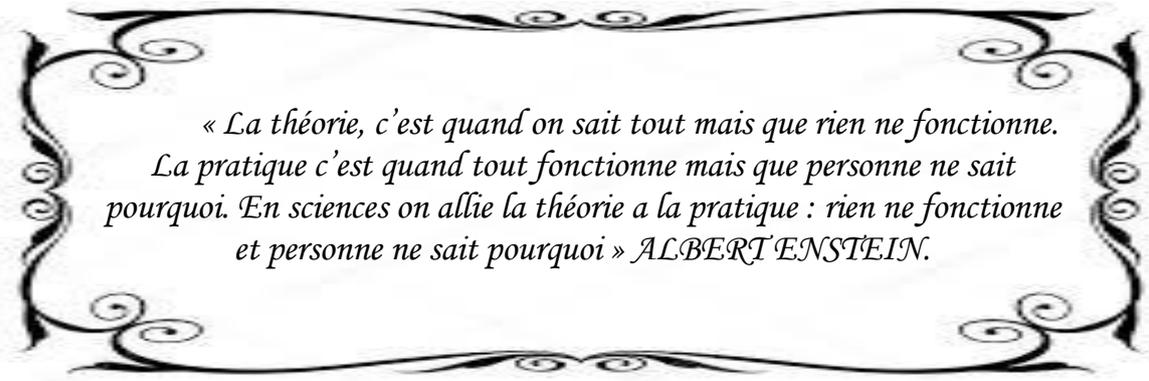
- Partie bibliographique sur le lait, les fromages, la coagulation et les étapes de production du fromage à pâte molle type Camembert ;
- Partie expérimentale : où nous avons essayé de produire un fromage à pâte molle type Camembert par l'utilisation de deux vinaigres et de la coagulase microbienne utilisée par l'industrie tout en suivant les paramètres physicochimiques et microbiologiques lors du procès ;
- Partie résultats et discussion.

Les principales questions qu'on se pose sont :

- L'essai de production des fromages à pate molle type Camembert par le vinaigre peut-il réussir ?
- Le fromage obtenu aura-t-il une qualité physico-chimique, bactériologique et organoleptique satisfaisantes comme le fromage commercialisé ?
- Le rendement fromager sera-t-il intéressant pour commencer à penser à cette alternative en industrie ?

Partie

bibliographique



*« La théorie, c'est quand on sait tout mais que rien ne fonctionne.
La pratique c'est quand tout fonctionne mais que personne ne sait
pourquoi. En sciences on allie la théorie a la pratique : rien ne fonctionne
et personne ne sait pourquoi » ALBERT EINSTEIN.*

I. Généralités sur le lait

I.1. Définition

Selon le dictionnaire de terminologie de la fédération internationale de laiterie (FIL) et le code FAO/OMS : « le lait est le produit de la sécrétion des glandes mammaires normal obtenus par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ou soustraction ».

Le décret français de 25/03/1924 précise que la dénomination «Lait » sans indication de l'espèce animal de provenance est réservée au lait de vache. Tout lait provenant d'une femelle laitière autre que la vache doit être désigner par la dénomination « lait » suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient : « lait de chèvre », « lait de brebis »,... Les mêmes règles de dénomination sont appliquées en Algérie (BENDIMERAD, 2013).

I.2. Composition du lait

La composition du lait varie selon de multiples facteurs bien connus, facteurs intrinsèques : la race, le stade de lactation, l'âge et l'état sanitaire de l'animal et facteurs extrinsèques : l'alimentation, la traite et la saison, il faut donc prendre en compte la ration et la technique d'affouragement (RAGOT, 2011).

Le lait est une émulsion, c'est-à-dire un mélange entre une phase lipidique formant la crème et une phase aqueuse riche en éléments solubles dans l'eau : protéines, lactose, sels minéraux... (BENSAID, 2011) comme le montre le tableau I. Le lait est généralement considéré par les spécialistes de la santé et de la nutrition comme un aliment complet, équilibré en nutriments (glucides, protides et lipides), riche en minéraux et contenant presque toutes les vitamines à l'exception des vitamines liposolubles (A et D) et les enzymes qui sont minoritaires (BENDIMERAD, 2013 ; ROUABHIA et MESSAOUDI, 2017).

Tableau I : Composition du lait (BENDIMERAD, 2013).

Composants	Quantités (g/l)
Extrait sec total	128
Protides	34
Caséines	26
Lactose	48
Matière saline	9
Matière grasse	37
Extrait sec dégraissé	92

I.2.1. Eau

L'eau est l'élément le plus important du lait sur le plan pondéral soit 88,6 % du poids total. Elle tient en suspension tous les autres éléments tels que les glucides, lipides, protéines et divers sels minéraux (DIOUF, 2004).

Selon ROUABHIA et MESSAOUDI (2017) et GHAOUES (2011), elle se trouve sous deux formes : l'eau libre (96%) qui sert de solvant aux éléments hydrophiles (glucides, minéraux, protéines solubles et certaines vitamines), puisque elle présente un dipôle de doublets d'électron libres qui lui confère un caractère polaire, et l'eau liée (4%) impliquée dans la structure des micelles de caséines.

I.2.2. Protides

Le taux des matières azotées totale préjuge mal la qualité protéique et la valeur fromagère du lait, il est préférable de se référer aux matières protéique (précipitable par les acides forts), celle-ci comportent près de 82% des caséines dont les proportions décident la qualité du caillé et du rendement fromagère, toute amélioration du taux protéique est bénéfique en raison de la grande importance primordiale sur la valeur fromagère (WOLTER, 2012).

Selon GHAOUES (2011), le lait contient 3.2 à 3.5% de protéines (tableau II) 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.

Tableau II : Composition des protéines dans le lait (BENDIMERAD, 2013).

Noms	% des protéines
α –lactalbumine	25
β –lactoglobuline	45
Albumine sérique	5
Immunoglobulines	12
Caséines α_s	46
Caséines β	36
Caséines κ	13
Caséines γ	6

a. Caséines

La caséine est un complexe polypeptidique phosphoré à caractère acide qui précipite à un pH de 4.6 (ROUABHIA et MESSAOUDI, 2017). Elle comprend plusieurs types de molécules qui peuvent être séparées par électrophorèse et par ultracentrifugation, on obtient: la caséine α_s , la caséine κ , la caséine β et la caséine γ .

La caséine κ a une action protectrice à l'égard des micelles formées par l'association des caséines α_s et β . Cette étape des caséines joue un rôle important dans la fabrication des fromages. On effet, lors de l'emprésurage du lait, la présure s'attaque à la caséine κ et la para caséine κ ainsi formée perd son pouvoir de fixation du Calcium, en présence de ce dernier les caséines se coagulent en formant le caillé qui, par synérèse, expulse un liquide (lactosérum) formé lui-même de sels minéraux, lactose, lactoglobuline, lactalbumine qui restent en solution. La coagulation est très lente en dessous de 15°C. La vitesse, le degré de coagulation et de synthèse sont d'autant plus élevés que la teneur en caséine et de l'acidité du lait (BENSAID, 2011).

b. Protéines solubles ou protéines de lactosérum

GHAOUES (2011) définit les protéines du lactosérum (α -lactalbumine et β -lactoglobuline) comme protéines d'excellentes valeurs nutritionnelles, riches en acides aminés soufrés, en lysine et en tryptophane. La dénaturation de la β -lactoglobuline par chauffage a pour conséquence la formation d'un caillé moins ferme que celui que l'on désirerait obtenir lors de la fabrication du fromage. Ceci est dû au fait que la lactoglobuline dénaturée est absorbée à la surface des micelles de caséines et empêche l'action de la présure (BENSAID, 2011).

I.2.3. Matière grasse

Les matières grasses sont présentent dans le lait sous forme d'une émulsion des globules gras d'environ 1.5 à 20 μm selon ROUABHIA et MESSAOUDI (2017), et de diamètre 0.1 à 10 μm selon GHAOUES (2011). Les lipides constituent l'essentiel de la matière grasse (98%) qui ont à la fois une teneur et une localisation bien précise comme présenté dans le tableau III (COURTET LEYMARIOS, 2010).

Tableau III : Selon la FAO, les constituants lipidiques du lait et leurs localisation dans les fractions physico-chimiques (g/100g de matière grasse), (COURTET LEYMARIOS, 2010).

Constituants lipidiques	Teneur	Localisation
Triglycérides	96-98	Globules gras
Diglycérides	0.3-1.6	Globules gras
Monoglycérides	0.0-0.1	Globules gras
Phospholipides	0.2-1.0	Membrane des globules gras et lactosérum
Stéroïdes	0.2-0.4	Globules gras
Acides gras libres	0.1-0.4	Membrane des globules gras et lactosérum
Esther de cholestérols	Traces	Membrane des globules gras
Vitamines A, D, E et K	0.1-0.2	Globules gras

I.2.4. Glucides

Selon ROUABHIA et MESSAOUDI (2017), le lait contient deux types de glucides :

- Les glucides libres dont le principal est le lactose, c'est un disaccharide constitué d'une molécule de galactose et d'une molécule de glucose.
- Les glucides associés aux protéines.

Le lactose est le constituant le plus abondant après l'eau, qui est quasiment le seul glucide du lait de vache et représente 99% des glucides. Sa teneur est très stable entre 48-50g/l dans le lait (GHAOUES, 2011) ; ces glucides ont de multiples rôles :

- Rôle énergétique : représente environ 30% de la valeur calorique du lait;
- Rôle important au niveau intestinal : facilite l'absorption du Calcium et favorise l'implantation de la flore lactique,
- Substrat de fermentation pour les bactéries lactiques dans la fabrication des produits laitiers (BENSAID, 2011, ROUABHIA et MESSAOUDI, 2017).

I.2.5. Vitamines

Les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser. On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constante, d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K). La composition vitaminique moyenne du lait cru est détaillée dans le tableau IV (GHAOUES, 2011).

Tableau IV : Composition vitaminique moyenne du lait (GHAOUES, 2011).

Vitamines	Teneur moyenne (µg/100ml)
Vitamines liposolubles	
Vitamine A	40
Vitamine D	2.4
Vitamine E	100
Vitamine K	5
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2mg
Vitamine B1 (thiamine)	45
Vitamine B2 (riboflavine)	175
Vitamine B6 (pyridoxine)	50
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0.45
Acide folique	5.5
Vitamine H (biotine)	3.5

I.2.6. Minéraux

La fraction minérale, bien que mineure dans la composition du lait, joue un rôle essentiel au point de vue nutritionnel (BENSAID, 2011). Les principaux minéraux sont : Calcium, Magnésium, Sodium, Potassium, Phosphate, Chlorure et Citrate (GHAOUES, 2011), qui sont des constituants majeurs des matières salines du lait (tableau V).

Tableau V: Principaux minéraux du lait (COURTET LEYMARIOS, 2010)

Minéraux	Teneur (g/l)
Calcium	1.25
Phosphore	1.00
Magnésium	0.12
Sodium	0.50
Potassium	1.25
Chlore	1.00
Autres (Soufre, Citrate...)	1.80

II. Généralités sur le fromage

II.1. Définition

Le fromage est défini par la FAO comme étant un produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir d'une matière d'origine exclusivement laitière : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse et babeurre ; utilisée seul ou en mélange et coagulée en tous ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche du produit ainsi défini doit être de 23g/100g du fromage (BOUGHELLOUT, 2007).

Selon le codex alimentarius : "Le fromage est le produit frais ou affiné, solide ou semi solide, dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine n'excède pas celui du lait, obtenu par coagulation du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation (ROUABHIA et MESSAOUDI, 2017).

II.2. Classification des fromages

De nombreuses tentatives de classification des variétés des fromages ont été faites basées sur différents critères : le type du lait employé, leur richesse en matière grasse, texture, méthode de coagulation, indices d'affinage et aspect extérieur. Toute modification du procédé de fabrication va conduire à la production d'un type de fromage différent, aussi la variation dans la microflore microbienne fromagère va conduire à des propriétés organoleptiques propres à chaque fromage (ALPER, 2013; BENDIMERAD, 2013).

II.2.1. Fromage frais ou à pâte fraîche

Ce sont des fromages à égouttage lent, fabriqué à partir du lait ou de la crème, ils résultent de la coagulation mixte, ce fromage se caractérise par l'absence d'affinage après les étapes d'égouttage et de moulage, il regroupe des produits très variés en terme de matière grasse (0-60% par rapport à l'extrait sec), la matière sèche totale est supérieure à 15%. Tous les fromages frais ont une date limite de consommation de 45 jours (AISSAOUI, 2016).

II.2.2. Fromage à pâte pressée

La préparation du lait comporte une phase de standardisation en matière grasse et une maturation par ajout de ferments mésophiles et éventuellement thermophiles.

Après coagulation, le caillé subit une d'écaillage et un brassage pour le transformer en grains. Le caillé est ensuite moulé et pressé pendant 4 à 20 h. En fin de pressage les fromages sont salés en saumure puis affinés (TALEBBENDIAB, 2017).

II.2.3. Fromage à pâte molle

Disons que les pâtes molles regroupent tous les fromages fermentés qui ne sont ni pressés ni cuits, plus égoutté que la pâte fraîche et leurs taux d'humidité est autours de 50% (VIGNOLA, 2002). Cette catégorie comprend une telle variété de fromage qu'elle mérite d'être subdivisée en :

- Fromages à pâte molle à croûte fleurie : fromages élaborés à partir du lait de vache ou de chèvre, cru ou pasteurisé. Le caillage est mixte et l'égouttage est spontané. l'ensemencement se fait avec le *Penicillium* et facultativement par la levure *Geotrichum candidum* qui donnera à la croûte son aspect du duvet blanc feutré appelé « fleur », exemple : Brie et Camembert.
- Fromages à pâte molle à croûte lavée : sont élaborés à partir du lait cru ou pasteurisé, le caillage est mixte et l'égouttage est spontané. Ils sont caractérisés par la croissance à leurs surfaces d'une microflore bactérienne majoritairement à Gram positif et des levures. Lors de l'affinage, la croûte développe un aspect luisant rouge-orangé qui survient après plusieurs lavages de la surface, ce lavage s'effectue à l'eau salée qui favorise le développement des certaines bactéries protéolytiques donnant à ces fromages leurs goûts et leurs odeurs caractéristiques (ALPER, 2013 ; ROUABIA et MESSAOUDI, 2017).

II.2.4. Fromage fondu

C'est un produit obtenue par le mélange des fromages de différentes origines et à différents stades d'affinage avec des sels de fonte, ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiellement et agité constamment jusqu'à l'obtention d'une masse homogène qui est conditionnée dans un emballage protecteur (ROUABHIA et MESSAOUDI, 2017).

III. Généralité sur le fromage à pâte molle type Camembert

III.1. Historique

Camembert est un village français de l'Orne, dans la région de la Basse-Normandie en France, le plus ancien texte retrouvé à ce jour faisant allusion au célèbre fromage Camembert a été publié en 1708 dans un dictionnaire géographique écrit par Thomas Corneille, il y a mentionné que dans le bourg de Vimoutiers se tient un marché tous les lundis où sont disponibles des fromages de Livarot et de Camembert. À cette époque, les fromages sont cités en fonction de l'endroit où ils sont faits et ils sont rarement décrits. Ce sont les paysans qui fabriquent ces fromages et qui les vendent « en blanc » à des affineurs pour qu'ils les affinent.

La commercialisation du Camembert Normand a pris son essor avec l'arrivée du développement ferroviaire, en particulier grâce à la ligne Paris-Lisieux-Caen inaugurée en 1855. La demande devenant tellement grande, la production s'étend alors à l'ensemble du pays d'Auge. Dans cette région, la production d'autres types des fromages est délaissée. Les plus gros producteurs deviennent pratiquement des industriels.

En 1870, il est désormais possible de retrouver des producteurs du Camembert dans d'autres parties de la Normandie, en Bretagne et dans les pays de la Loire. La production s'étend aussi en Ille-et-Vilaine où six fromageries fabricants du Camembert.

En 1905, le fromage Camembert était largement distribué à travers le monde et beaucoup de pays en produisaient. L'importation des fromages Camembert de la France vers les États-Unis était compliquée à cette époque puisque les fromages demeuraient difficilement en bon état. Les Américains avaient donc commencé leurs études de la production du Camembert.

En 1909, le Syndicat des fabricants de Véritable Camembert de Normandie (S.V.C.N.) est constitué. Ce syndicat entreprendra des démarches pour que le nom Camembert soit attribué seulement aux fromages de ce type produits en Normandie.

C'est durant la première guerre mondiale que s'établira la renommée nationale de ce fromage. Les fromagers s'efforçaient de fournir les soldats français en fromages Camembert ce qui l'a fait connaître à travers tout le pays. La demande s'accroît alors brutalement et la Normandie ne pouvant y répondre, les producteurs d'autres régions françaises y répondirent.

En 1926, la cour d'appel d'Orléans déclare public le terme Camembert, mais exige cependant que la provenance de la fabrication soit mentionnée.

Après la deuxième guerre mondiale, la production s'étend encore dans l'est de la France et ensuite dans tout le pays. Les productions traditionnelles à base du lait cru ont été reconnues comme une appellation d'origine contrôlée (A.O.C.) en 1983.

En 1992, l'Union Européenne a instauré l'appellation d'origine protégée (A.O.P) pour promouvoir et protéger des produits alimentaires traditionnels et régionaux. Le Camembert de Normandie a obtenu son A.O.P en 1996 (Commission Européenne : Agriculture et développement rural, 1996).

Le Camembert n'est plus, et depuis longtemps, une exclusivité normande ou française. Il est fabriqué dans plusieurs pays à travers le monde, notamment en Argentine, au Japon, en Allemagne, en Australie, aux États-Unis et au Canada (LABONTE, 2012 ; TOUCHETTE, 2016).

III.2. Définition

Selon le CODEX STAN (2010) : « 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 cylindriques. 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 ». Le Camembert n'est pas prêt à la consommation immédiatement après la fabrication. Il doit être maintenu pendant un certain temps dans des conditions nécessaires pour que s'opère les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage (SIAR, 2014).

III.3. Valeur nutritionnelle du fromage à pâte molle types Camembert

Selon son mode d'élaboration, le Camembert renferme 30-50% de la matière azoté/matière sèche. Il s'inscrit ainsi parmi les meilleures sources alimentaires des protéines ayant une digestibilité élevée (TALEBBENDIAB, 2017).

La matière grasse du Camembert est de 25 à 40% conditionne l'onctuosité de la pâte et constitue une source importante de la flaveur particulière conférée au produit fini. Concernant le lactose, il faut noter que les fromages affinés sont pratiquement dépourvus des glucides car la faible quantité de lactose est transformée en acide lactique aux cours de l'affinage.

Pour les autres nutriments, le Camembert constitue un apport important en Calcium, Phosphore, Sodium et en Vitamines (ROUABHIA et MESSAOUDI, 2017).

III.4. Flore microbienne du Camembert

III.4.1. Flore utile

Parmi les différentes variétés fromagères, le Camembert est reconnu pour la grande complexité de son affinage et sa rapidité. La microflore d'affinage du Camembert est composée de différentes espèces bactériennes, de levures et de moisissures (tableau VI). La diversité de cette microflore est variable, elle est influencée par les procédés de fabrication tels que la pasteurisation. La teneur en humidité élevée et le développement des mycètes en surface sont les principaux facteurs responsables de la rapidité de la vitesse d'affinage (TOUCHETTE, 2016).

Tableau VI : Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage du Camembert d'après DAHOU (2017).

Groupes	Origines	Fonctions
Bactéries lactiques - <i>Lactococcus</i> - <i>Streptococcus</i>	Lait et éventuellement levains lactiques.	-Acidification -Protéolyse -Protection Acide
Bactéries coryneformes - <i>Corynebacterium</i> - <i>Brevibacterium</i>	Lait et éventuellement levains lactiques.	-Protéolyse -Coloration de la croûte
Levures - <i>Kluyveromyces</i> - <i>Saccaromyces</i>	Lait, atmosphère des locaux, matériel de la fromagerie, éventuellement levains.	Production des composants d'arômes.
Moisissures - <i>Penicillium camemberti</i> - <i>Geotrichum candidum</i>	-Le vains fongiques -Lait, atmosphères des locaux, matériel de la fromagerie et levain	-Protéolyse, lipolyse, production des composants d'arômes. -Désacidification, protéolyse, lipolyse et production des composants d'arômes.

III.4.1.1. Flore bactérienne

Les bactéries nécessaires à la fabrication des fromages du type Camembert se regroupent en deux principales catégories : les cultures lactiques et les cultures d'affinage.

a. Ferments lactiques

La principale fonction des bactéries lactiques est d'acidifier le lait. Cette activité est possible d'abord grâce à la présence de l'enzyme β -galactosidase, qui permet de scinder le lactose en glucose et en galactose. Les micro-organismes utilisés comme ferment lactique qui participent dans la fermentation dite homolactique se définissent comme transformant le lactose présent dans le lait en acide lactique en absence d'oxygène, ce qui amène un abaissement du pH qui, s'il atteint une valeur inférieure ou égale à 4,6, permet la coagulation des protéines du lait. Plusieurs sont importants par leur type fermentaire homolactique ou hétérolactique comme *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* et *Streptococcus* (LEVEAU et al., 1993).

Dans les fromages à pâte molle type Camembert, l'ajout des ferments thermophiles a donné naissance aux fromages dits stabilisés, en opposition aux caillés traditionnels qui n'en contiennent pas. L'intérêt pour les pâtes stabilisées vient du fait qu'elles s'affaissent moins une fois coupées, ce qui est recherché par certains consommateurs (LESSARD, 2014).

b. Ferments d'affinages

La majorité des bactéries isolées à partir des fromages à pâte molle ont le potentiel de contribuer à l'arôme des fromages en dégradant les lipides, les protéines et les acides aminés. Ces bactéries appartiennent aux familles des *Micrococacceae* et des *Corynebacteriaceae*, mais la principale espèce de bactérie Corynéforme qui participe à l'affinage des fromages de type Camembert est *Brevibacterium* productrice de caroténoïde responsable de la couleur orange de la croûte du fromage qui est considéré comme l'un des défaut pour le fromage type Camembert, sa croissance est fortement inhibé par *Penicillium camemberti* donc le risque de l'apparition de cette couleur est faible (LESSARD, 2014).

III.4.1.2. Flore fongique

Plus de cinquante espèces fongiques différentes ont été répertoriées comme microflore naturelle dans les fromages, elles sont en général très tolérantes aux faibles pH et peuvent se développer jusqu'à la neutralité (LESSARD, 2014).

Dans les fromages types Camembert faits du lait cru, les levures retrouvées sont *Kluyveromyces marxianus ssp. Lactis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida* et *Yarrowia*. Elles ont été identifiées à la surface et au centre de l'aliment et leurs répartitions varie entre les différents fromages et le stade d'affinage. *Geotrichum candidum* est la levure la plus importante dans la fabrication des fromages à pâte molle type Camembert (LESSARD, 2014 ; TOUCHETTE, 2016).

a. *Penicillium camemberti*

Selon NOUADRI (2011), Thom en 1906 décrit sous le nom de *Penicillium camemberti*, un champignon qu'il avait isolé deux ans auparavant d'un Camembert venant de la France. C'est l'une des moisissures les plus intéressantes pour la fabrication des fromages affinés tel que le Camembert et le Brie (LEVEAU et al., 1993). La croissance de *P. camemberti* commence par la germination des spores, cette germination survient lorsque des conditions favorables sont présentes. Dans un fromage à pâte molle type Camembert pour lequel les spores ont été ajoutées au lait lors de la fabrication, il n'y a que les spores qui se

trouvent à la surface du fromage qui peuvent germer puisqu'elles sont les seules à être en contact avec une quantité suffisante d'oxygène. Les spores qui germent ont la capacité de se fusionner lorsqu'elles sont suffisamment près les unes des autres. Le mycélium de *P. camemberti* correspond plus ou moins à la croûte du fromage, il a environ 1 cm de la hauteur et de la couleur blanche (LABONTE, 2012).

L'ajout de *P. camemberti* comme ferment d'affinage 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 ainsi que de leurs activités protéolytiques et lipolytiques qui permettent la production d'arômes (ALPER, 2013).

b. *Geotrichum candidum*

Geotrichum candidum est une levure qui est le sujet de plusieurs études biochimiques et physiologiques grâce à son importance biotechnologique et à sa présence dans divers environnements (GASTELUM-MARILINEZ, 2012). L'espèce *G. candidum* a été retrouvée dans une grande diversité des fromages. Il est parfois difficile de savoir si cette espèce est ajoutée volontairement avec les ferments d'affinage ou s'il s'agit d'un microorganisme naturellement présent, provenant de l'environnement de la ferme, de la fromagerie, des travailleurs ou de l'équipement (VIGNOLA, 2018).

Elle colonise la surface de plusieurs variétés fromagères dont les pâtes molles telles que le Camembert, les fromages au lait de chèvre et de brebis (TOUCHETTE, 2016). Cette levure est utilisée très souvent comme facteur de qualité pour certain fromage à pâte molle (LEVEAU et al., 1993).

G. candidum apparaît à la surface et au centre des fromages type Camembert durant les premiers jours d'affinage, a un impact sur la texture, la fermeté et l'épaisseur de la croûte formée, son mycélium assèche la surface des fromages ce qui diminue le risque d'apparition d'une croûte collante. Elle a une propriété aromatisant et alcalinisant. En plus, sa vitesse de recouvrement de la surface des fromages limite les contaminations par d'autres moisissures (effet antimicrobien). Elle est généralement peu tolérante au sel, les souches destinées à des fins technologiques sont choisies parmi les plus résistantes. De plus, *G. 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* (GASTELUM-MARTINEZ, 2012 ; ALPER, 2013 ; LESSARD, 2014 ; TOUCHETTE, 2016).

c. *Kluyveromyces lactis*

Kluyveromyces est une levure qui fermente le lactose qu'on la retrouve en fromagerie ; *Kluyveromyces lactis* est cultivé sur le lactose pour produire des protéines (GUIRAUD, 2012). C'est une levure retrouvée naturellement dans le lait et le fromage par l'ensemencement volontaire dans le lait (FORQUIN, 2010 ; HEBERT, 2010). Elle est considérée comme des microflore d'intérêt technologique en transformation fromagère (TORMO, 2010). C'est l'une parmi les principales levures retrouvées à la surface ainsi au cœur du fromage à côté des bactéries lactiques (*Lactococcus sp.* et *Streptococcus sp.*) et des levures fermentaires (*Saccharomyces*) puisque le pH y est plus acide et la concentration en oxygène y est plus faible (LABONTE, 2012). Selon GUILLAUME (2013) les espèces de genre *Kluyveromyces* interviennent en début de l'affinage des fromages.

Les levures du genre *Kluyveromyces* participent à la désacidification du caillé. Elles sont capables de produire des composés d'arôme variés principalement des esters aux notes fruitées et des alcools, *K. lactis* peut produire des composés soufrés volatils (FORQUIN, 2010 ; HEBERT, 2010).

III.4.2. Flore de contamination

Il existe quatre genres bactériens pathogènes responsables de la majorité des cas de toxi-infection alimentaire (TIA) dans le fromage : *Salmonella*, *Esherichia coli O157:H7*, *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus aureus* (GOULET-BEAULIEU, 2013).

L'origine des contaminations par les bactéries pathogènes varie en fonction de la nature du produit, de son mode de production et de transformation comme indiqué dans le tableau VII (HAMADA et DEBBAKH, 2014).

Tableau VII : Origine de la flore de contamination (ABDELMOUMEN, 2015)

Bactéries d'origine fécale	Bactéries présentes sur l'animal malade
<i>Clostridium</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Coliformes fécaux	<i>Brucella sp</i>
<i>Salmonella sp</i>	<i>Listéria sp</i>
<i>Brucella sp</i>	
<i>Campylobacter sp</i>	

III.4.2.1. Coliformes

Les genres les plus fréquemment isolés dans les laits sont les suivants : *Enterobacter*, *Klebsiella* et *Yersinia*, ces genres se retrouvent également dans les fromages. Lorsque les coliformes sont à des niveaux élevés dans les laits ou encore dominants, ils sont responsables des gonflements précoces des fromages, du fait de la production de gaz carbonique et d'hydrogène très peu soluble dans le lait. Ils peuvent conférer un aspect spongieux aux fromages (HAMADA et DEBBAKH, 2014).

III.4.2.2. Pseudomonas

L'espèce la plus répandue dans les laits est *Pseudomonas fluorescens*. Elles produisent des pigments qui sont à l'origine des défauts de la coloration, du goût (rance, amertume) et de la surface des fromages (HAMADA et DEBBAKH, 2014).

III.4.2.3. Staphylococcus

Ils sont principalement représentés par *Staphylococcus aureus*, pathogène présent dans le lait cru, l'origine principale de cette contamination est l'excrétion de *S. aureus* par des animaux laitiers atteints de mammites (HAMADA et DEBBAKH, 2014). Deux types de maladies peuvent être causés par *S. aureus* : les infections suppuratives qui dépendent de la prolifération de la bactérie elle-même comme l'infection d'une plaie ou d'un organe et les infections toxiques où la sécrétion d'une toxine est en cause comme le cas des TIA. Les symptômes sont des troubles gastro-intestinaux causant une déshydratation qui peut être grave chez des sujets à risques. Il peut produire des entérotoxines dont l'ingestion provoque des vomissements, souvent accompagnés de diarrhée. Étant donné que la rémission a lieu dans les 24 à 48 heures (GOULET-BEAULIEU, 2013 ; HAMADA et DEBBAKH, 2014).

III.4.2.4. Listeria monocytogenes

Listeria monocytogenes est utilisée comme indicateur d'hygiène en production et peut provoquer un gonflement précoce (fromage à pâte molle d'aspect spongieux), on peut la rencontrer de manière accidentelle dans le lait et les produits laitiers, elle peut provoquer la listériose à l'origine d'avortements et des troubles nerveux (HAMADA et DEBBAKH, 2014).

IV. Mécanismes de coagulation

IV.1. Définition de la coagulation

La coagulation du lait est une étape importante dans le processus de fabrication des fromages, elle correspond à un changement de l'état physique irréversible dans lequel un lait au repos, initialement liquide, passe à l'état semi-solide généralement appelé gel ou plus spécifiquement coagulum qui peut être obtenue par abaissement du pH (acidification), par action enzymatique ou par action mixte (BENDIMERAD, 2013; TALANTIKITE-KHELLIL, 2015).

IV.2. La coagulation acide

L'acidification du lait peut conduire suivant les conditions soit à un précipité de caséines à leurs point isoélectrique ($pH_i = 4.6$), soit à la formation d'un gel par acidification du lait (BENDIMERAD, 2013; ZIKOUI, 2013) ; l'abaissement du pH de 7 à 5.2 provoque la diminution du temps de coagulation (NOUANI, 2009). Elle est de deux types :

IV.2.1. Biologique

La coagulation biologique est due à l'aptitude des bactéries lactiques, présentes naturellement dans le lait, à produire de l'acide lactique par fermentation du lactose, c'est à partir des années 1900 que le développement des industries de transformation a conduit à leurs production industrielle ; les bactéries lactiques produites comme ferments commerciaux sont des cultures pures ou en mélanges appartenant aux genres : *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconstoc*, *Pediococcus* et *Bifidobacterium* (LEVEAU et al., 1993 ; SIAR, 2014 ; BENDIMERAD, 2013).

IV.2.2. Par voie chimique

Par l'utilisation des acides organiques (TALANTIKITE-KHELLIL, 2015) comme l'acide acétique (vinaigre) et le jus de citron (BENSAID, 2011 ; HAMADA et DEBBAKH, 2014) ou par l'ajout des protéines sériques à pH acide (4.6) qui provoque la floculation des micelles et la précipitation de la caséine entière déminéralisée. Le gel obtenu par acidification présente une perméabilité satisfaisante, mais une friabilité élevée avec une élasticité et plasticité pratiquement nulles dues au manque de structuration du réseau (DAHOU, 2017).

IV.3. Coagulation enzymatiques

Plusieurs protéases de différentes origines ont les capacités de coaguler le lait mais peu d'entre elles sont utilisées comme succédanées de présure. Cela est dû à leurs activités protéolytiques élevée qui s'exprime par une action excessive et non spécifiques sur les caséines. Plusieurs recherches ont été activement pressées ces dernières années, visant à la

mise en évidence des enzymes de remplacement dits succédanés de présure de différentes origines (animales, végétales et microbiennes) capables de coaguler le lait et d'assurer des meilleurs rendements fromagers (BOUYOUCHEF et TAOUZINET, 2016).

IV.3.1. Présure

Il y a environ 7000 ans, le lait était transporté dans des sacs appelé « outre » qui est faite de l'estomac de certains animaux. Un voyageur de cette époque qui décida de se rafraîchir avec le lait qu'il transporté avec lui, eu une surprise de découvrir que le lait s'était transformé en une substance semi solide ; intrigué et affamé, il gouta le contenu de sa outre et le trouve pas mauvais du tous, il venait de découvrir le fromage. Depuis ce temps là, les gens utilisent cette substance contenue dans l'estomac des jeunes ruminants qui fait cailler le lait, c'est la Présure (BELHEMICHE, 2005).

D'après ZIKOUI (2013), Cette enzyme est extraite à partir de la caillette de veau non sevré il faut en moyenne deux caillettes de veau pour produire 1 litre de présure et il faut environ 2 litres de présure pour produire une tonne de fromage, autrement dit : il faut sacrifier 4 jeunes veaux pour produire une tonne de fromage !

Selon la fédération internationale du lait (FIL), la dénomination Présure est réservée à l'extrait coagulant provenant de la quatrième poche de l'estomac appelée caillette des jeunes ruminants abattus avant sevrage (BENSAID, 2011 ; ADOUI, 2017).

IV.3.2. Protéases

L'utilisation des succédanés d'origine animale, végétale et microbienne s'est développée au courant des trente dernières années et cela pour des raisons économiques, religieuses ou culturelles (BOUGHELLOUT, 2007).

IV.3.2.1. Protéases d'origine animale

L'appareil digestif de certains mammifères secrète diverses protéases autres que la présure notamment la trypsine, chymotrypsine et la pepsine, Les deux premières enzymes bien que capables de coaguler le lait, ont donné des mauvaises résultats en fromagerie à cause de leurs activités protéolytiques très élevées. Les plus employés sont les pepsines (bovine, porcine et de poulet), (ADOUI, 2007 ; BOUYOUCHEF et TAOUZINET, 2016). La pepsine porcine a permis d'obtenir des résultats plus satisfaisants, et les meilleurs résultats sont obtenus à l'aide de mélange de la présure et de la pepsine porcine pour la fabrication des fromages acides (BOUYOUCHEF et TAOUZINET, 2016).

IV.3.2.2. Protéases d'origine végétale

Il existe plusieurs préparations coagulantes provenant du règne végétal extrait par macération de divers organes des plantes supérieures. Parmi les espèces connues on peut citer le gaillet, l'artichaut et le chardon (ADOUI, 2007 ; ROUABHIA et MESSAOUDI, 2017).

Les Protéases les plus connus sont : la ficine (latex de figuier), la papaine (*Carica papaya*), la broméline (ananas), (ADOUI, 2007 ; BOUGHELLOUT, 2007).

IV.3.2.3. Protéases d'origine microbienne

Les coagulants d'origine microbienne sont des enzymes protéolytiques produites par des microorganismes capables d'induire la coagulation du lait de manière similaire aux coagulants d'origine animale (NOUANI, 2009).

Le développement de la biotechnologie a provoqué un regain d'intérêt pour la production à partir des micro-organismes, des Protéases susceptibles de remplacer la présure (BOUYOUCHEF et TAOUZINET, 2016). En pratique, l'utilisation des préparations enzymatiques microbiennes a été soumise à une stricte réglementation, imposant des contrôles hygiéniques (liés à leurs production et extraction) et toxicologiques sévères afin d'éviter tout risque de toxicité lié à la présence d'antibiotiques et/ou d'aflatoxines. On distingue trois catégories de protéases microbiennes : les succédanés d'origine bactérienne et les succédanés d'origine fongique en plus de la chymosine produite par la génie génétique (TALANTIKIT, 2015).

a. Protéases d'origine bactérienne

De multiples espèces bactériens ont été étudiées notamment les genres *Bacillus* (*Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis* et *Bacillus coagulans*), *Pseudomonas* et *Escherichia coli* (BENSAID, 2011 ; DAHOU, 2017).

b. Protéases d'origine fongiques

Un grand nombre des champignons secrètent des protéases à acide aspartique dans le milieu de culture, ceux connus depuis longtemps sont *Endothia parasitica*, *Rhizopus chinensis*, *Penicillium janthinellum*, *Mucor pusillus* et *Mucor miehei* (NOUANI, 2009 ; DAHOU, 2017). Actuellement, c'est sur les protéases d'origine fongique que l'on fonde le plus d'espoir dans la production fromagère ; contrairement aux protéases bactériennes, les protéases fongiques ont donné des résultats meilleurs (TALANTIKIT, 2015), L'industrie fromagère en Algérie reste dépendante en matière d'approvisionnement en agents coagulants vis à vis des laboratoires étrangers et fait recours à l'importation de ces produits en vue de

leurs utilisations dans la fabrication de deux types de fromages, principalement le Camembert et l'Edam (NOUANI, 2009).

c. Chymosines produites par fermentation

Grâce au développement de la génie génétique, il est actuellement possible de produire par des micro-organismes clonés par le gène induisant l'expression de la prochymosine. La présure bovine recombinante est produite en utilisant comme hôtes les espèces microbiennes suivantes : *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces lactis* et *Aspergillus niger*. Par ailleurs, la protéase recombinante d'agneau a été produite en utilisant *E.coli*. (BELHEMICHE, 2005 ; TALANTIKITE-KHELLIL, 2015). Actuellement, plusieurs préparations commerciales sont disponibles sur le marché (Maxiren, Chymax, Chymogen,...). Sur le plan technologique, les essais nombreux et variés de fabrication des fromages réalisés dans le monde indiquent qu'aucune différence majeure ne peut être détectée entre les produits obtenus avec les chymosines génétiques et la présure traditionnelle en ce qui concerne les modalités de la coagulation, de l'égouttage, de l'affinage et les caractéristiques organoleptiques (TALANTIKITE-KHELLIL, 2015).

IV.4. Coagulation mixte

En pratique fromagère, un grand nombre des fromages sont obtenu par coagulation mixte qui résulte d'une action conjugué et équilibré de la voie enzymatique et de la voie acide (BENSAID, 2011) ; c'est la voie la plus utilisé pour la fabrication des fromages frais (petit suisse), fromages à pâte molle (Camembert) et fromages à pâte pressé non cuite (TALANTIKITE-KHELLIL, 2015 ; BOUYOUCHEF et TAOUZINET, 2016). Le coagulum obtenu présente des caractères intermédiaires entre ceux du gel lactique et celle de la présure.

Il est caractérisé par une souplesse et une élasticité moins grande, une fermeté et friabilité plus accentuées que celle du gel de la présure (SIAR, 2014).

V. Etapes clés de la production du fromage à pâte molle type Camembert

L'élaboration de ce type de fromage aux caractéristiques organoleptiques particulières passe par la réussite de nombreuses étapes technologiques (DAHOU, 2017), principalement : coagulation, égouttage, salage et l'affinage.

V.1. Coagulation

La coagulation se traduit par la formation d'un gel (ou coagulum) qui résulte dans le cas du Camembert des modifications physico-chimiques correspondant à une déstabilisation des micelles de caséines. Pour les fromages à pâtes molles, la coagulation est généralement mixte, elle est provoquée par l'action conjuguée de la présure et les bactéries lactiques (SIAR, 2014 ; DAHOU, 2017).

V.2. Egouttage

Cette phase consiste en l'élimination plus ou moins grande du lactosérum emprisonné dans les mailles du gel formé par voie acide et/ou enzymatique, cette élimination du lactosérum sera plus ou moins rapide selon la nature et l'histoire du coagulum. L'égouttage commence dans les cuves de coagulation, se poursuit dans les moules et le retournement successif est essentiel à l'égouttage adéquat du caillé afin d'accélérer l'expulsion de lactosérum. Le gel formé par acidification et/ou par action de la Présure constitue un état physique instable (LESSARD, 2014 ; TOUCHETTE, 2016 ; DAHOU, 2017).

V.3. Salage

Le salage constitue une phase importante de plusieurs productions fromagères à l'exception de la plupart des fromages frais qui ne sont pas salés (ROUABHIA et MESSAOUDI, 2017). Il s'effectue de différentes façons, en saupoudrant le caillé par le sel, en l'immergeant dans la saumure ou encore en le frottant avec un chiffon salé. Le sel ralentit la production d'acide lactique, conserve le fromage, rehausse l'arôme et accélère le processus du séchage (BENDIMERAD, 2013).

V.4. Affinage

L'affinage du fromage est une période de maturation pendant laquelle les propriétés sensorielles des fromages se développent grâce à une variété de réactions biochimiques comme l'utilisation des sucres, des acides organiques, des protéines et des lipides du caillé.

Les enzymes naturelles du lait (Lipoprotéinase, Phosphatases et Protéases), les enzymes coagulantes (Pepsine et Chymosine) et les enzymes protéolytiques et lipolytiques microbiennes (provenant des ferments lactiques et des agents d'affinage) participent grandement à l'apparition des propriétés organoleptiques des fromages (LESSAR, 2014). Dans le cas des fromages type Camembert de la production industrielle, la durée d'affinage est courte d'environ deux semaines et emballée entre 4 et 8°C (TOUCHETTE, 2016).

VI. Défauts des fromages

VI.1. Défauts de texture

Ils sont dus aux défauts d'égouttage. Fromage à pâte sèche où fromage dit plâtreux est le résultat d'un affinage insuffisant provoqué par un égouttage très poussé. Fromage à pâte collante est dû à l'égouttage insuffisant où 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 fromage gonflé où la pâte a l'aspect d'une éponge.

VI.2. Défauts d'aspect et de croûtage

La présence de certains microorganismes indésirables peut entraîner des défauts de présentation et parfois une altération de la texture et de la croûte. L'accident du « bleu » caractérisé par l'apparition à la surface des tâches bleuâtres ou verdâtres provoquées par *Penicillium glaucum* ou par *Penicillium requiforti*.

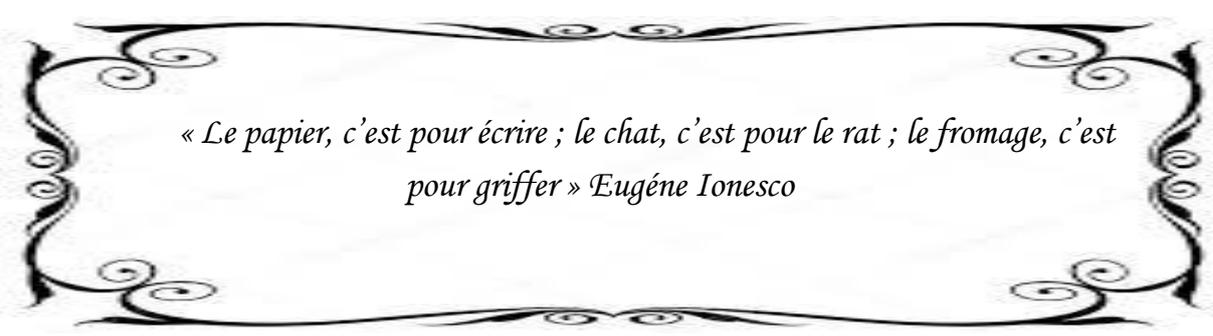
« Graisse » ou « Peau de crapaud », c'est un défaut provoqué par *Géotrichum candidum* qui fait partie de la flore normale de nombreux fromages (à pâte molle), son développement peut devenir trop important lorsque la température de l'égouttage est trop élevée et le salage est insuffisant.

VI.3. Défauts de saveur et d'arôme

Le goût d'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 des peptides de petites tailles qui proviennent de la protéolyse. La formation des peptides amers dans les fromages au cours de la maturation est inévitable.

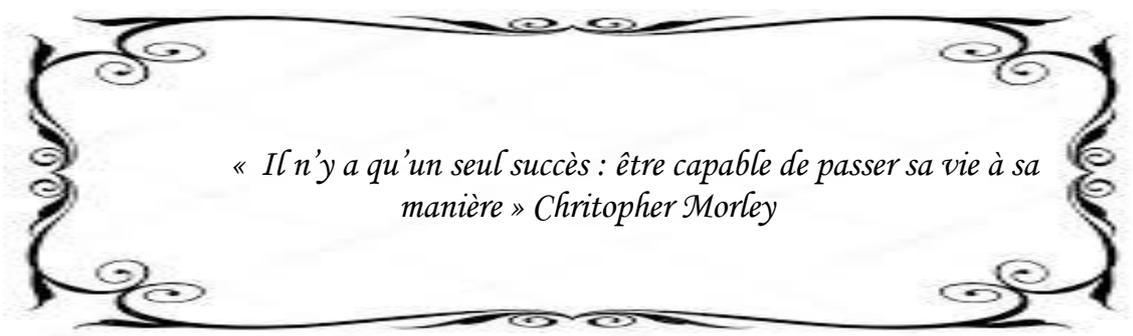
Goût de rance apparaît lorsqu'il y a une lipolyse excessive donnant naissance à une quantité élevée des acides gras libres à chaînes courtes et moyennes (C4 et C12), (SIAR, 2014).

Partie expérimentale



*« Le papier, c'est pour écrire ; le chat, c'est pour le rat ; le fromage, c'est
pour griffer » Eugène Ionesco*

Matériel et méthodes



*« Il n'y a qu'un seul succès : être capable de passer sa vie à sa
manière » Christopher Morley*

Objectif

L'objectif de notre travail est l'étude de l'effet des trois agents coagulants (vinaigre de pomme, vinaigre blanc et coagulase microbienne) sur les qualités (physicochimique, bactériologique et organoleptique) et sur le rendement d'un fromage à pâte molle type Camembert.

I. Présentation générale de la laiterie « LA VALLEE »

La laiterie de LA VALLEE est une petite entreprise à grande intérêt publique, c'est une société à responsabilité limitée (SARL) spécialisée dans la production et la commercialisation du lait pasteurisé et l'ben en sachet souple. Créée par les frères ZEGGANE en 1999 en réponse au manque de lait pasteurisé dans la wilaya de Bejaia, elle est rentrée en production à partir d'avril 2001. Elle se situe (figure n°01) dans la commune de Tazemalt à 80 km du chef lieu de la wilaya de Bejaia, bordée par les communes de: Beni-Mlikeche au nord, Boudjellil au sud, Akbou à l'est et Chorfa à l'ouest, elle s'étale sur une surface totale de 2000 m² y compris les garages de stockage aménagés, les laboratoires d'analyse (physico-chimique et bactériologique) et les services d'administration.

Depuis sa création et grâce à la qualité de ses produits, le respect de la chaîne de froid et les exigences des conditions d'hygiène tel que la désinfection quotidienne du matériel la laiterie LA VALLEE a réussi à se positionner sur le marché national Algérien.

Les produits fabriqués par l'unité sont :

- Lait pasteurisé partiellement écrémé en sachet de 1L depuis 2001 ;
- L'ben (sachet de 1L) depuis 2002 ;
- Fromage à pâte molle type Camembert (grand modèle de 250g et petit modèle de 125g) depuis 2011 nommé LE RURAL (figure n°02).



Figure n°01 : Position géographique de LA VALLEE (Google Maps)

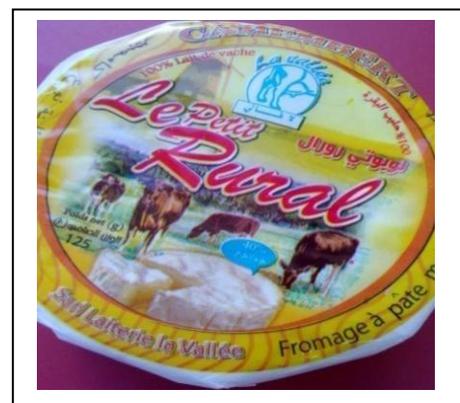


Figure n°02 : Fromage à pâte molle type Camembert de LA VALLEE (Photo personnelle)

II. Matériel et méthodes

II.1. Matériel

Le matériel utilisé est le matériel usuel de laboratoire de physicochimique, de bactériologique et du matériel de fabrication.

II.1.1. Matériel pour les analyses physicochimiques et bactériologiques

En plus du petit matériel de laboratoire physicochimique, nous avons utilisé les appareils suivants :

- Dessiccateur (SIMAX) ;
- pH mètre (HANNA) ;
- Centrifugeuse (GERBER) ;
- Butyromètre (FUNKE GERBER) ;
- Thermolactodensimètre (FUNKE GERBER Berlin) ;
- Balance analytique (SARTORIUS certifié ISO 9001) ;

- Burette hydrométrique (ISOLAB) ;
- Etuve (P. SELECTA) ;
- Hotte (TRIONYX) ;
- Plaque chauffante (AGITATEUR MAGNETIQUE RS-1) ;
- Bain marin (CHR. HANSEN) ;
- Détecteurs d'antibiotique (Beta Star Combo).
- Etuves (BINDER, JOUAN et Memmert).

II.1.3. Matériel utilisés au cours de la production

Il s'agit du matériel industriel et du matériel expérimental.

➤ Matériel industriel

- Tank de stockage, de pasteurisation et de maturation (TECHNOINOX) ;
- Cuve de préparation ;
- Moules, claies et rehausses ;
- Bain de saumure ;
- Découpeurs.

➤ **Matériel expérimental**

- Four à gaz ;
- Grande réceptions ;
- Grande cuillère ;
- Filtres.

II.1.4. Produits et réactifs

II.1.4.1. Agents coagulants utilisés

- Vinaigre de pomme (VP) ;
- Vinaigre blanc de citron (VB) ;
- Coagulase microbienne (CM).

Les fiches techniques de ces agents coagulants sont jointes en Annexe n°01 dans le tableau VIII.

II.1.4.2. Lait cru

Le lait utilisé au cours de nos expérimentations est le lait collecté au niveau des fermes environnantes de la région de Tazemalt par des collecteurs privés, ce lait est livré à LA VALLEE en citernes.

II.1.4.3. Produits et réactifs utilisés pour les analyses physicochimiques

- L'acide sulfurique (densité 1.53 g /cm³) ;
- Méthyle-3butanol-1 (Alcool iso-amylique) ;
- Phénolphtaléine ;
- L'eau distillée ;
- L'Hydroxyde de sodium (NaOH) N /9 ;
- Solution d'iode.

II.1.4.4. Milieux de cultures et réactifs utilisés pour les analyses bactériologiques

- Gélose Desoxycholate ;
- Gélose Plat Count Agar (PCA) ;
- Chapman ;
- L'eau oxygénée (H₂O₂) ;
- L'eau physiologique ;
- Gélose viande foie (VF) ;
- Milieu Beta Star pour le test d'antibiotique (Beta Star Combo).

II.1.4.5. Produits et réactifs utilisés pour la production

- Ferments lactiques : souche mésophile MM101 LYO 250 DCU (DANISCO) et souche thermophile ST-B015 (CHR HANSEN) (figure n°03) ;
- *Penicillium camemberti* (DANISCO) ;
- *Geotrichum candidum* (DANISCO) ;
- Levure : DH LYO 10D (DANISCO) ;
- Microcoques (DANISCO) ;
- Chlorure de calcium (CaCl₂) ;
- Sel de table (NaCl).

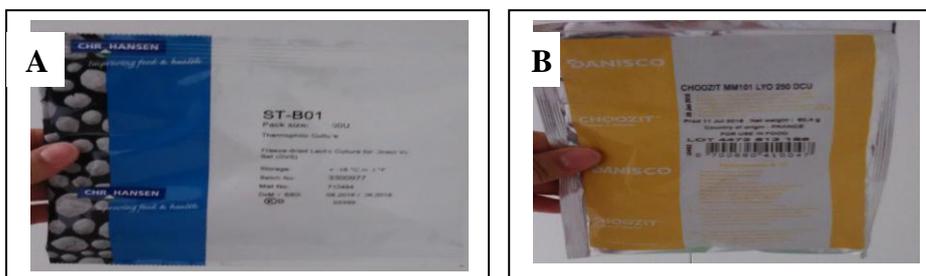


Figure n°03 : Ferments lactiques :
A : Souche thermophile ; B : Souche mésophile
(Photos personnelles)

II.2. Méthodes

II.2.1. Mesure de l'activité coagulante des enzymes utilisées

L'activité coagulante s'exprime par la rapidité avec laquelle l'enzyme coagule le lait (SIAR, 2014), elle est exprimée soit par l'unité d'activité coagulante (U.A.C.) nommée aussi unité présure (U.P.) selon la méthode de BERRIDGE (BELHAMICHE, 2005), soit par la notion de la force coagulante définie par SOXHLET (NOUANI et *al*, 2009) . Ces deux méthodes se basent sur la mesure du temps de floculation qui consiste à l'intervalle de temps compris entre le moment de l'emprésurage et l'apparition des premiers flocons de caséines visibles à l'œil nu (ZIKOUI, 2013).

Force de coagulation (F) : représente le volume du lait coagulé par unité de volume de l'agent coagulant en 40 min, à 35°C et à pH 6.4 selon la formule suivante (NOUANI, 2009) :

$$F = 2400.VI / Tc. v$$

Avec : F : Force de coagulation ; VI : Volume du lait ; Tc : Temps de coagulation ; v : volume de l'agent coagulant.

Il existe une relation entre UP et F (TALANTIKITE-KHELLIL, 2015) :

$$UP = 0,00457F$$

Notre test est déroulé avec des conditions différentes à celle décrite par NOUANI (2009) : nous avons soumis le lait pasteurisé de pH 6 à une température de 70°C pour les deux vinaigres (VP et VB) et de 37°C pour la CM.

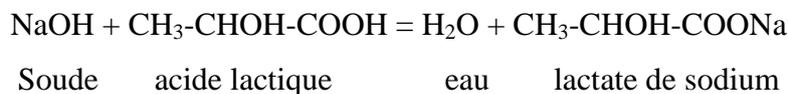
II.2.2. Analyses physicochimiques du lait

II.2.2.1. Mesure de l'acidité titrable (Ac)

Principe

Selon AFNOR, 1980 : L'acidité du lactosérum est déterminée par titrage à l'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence d'un indicateur coloré « la phénolphtaléine » (CHENANFA et AOUDIA, 2017) qui indique la limite de neutralisation par changement de la couleur en rose pâle (OUALI, 2003). L'acidité peut être titrée de façon précise à l'aide de la soude Dornic (N/9) (BENNEDJIMA et ROUIJAA, 2015).

Cette acidité provient de la fermentation du lactose par les micro-organismes. Elle est exprimée en gramme par litre (g/l) ou en degré Dornic (°D). La réaction chimique qui se déroule dans le lactosérum est la suivante :



1ml de NaOH correspond à 10°D et 1°D correspond à 0.1g/l d'acide lactique (CHENANFA et AOUDIA, 2017).

Mode opératoire

- Peser 10g du lait dans un petit bécher avec l'ajout de 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine ;
- Faire le titrage à l'aide de la solution de la soude caustique à 1/9N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle ;
- Noter le volume de la chute de burette ;
- Calculer l'acidité selon la loi suivante (sa démonstration est dans l'annexe n°02) :

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

II.2.2.2. La masse volumique (MV)

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 un mouillage ou un écrémage du lait puisque celui-ci l'augmente et l'addition d'eau a un effet inverse (BENNEDJIMA et ROUIJAA, 2015).

Principe

La densité est déterminée à l'aide d'un Thermolactodensimètre étalonné de manière à donner (par simple lecture du trait correspondant au point d'affleurement) la densité de l'échantillon à analyser dans lequel il flotte.

Deux facteurs déterminent cette densité :

- La concentration des éléments dissous et en suspension ;
- La proportion de la matière grasse (OUALI, 2003).

Mode opératoire

- Verser lentement l'échantillon du 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.

Expression des résultats

Selon la température du lait on a deux règles à utiliser :

- ✓ Température du lait $< 20^{\circ}\text{C}$:

$$\text{MV} = \text{lecture} - 0.0002 (20^{\circ}\text{C} - \text{température du lait}).$$

- ✓ Température du lait est $>20^{\circ}\text{C}$:

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

II.2.2.3. 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 les lactiques et supprimer ainsi la fermentation lactique (CHERRADI, 2015).

Mode opératoire

- Mettre en marche l'appareil (Beta Star Combo) jusqu'à 47,5°C ;
- Appuyer sur le bouton (Reset) V 2 fois ;
- Mettre le milieu de culture pendant 2 min ;
- Appuyer sur le bouton (Reset) V 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.

Expression des résultats (figure n°04)

- **3 traits : Absence** d'antibiotique.
- **2 traits : Présence**
 - La présence des traits 1 et 2 en bas de la bandelette indique la présence d'antibiotiques appartenant à la famille des Beta-lactamines.
 - La présence des traits 2 et 3 en bas de la bandelette indique la présence d'antibiotiques appartenant à la famille des Tétracyclines.

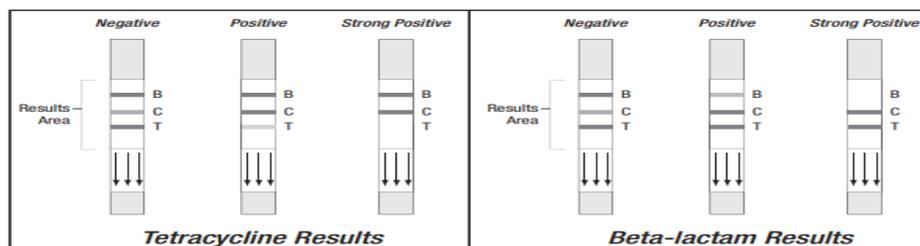


Figure n°04: L'expression des résultats du test de Beta Star Combo (photo personnelle de la notice).

II.2.2.4. Test d'iode

Principe

C'est pour déterminer la présence ou l'absence de l'amidon dans le lait.

Mode opératoire

- Mettre un petit volume du lait dans un bécher ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'iode, agité le mélange.

Expression des résultats

- Couleur violette = test positif = présence de l'amidon.
- Pas de changement de couleur = test négatif = pas d'amidon.

II.2.2.5. Test de stabilité

Utilisé en cas de doute de faux résultats de l'acidité du lait (c'est un test de confirmation).

Mode opératoire

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

Expression des résultats

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

II.2.2.6. Détermination du pH

Le pH permet de déterminer « l'acidité actuelle » du lait qui peut être mesurée soit par le pH-mètre soit par le papier pH (DIOUF, 2004). La valeur du pH a une importance exceptionnelle par l'abondance des indications qu'elle donne sur la richesse du lait en certains de ces constituants, sur son état de fraîcheur ou sur sa stabilité (CHENANFA et AOUDIA, 2017 ; TALEBBENDIAB, 2017).

Principe

Selon AFNOR (1980), c'est une mesure par le pH mètre des ions H^+ dans une solution dont le but est de déterminer quantitativement l'acidité ou la basicité de celle-ci (CHENANFA et AOUDIA, 2017).

Mode opératoire

Dès l'arrivée des échantillons du lait cru au laboratoire, un petit volume du lait est mis 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.

NB : Tous ces tests cités précédemment sont faits dès la réception de lait pour l'acceptation ou le refus de cette matière première.

II.2.2.7. 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 l'attaque des éléments du lactosérum (matière grasse exceptée) par l'acide sulfurique.

Les matières grasses, résistantes à l'action de l'acide sulfurique, sont séparées par centrifugation à chaud en présence d'alcool iso-amylique qui facilite l'opération et crée une séparation nette. La matière grasse se sépare en une couche jaune claire transparente (CHENANFA et AOUDIA, 2017).

Mode opératoire

- Mettre 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre ;
- Ajouter 11 ml du lait en évitant le mélange avec l'acide pour ne pas augmenter la température du butyromètre ;
- Ajouter 1 ml d'alcool iso-amylique ;
- Boucher le butyromètre à l'aide d'un bouchon sec ;
- Agiter le butyromètre pour mélanger le lait, 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 obtenus fois 10.

II.2.2.8. Détermination de l'extrait sec total (EST)

C'est l'une des méthodes officielles du dosage de la teneur en eau (BENDEROUICH, 2009).

Principe

Selon AFNOR (1985), on entend par la matière sèche du lait le produit résultant de la dessiccation du lait. C'est la dessiccation par évaporation d'une certaine quantité du lait pour peser le résidu (GHAOUES, 2011).

Mode opératoire

- Peser la capsule en verre 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°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 loi :

$$EST = \frac{E_1 - T}{E} * 100$$

II.2.2.9. Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD)

La matière sèche dégraissée est obtenue par différence entre la matière sèche totale et la matière grasse (GHAOUES, 2011).

$$ESD = EST - MG$$

II.2.3. Analyses bactériologique du lait pasteurisé

Nous avons utilisé le journal officiel 1998 (Arrêté interministérielle du 25 Ramadhan 1418 correspondant au 24 Janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté de 14 Safar 1415 correspondant au 23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques de certain denrées alimentaires du JORA N°35) lui même utilisé par LA VALLEE.

II.2.3.1. Echantillonnage et préparation des dilutions

- ✓ Dans les conditions aseptiques, remplir un flacon stérile par le lait pasteurisé puis le transporter au laboratoire (solution mère) ;
- ✓ Introduire aseptiquement 1 ml de la solution mère dans un tube stérile contenant 9 ml de l'eau physiologique, c'est la dilution 1/10 ;
- ✓ Introduire aseptiquement 1 ml de la dilution 1/10 dans un tube stérile contenant 9 ml de l'eau physiologique, c'est la dilution 1/100 ;
- ✓ Ainsi de suite jusqu'à l'obtention de la dilution 1/10000.

II.2.3.2. Dénombrement des coliformes totaux

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 solution mère et faire l'homogénéisation par le mouvement de 8 ;

- ✓ Laisser le tous se gélifier ;
- ✓ Ajouter la deuxième couche de la gélose Desoxycholate ;
- ✓ Incuber à 30°C pendant 24h.

Expression des résultats

- Apparition des colonies roses indique la présence des coliformes totaux.
- Absence des colonies roses indique l'absence des coliformes totaux.

II.2.3.3. Recherche des coliformes fécaux

La recherche a été faite selon la méthode double couches tous comme le dénombrement des coliformes totaux seulement l'incubation qui a été faite à 44°C pendant 24h. Ainsi l'expression des résultats est pareille.

II.2.3.4. Dénombrement des germes aérobies à 30°C

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

- ✓ Introduire 1 ml de la dilution 1/10000 dans une boîte de pétri neuve et stérile ;
- ✓ Verser la gélose PCA liquéfier sur la dilution et faire l'homogénéisation par le mouvement de 8 ;
- ✓ Laisser le tous se gélifier ;
- ✓ Incuber à 30°C pendant 72h.

Expression des résultats

- Nous avons utilisé la dilution 1/10000 car c'est la dilution où on peut compter le nombre des colonies compris entre 30-300 (c'est la boîte représentative).
- Compter les colonies blanches ;
- Multiplier le nombre trouvé (N) fois l'inverse de la dilution (D) sur le volume ensemer (Ve) : $n = N * D / Ve$.

II.2.3.5. Recherche des *Staphylococcus aureus*

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

- ✓ Ensemencer 0.1 ml de la solution mère sur la gélose Chapman ;
- ✓ Incuber à 37°C pendant 24h.

Expression des résultats

- Apparition des colonies dorées bombées avec un halo jaune indique la présence des staphylocoques.

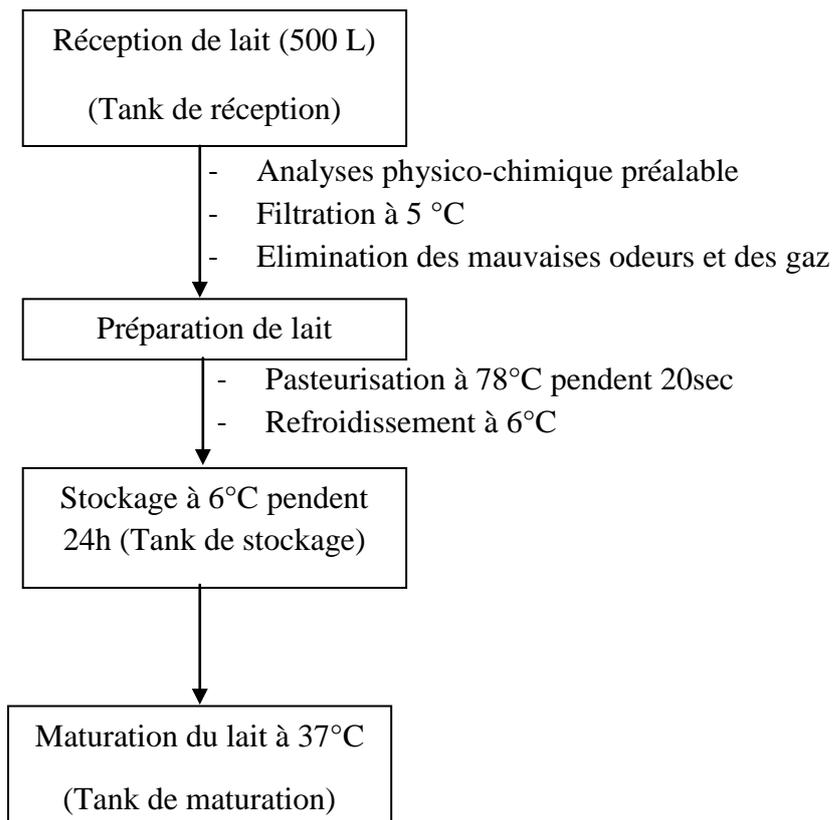
- Absence des colonies dorées avec un halo jaune indique l'absence des staphylocoques.

Test de confirmation : Test de catalase

- ✓ Mettre en contact une colonie avec l'eau oxygéné (H_2O_2) ;
- ✓ Présence d'effervescence : le test est positif ce qui confirme la présence de *Staphylococcus aureus*.
- ✓ Absence d'effervescence : le test est négatif ce qui confirme l'absence de *Staphylococcus aureus*.

II.2.4. Essai de production d'un fromage à pâte molle type Camembert

Nous avons suivi le même processus de production utilisé par LA VALLEE, seulement nous avons utilisé le vinaigre de pomme (VP) et le vinaigre blanc (VB) comme agents coagulants à 70°C en plus de la coagulase microbienne (CM) utilisé communément par l'industrie à 37°C. Les étapes suivies sont résumées dans le diagramme suivant (figure n°05).



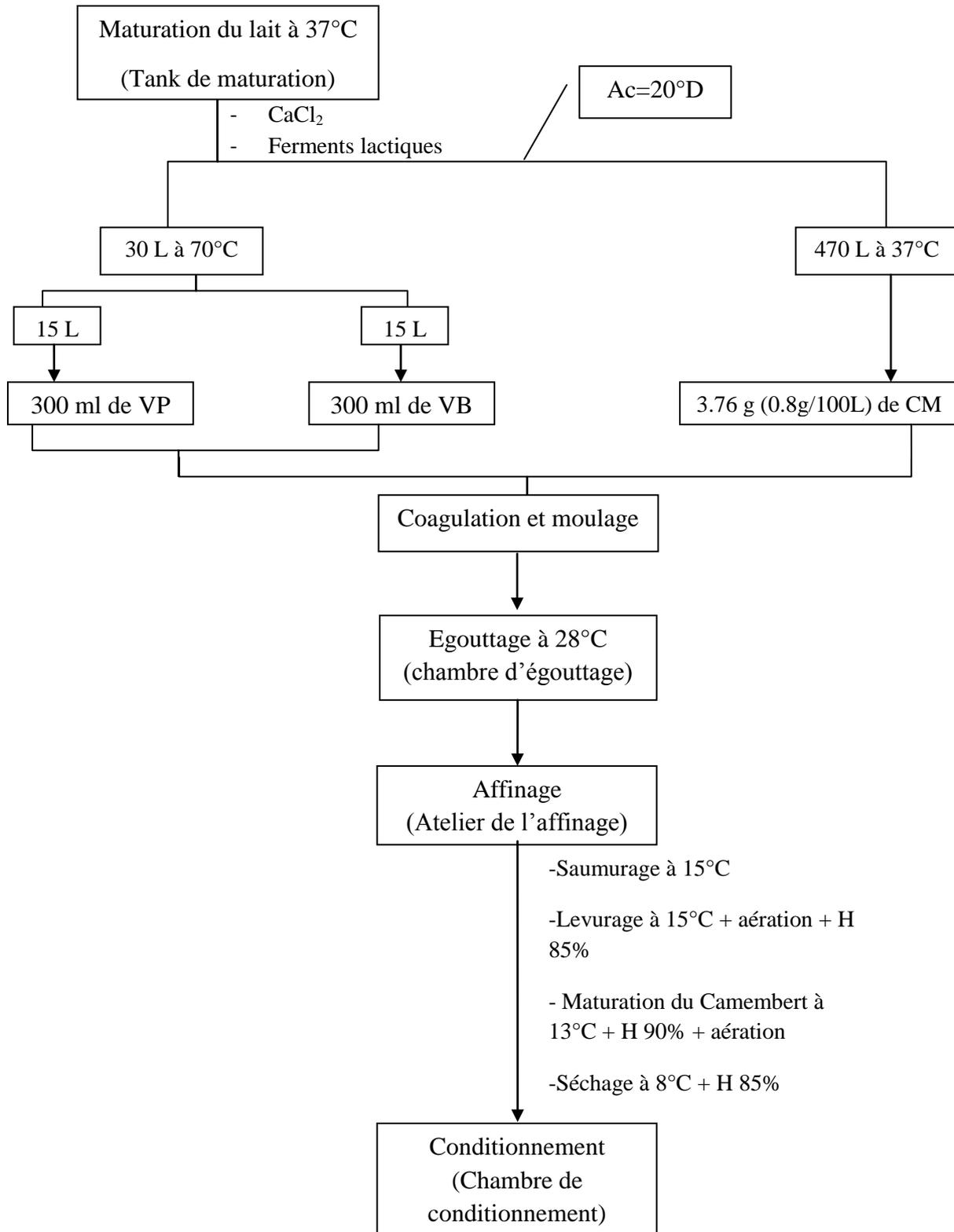


Figure n° 05 : Diagramme de production de fromage à pâte molle type Camembert par les trois types de coagulases (VP, VB et CM)

II.2.4.1. Réception du lait

Le lait utilisé pour la production provenait des éleveurs de la région de TAZMALT, transporté par deux collecteurs dans des citernes. Dès son arrivé à l'unité, il subit une série d'analyses physicochimiques préalables afin d'accepter ou de refuser sa réception:

- ✓ Détermination du pH ;
- ✓ Détermination de l'Ac ;
- ✓ Détermination de la MV;
- ✓ Test d'ATB ;
- ✓ Test d'iode ;
- ✓ Test de stabilité.

Après sa réception, la première étape consiste à filtrer le lait (filtre physique et filtre bactériologique), puis à éliminer les mauvaises odeurs et les gaz par un dégazeur.

II.2.4.2. Préparation du lait

La préparation du lait consiste à le pasteuriser à une température de 78°C pendant 20sec puis le refroidir à 6°C pour le stocker pendant 24h.

Le lait est ensuite réchauffé à 37°C, pour ajouter les ferments lactiques (0.5 - 3%) et le CaCl₂ (10%) avec le contrôle de l'acidité titrable jusqu'à ce qu'elle atteint 20°D.

II.2.4.3. Coagulation

Nous avons effectuées trois essais :

Essai I : Réalisé expérimentalement avec VP ;

Essai II : Réalisé expérimentalement avec VB ;

Essai III : Réalisé à l'échelle industrielle avec CM.

Pour l'essai I et II: Nous avons chauffé dans un grand récipients sous un four à gaz 30L du lait jusqu'à 70°C avec une homogénéisation régulière à l'aide d'une grande cuillère. La quantité a été dévissée équitablement entre deux récipients :

- **Pour l'essai I :** Nous avons ajouté 30 cuillères à soupe de VP (300 ml).
- **Pour l'essai II :** Nous avons ajouté 30 cuillères à soupe de VB (300 ml).

Nous avons réalisé une homogénéisation manuelle pour ces deux essais après l'ajout du vinaigre jusqu'à l'observation du début de la formation des flocons, c'est le temps de prise. Ensuite nous avons effectué directement le moulage.

Pour l'essai III : Dans la cuve de préparation, nous avons gardé la température de maturation (37°C), nous avons ajouté 3.76g de la CM (0.8g de la coagulase pour 100L du lait) avec une simple homogénéisation au début, puis nous avons surveillé l'apparition des premiers grains du caillé, pour avoir le temps de coagulation il suffit de multiplier le temps de prise fois trois.

II.2.4.4. Tranchage et brassage

Pour les essais I et II : cette étape est absente car nous avons obtenues directement deux phases séparées donc nous passons directement à l'étape suivante (moulage).

Pour l'essai III : Après avoir un gel ferme, nous avons fait le brassage par les découpeurs pour libérer le lactosérum. Par la technique du pompage cardiaque, nous avons éliminé 1/3 du lactosérum superficiel pour les trois essais.

II.2.4.5. Moulage et égouttage

C'est une étape qui consiste à éliminer le lactosérum emprisonné avec des retournements périodiques à l'aide des claies posées sur les rehausses. Après 24h de la production et lorsque l'acidité du lactosérum dépasse 50°D nous arrêtons les retournements et nous faisons le démoulage.

II.2.4.6. Affinage

C'est l'étape la plus importante dans le processus de production du Camembert, car 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, cette étape dure approximativement 12 jours. Elle est définie principalement par trois activités :

a. Saumurage

Nous avons préparé dans la première chambre froide à 15°C, une solution de saumure de 20% de sel de table (NaCl) qui a une température de 12°C. Juste après le démoulage, nous avons plongées les pièces des trois essais posées sur les claies dans la solution préparée pendant 10 min ; puis nous les avons laissées s'égoutter pendant 2h dans la même chambre.

b. Levurage

Dans la deuxième chambre aérée à 15°C et à une humidité 85%, nous avons pulvérisées toutes les surfaces des pièces des trois essais par une solution contenant *Geotrichum candidum*, *Penicillium camemberti*, Microcoques et levures (la souche DH LYO 10D) puis nous les avons laissées pendant 2jours dans la même chambre.

Dans la troisième chambre aérée à 13°C et à une humidité 90%, nous avons réalisé une deuxième pulvérisation avec *Penicillium camemberti* seulement et nous les avons laissées pour maturation pendant 10 jours avec des retournements périodiques pour la bonne répartition de l'eau (a_w).

c. Séchage

Dans quatrième chambre aérée à 8°C et à une humidité de 85%, nous avons déposées nos pièces des trois essais pendant une petite période avant le conditionnement.

II.2.4.7. Conditionnement

Nous avons codifiées toutes les pièces des trois essais par des lettres A (**essai III**), B (**essai I**) et C (**essai II**) pour distinguer entre eux, tout en préservant l'anonymat pour s'en servir lors du test de dégustation, après avoir obtenu des résultats d'analyses physicochimiques et bactériologiques satisfaisantes, nous avons emballées les pièces par un papier cellulosique poreux afin d'effectuer les analyses organoleptiques.

II.2.5. Analyses physicochimiques du fromage type Camembert

II.2.5.1. Détermination du pH

Le pH a été déterminé directement sur les pièces de fromage.

- 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.

Pour les analyses à suivre, une préparation de l'échantillon s'avère indispensable :

- Prendre une pièce de chaque essai codé ;
- Couper et prendre le centre de chaque pièce avec l'élimination de la croûte de *Penicillium* ;
- Broyer l'échantillon dans un mortier.

II.2.5.2. Mesure de l'Acidité

- ✓ Peser 3g du Camembert dans un petit bécher, le dissoudre dans l'eau distillée puis le titrer tous comme le lait.
- ✓ Calculer l'acidité par la loi suivante, sa démonstration se trouve dans l'annexe n°02.

$$Ac = \frac{V}{mp} \cdot 100 \text{ (°D)}$$

II.2.5.3. Mesure de MG

- ✓ Garnir la cloche du butyromètre par 3g de Camembert codée et broyé ;
- ✓ Ajouter l'acide sulfurique jusqu'à "0", 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 ;
- ✓ La suite des étapes sont pareil avec celle du lait.

II.2.5.4. Détermination d'EST

La détermination de l'EST du Camembert se fait comme celle du lait, juste nous avons pesé 2-3g du ce dernier codé et broyé sur toutes la surface de la capsule.

II.2.5.5. Détermination de l'humidité (H)

Selon BENSALD (2011), pour calculer l'humidité on utilise la loi suivante :

$$H\% = 100 - EST$$

II.2.6. Analyses bactériologiques du fromage type Camembert

La norme utilisée pour ces analyses est la même avec celle du lait pasteurisé.

II.2.6.1. Echantillonnage et préparation des dilutions

- ✓ Prendre 10g du Camembert codé et broyé, ajouter l'eau physiologie jusqu'à 100ml puis homogénéiser bien la solution c'est la suspension mère ;
- ✓ La préparation des dilutions sont pareille avec celle du lait.

II.2.6.2. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Nous avons suivi la même méthode avec celle du lait, juste nous avons utilisé 1 ml de la dilution 1/100 et 1 ml de la dilution 1/10 pour la recherche des coliformes totaux et fécaux respectivement.

II.2.6.3. Recherche des CSR

- ✓ Introduire 5 ml de la solution mère dans 4 tubes pour chaque essai ;
- ✓ Remplir ces tubes par le milieu VF jusqu'à 20 ml ;
- ✓ Incuber ces derniers à 44°C pendant 72h.

Expression des résultats

- Test positif : Apparition des colonies noires.
- Test négatif : Absence des colonies noires.

II.2.6.4. Recherche des *Staphylococcus aureus*

La méthode suivie est la même avec celle du lait, juste nous avons utilisées 0.1 ml de la dilution 1/100.

II.2.7. Calcul du rendement fromager (R)

Le rendement est la quantité du fromage obtenu à partir d'une quantité indiquée du lait. C'est le paramètre le plus important du point de vue économique dans l'industrie laitière, il reflète aussi le bon déroulement des conditions de fabrication (SIAR, 2014).

Selon BENNEDJMA et ROUIDJAA (2015), Le rendement est calculé comme suite :

$$(R) = \frac{\text{le poids du caillé (Pc)}}{\text{le poids du lait (Pl)}} \times 100.$$

II.2.8. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle consiste à analyser les propriétés organoleptiques des produits par les organes de sens, c'est une science multidisciplinaire qui fait appel à des dégustateurs et à leurs sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'œil pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité des produits alimentaires d'une façon extrêmement objective pour estimer le degré d'acceptabilité du nouveau produit par les consommateurs (ZIKOUI, 2013 ; SIAR, 2014).

Dans notre cas, l'analyse sensorielle a été réalisée dans le but de concéder les changements induits par le remplacement du type de coagulation utilisé communément en fromagerie (coagulation mixte) par un autre agent de coagulation (VP et VB).

La qualité organoleptique de notre fromage type Camembert a été évaluée par un groupe de personnes qui ont remplis des fiches par l'utilisation de deux tests :

- ✓ Test de préférence ou test de **classement par rang** ;
- ✓ Test d'**intensité** : cette analyse consiste en quatre paramètres différents
 - **La couleur:** traduit l'influence de la flore microbienne présente ainsi que les composés facultatifs ajoutés.
 - **La texture:** traduit les forces de liaison entre les différentes particules du coagulum.
 - **Le goût:** se rapporte à une estimation générale et tranchante ainsi qu'à une détection de toute anomalie possible.
 - **L'odeur:** traduit la qualité aromatisant du fromage (BENSAID, 2011).

En ce qui concerne le déroulement de la séance de dégustation, plusieurs facteurs ont été pris en considération avant l'évaluation afin d'obtenir des performances optimales de la part des sujets (GHAOUES, 2011):

- Les sujets ne souffrent d'aucune maladie,
- Les sujets sont informés d'éviter l'utilisation des produits fortement odorants tels que parfums,
- Les sujets ne peuvent ni fumer, ni manger, ni boire autre chose que de l'eau pendant la dernière demi-heure précédant l'évaluation,
- Rincer la bouche ou boire de l'eau avant de passer d'un code à l'autre.

Nous avons préparé une payasse (figure n°06) pour la dégustation où tous les membres de jury ont été invité pour l'analyse.

Les membres de jury qui ont évalués nos échantillons se composent de : Gérant de la laiterie de LA VALLEE, le personnel, quelques membres de l'administration, les employeurs de l'atelier de la fromagerie de LA VALLEE ; des membres de la faculté SNV-ST de l'université de Bouira et des membres de nos familles...

Tous les membres de jury d'évaluation ont rempli les deux fiches qui sont présentés dans annexe n°03.



Figure n°06 : Payasse préparé pour la séance de dégustation à la faculté SNV-ST de Bouira (photo personnelle)

II.2.9. Analyse statistique

Pour analyser les données sensorielles, nous avons utilisé le test de Kruskal-Wallis au seuil de 5% pour traiter les données issues des tests d'intensité. Nous avons également appliqué le test de comparaisons multiples par paires des sommes des rangs pour déterminer quels sont les couples d'échantillons qui diffèrent entre eux. Les données ont été traitées grâce au logiciel XLSTAT 2016 et celle du test de préférence ont été traitées par le logiciel Excel 2007.

Résultats et discussions



*« Un dessert sans fromage est comme une belle sans œil » Jean
Anthelme.*

III. Résultats et discussion

La coagulation du lait par les coagulases (microbienne, végétale et animale) ont été largement étudiées ; cependant, la substitution de la coagulase par l'acide acétique (vinaigres) et la caractérisation de l'étape de la coagulation, n'a fait l'objet que de très peu d'études.

III.1. Détermination de l'activité coagulante

La détermination des activités coagulantes des agents coagulants constitue un paramètre important en technologie fromagère (NOUANI, 2009). Les paramètres permettant sa détermination sont résumés dans le tableau IX.

Tableau IX : Résultats de la détermination de l'activité coagulante.

Paramètres	Essai I (VP)	Essai II (VB)	Essai III (CM)
Temps de prise	50sec	45sec	12 min (720sec)
Temps de coagulation	50sec	45sec	36 min (2160sec)
Force de coagulation	$2.40 * 10^3$	$2.60 * 10^3$	$1.38 * 10^4$
UP (UAC)	10.968 UP	11.882 UP	63.47 UP

UP : unité présure

UAC : Unité d'activité coagulante

Les résultats montrent que le temps de prise et le temps de coagulation obtenus en utilisant les deux vinaigres (VP et VB) sont nettement inférieur à ceux obtenus par l'utilisation de la CM, c'est-à-dire que l'action des deux premiers est plus rapide par rapport à la dernière ; l'activité coagulante de l'essai I est inférieure à celle de l'essai II qui sont faibles par rapport à celle de l'essai III, cela est peut être dû à la composition chimique pure du CM par rapport à la composition chimique complexe des deux vinaigres (acide acétiques + autres composants) ou les conditions de déroulement du test (Température et pH).

Le temps de prise trouvé par BOUGHELLOUT (2007) en utilisant la solution mère (1%) de la présure (54.23sec) est très proche au temps de prise de l'essai I et peu supérieure au temps de prise de l'essai II qui sont inférieure au temps de prise en utilisant l'extrait clarifier de la pepsine de poulet (62.13 sec).

La force de coagulation trouvé par ADOUI (2007) en utilisant l'extrait brute de la pepsine de poulet ($4.6 * 10^3$) est supérieurs à celle des deux essais I et II ; Par contre, elle est la même ($2.6 * 10^3$) en utilisant l'extrait clarifié de la pepsine de poulet avec l'essai II et proche de l'essai I.

L'unité présure trouvé par ADOUI (8.36 ± 10^2) et BOUGHELLOUT en 2007 (2.42 ± 0.10) en utilisant l'extrait clarifié de la pepsine de poulet, (3.31 ± 0.24) en utilisant la solution mère (1%) de la présure mentionné par BOUGHELLOUT en 2007, (0.34 ± 0.08) en utilisant la Coagulase de *Mucor pusillus*, (7) en utilisant la ficine de figuier décrite par NOUANI en 2009 et celle trouvé par ZIKOUI en 2013 en utilisant l'extrait brute de fleurs de cardon *Cyanara cardunculus* (3.23) sont inférieurs à ceux des deux premiers **essais I et II** ; par contre l'utilisation de l'extrait brute de la pepsine de poulet trouvé par ADOUI en 2007 (15.08 ± 0.86 UP) est supérieur aux **essais I et II**.

III.2. Résultats des analyses physicochimiques du lait cru

Nous avons rassemblés tous les résultats des analyses physicochimiques effectuées sur le lait cru utiliser lors de nos expérimentations dans le tableau X.

Tableau X : Résultats des analyses physicochimiques du lait cru.

Analyses	pH	Ac (°D)	MV (g/ml)	test ATB	Test d'iode	Test de stabilité	MG (g/l)	EST (%)	ESD (%)
Norme de LA VALLEE		14 à 18	1.028 à 1.033	-	-	+	28 à 30	11 à 13	7 à 9
Norme AFNOR	6.6	15 à 18	1.027 à 1.032	-	-	+	32 à 36	12.3 à 12.5	8.75 à 9
Lait cru		15	1.028	-	-	+	30	11.77	8.77

Avec : - : test négatif ; + : test positif.

L'analyse physico-chimique est un outil important dans le processus qui consiste à mettre à la disposition du consommateur des produits sains avec des pratiques loyales (TALEBBENDIAB, 2017).

Les résultats illustrés dans ce tableau montrent que l'Ac est de 15°D, la MV est de 1.028g/ml, la MG est de 30 g/l, l'EST est de 11.77 % et l'ESD est de 8.77%. Ces valeurs sont conformes aux normes utilisées par LA VALLEE et celle d'AFNOR (1993) ce qui assure la conformité de ce lait pour la production du fromage.

Nous avons remarqué que notre échantillon de lait destiné à la fabrication du Camembert, est caractérisé par une absence totale des résidus d'antibiotique et d'amidon en plus de sa stabilité, donc ce lait a une sélection bien affectée pour la fabrication du Camembert selon AFNOR 1993.

Ces valeurs se rapportent à celles énoncées par SIAR en 2014 qui a fait l'étude sur « Utilisation de la pepsine de poulet et la ficine du figuier comme agents coagulants du lait » ; et celles obtenues par LABIOUI et al en 2009 qui a travaillé sur « Etude physicochimiques et microbiologiques des laits crus ».

III.3. Résultats des analyses bactériologiques du lait pasteurisé

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées sur le lait pasteurisé utilisée lors de nos expérimentations, ainsi que les normes utilisées par LA VALLEE recommandées par le journal officiel de la république algérienne n° 35 (JORA, 1998) sont répertoriés dans le tableau XI.

Tableau XI : Résultats des analyses bactériologiques du lait pasteurisé.

Germes recherchés	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Germes aérobies	<i>Staphylococcus aureus</i>
Normes	01	Abs	3.10^4	01
Résultats	Abs	Abs	$<10^4$	Abs

Abs : absence

La contamination du lait devient un problème majeur, surtout avec la présence de *Staphylococcus aureus* qui est responsable des intoxications alimentaires (GHAZI, 2011).

Le lait pasteurisé examiné contient une charge de germes aérobie inférieurs à 10^4 avec une absence totale des Coliformes totaux, Coliformes fécaux et des *Staphylococcus aureus*, ces résultats répondent aux normes du Journal Officielle Algérien, de ce fait, ce lait présente

une qualité bactériologique relativement bonne et il est acceptable du point de vue hygiénique.

III.4. Résultats obtenus lors de la production du fromage à pâte molle type Camembert

Les résultats observés lors de la production du fromage à pâte molle type Camembert sont détaillés dans le tableau XII.

Tableau XII: Principaux résultats relatifs au process lors de la production du fromage.

Agents Coagulant Paramètres	VP (essai I)	VB (essai II)	CM (témoin, essai III)
pH	3.39 à 20°C	2.98 à 20°C	/
pH du lait après maturation	6.00	6.00	6.00
Ac du lait après maturation	20°D	20°D	20°D
Temps de prise	50sec	45sec	12min
Temps de coagulation	50sec	45sec	36min
Action de l'agent coagulant	Formation de deux phases <u>directement</u> : caillée et lactosérum (figure n°07)	Formation de deux phases <u>directement</u> : caillée et lactosérum (figure n°07)	Formation d'un gel, les deux phases apparaissent <u>après brassage</u> (figure n°08)
Egouttage	Rapide	Rapide	Lent
Nombre des pièces obtenues pour 15L	16	13	18



Figure n°07 : Caillé et lactosérum de l'essai I et II (photo personnelle)



Figure n°08 : Caillé et lactosérum de l'essai III (photo personnelle)

Pour les trois essais, nous avons utilisé la même matière première avec une acidité de 20°D et un pH de 6 mais nous avons remarqué des différences.

Le temps de prise était très réduit pour l'essai I et II avec 50 sec et 45 sec respectivement, ce temps correspondait parfaitement au temps de coagulation car dès le début du caillage, nous avons eue les deux phases séparées (caillé et lactosérum) directement après le premier temps ce qui a raccourci considérablement l'étape de coagulation et celle de l'égouttage. Par contre, il fallait 12 min pour observer l'apparition des premiers granules du caillé (temps de prise), et jusqu'à 36 min (12*3) pour l'obtention d'un gel ferme qui nécessiterait par la suite un brassage pour libérer le lactosérum emprisonné dans le gel (l'obtention des deux phases), donc une étape de coagulation et d'égouttage relativement lents.

Concernant le nombre des pièces, l'essai III nous a permis d'avoir 18 pièces (564pièces pour 470 L du lait donc 18 pièces pour 15 L du lait), l'essai I avec 16 pièces et en dernier lieu l'essai II avec 13 pièces, donc nous remarquons que nous avons eue un nombre important de pièces avec l'essai III par rapport aux essais I et II ; entre ces deux dernier, l'essai I est meilleur que l'essai II.

III.4. 1. Evolution du pH au premier jour de production

Les résultats du pH obtenus au premier jour de production sont notés dans le tableau n°12, et représentés dans la figure n°09.

Au cours de la première journée de production du fromage à pâte molle type Camembert, les variations sont mesurées après 1h, 2h et 45min, 4h et 5h de moulage. Le tableau XIII et la figure n°09 nous montrent que le pH augmente lentement pour le caillé de l'essai I et II.

Tableau XIII : Résultats du pH obtenus au premier jour de production.

pH	Essai I	Essai II
Après 1h (12 :00)	5.44	5.23
Après 2h 45 min (13:45)	5.61	5.54
Après 4h (15 :00)	5.72	5.64
Après 5h (16 :00)	5.76	5.9

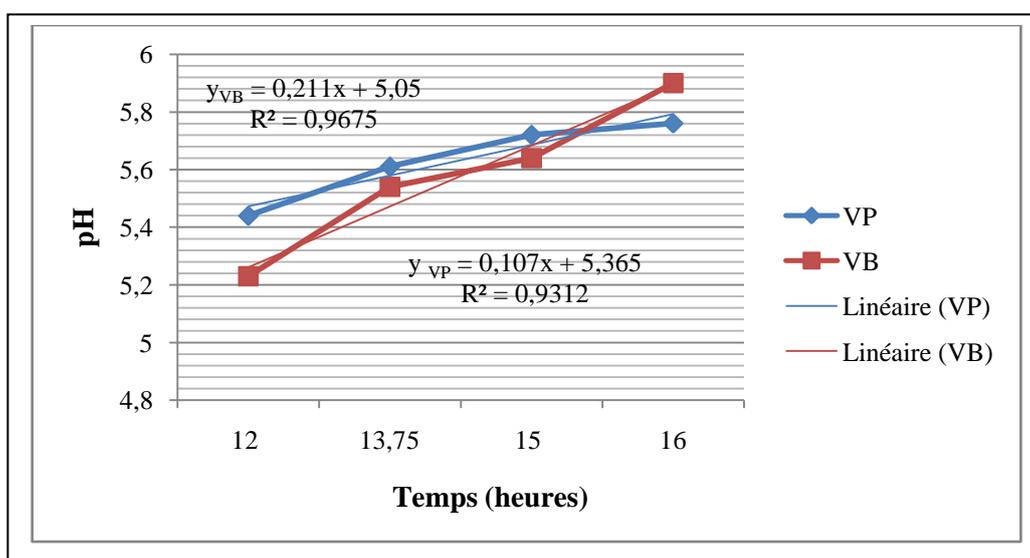


Figure n°09 : Evolution du pH au 1^{ère} jour de production du Camembert en fonction du temps.

Comme la figure n°09 nous montre :

- De 12h à 15 :30 : le pH du caillé de l'**essai II** est inférieur à celui de l'**essai I** ;
- De 15 :30 à 16h : le pH du caillé de l'**essai II** est devenu supérieur à celui de l'**essai I**.

A l'aide de logiciel Excel qui nous a rapproché les courbes de l'évolution des pH en forme linéaire nous avons obtenus :

- L'évolution du pH du caillé de l'**essai I** suit une fonction : $f(t) = 0.211 t + 5.05$ avec $R^2 = 96.75\%$;
- L'évolution de pH du caillé de l'**essai II** suit une fonction : $f(t) = 0.107 t + 5.365$ avec $R^2 = 93.12\%$.

La différence de l'évolution du pH dans les caillés des **essais I** et **II** est peut être due à la quantité du lactosérum libéré donc celle de l'acide lactique expulsé ; au début, le pH de l'**essai I (VP)** est supérieur à celui de l'**essai II (VB)** car la vitesse de l'égouttage de la 1^{ère} est plus importante par rapport à la 2^{ème}. Puis, à partir de 15:30, l'évolution du pH c'est inversé à cause du ralentissement de la vitesse de l'égouttage de l'**essai I (VP)** ou de l'augmentation de la vitesse de l'égouttage de l'**essai II**.

III.4.2. Evolution de l'acidité au premier jour de production

Les résultats de l'acidité lors de la production sont notés dans le tableau XIV et représentés dans la figure n°10 :

Tableau XIV : Résultats de l'acidité obtenus au premier jour de production.

Acidité	Essai I (VP)	Essai II (VB)	Essai III (témoin)
Après 1h (12 :00)	36	36	30
Après 2h 45min (13:40)	38	32	30
Après 4h (15 :00)	40	38	40
Après 5h (16 :00)	53	63	115

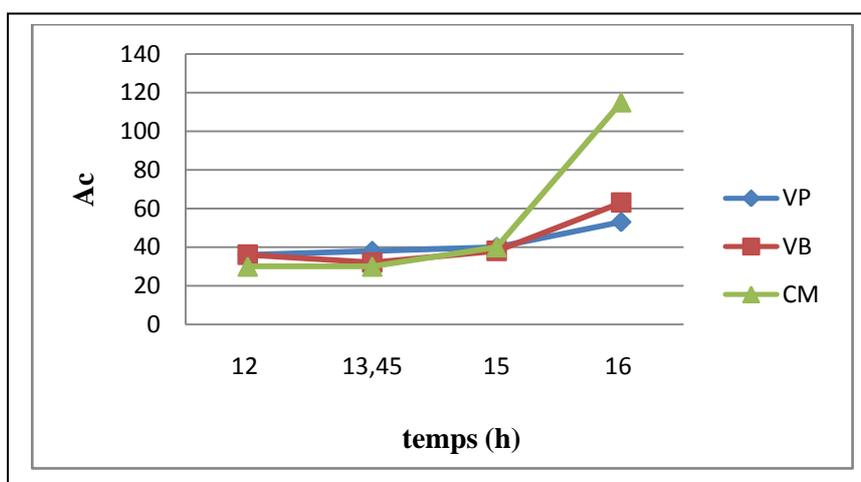


Figure n°10: Evolution de l'acidité titrable au 1^{ère} jour de production du Camembert en fonction du temps.

Au cours de premier jour de production du fromage à pâte molle type Camembert, nous avons suivis les variations de l'acidité après 1h, 2h et 45min, 4h et 5h de moulage. Le tableau n°13 et la figure n°10 montrent que l'acidité augmente lentement entre 12h-15h pour le lactosérum des **essais I, II et III**, puis elle augmente plus vite entre 15h-16h.

Selon la figure n°10 nous remarquons :

- De 12h-15h : l'évolution de l'acidité du lactosérum de l'**essai III** est inférieure à celle de l'**essai II** qui est à son tour inférieure à celui de l'**essai I** ;
- De 15h-16h : l'évolution de l'acidité du lactosérum de l'**essai III** est plus importante par rapport à l'**essai II** qui est à son tour supérieure à celle de l'**essai I**.

L'augmentation lente de l'acidité serait due au fait que les bactéries lactiques essayent de s'adapter aux nouvelles conditions du milieu, puis grâce au β -galactosidase, les bactéries lactiques hydrolysent le lactose du caillé en sucres simples : le galactose et le glucose, ce dernier sera fermenté pour produire des acides, du CO₂ dans certain cas ou de l'alcool (BENNEDJMA et ROUIDJAA, 2015).

Cette production des composants acides va mener à l'augmentation de l'acidité du caillé, ces composants vont être expulsés rapidement dans le lactosérum ce qui engendrera l'augmentation du pH de caillé et de l'acidité du lactosérum comme observé dans nos expérimentations.

Le lactosérum est un sous-produit issu essentiellement de la fabrication fromagère obtenu sous l'action de la présure (lactosérum doux) ou suite à l'acidification du lait (lactosérum acide), utilisé pour la fabrication d'une boisson qui est une nouvelle technologie pour sa valorisation (CHENANFA et AOUDIA, 2017). Selon la figure n°10, le lactosérum le plus convenable pour l'utilisé :

- Entre 1h et 4h de production : c'est le lactosérum de l'**essai I** ;
- Après 4h de production : c'est le lactosérum de l'**essai III**.

III.4.3. Développement de la croûte de *Penicillium*

Au cours de l'affinage de nos trois essais, nous avons suivi le développement de la croûte de *Penicillium* (figure n°11)

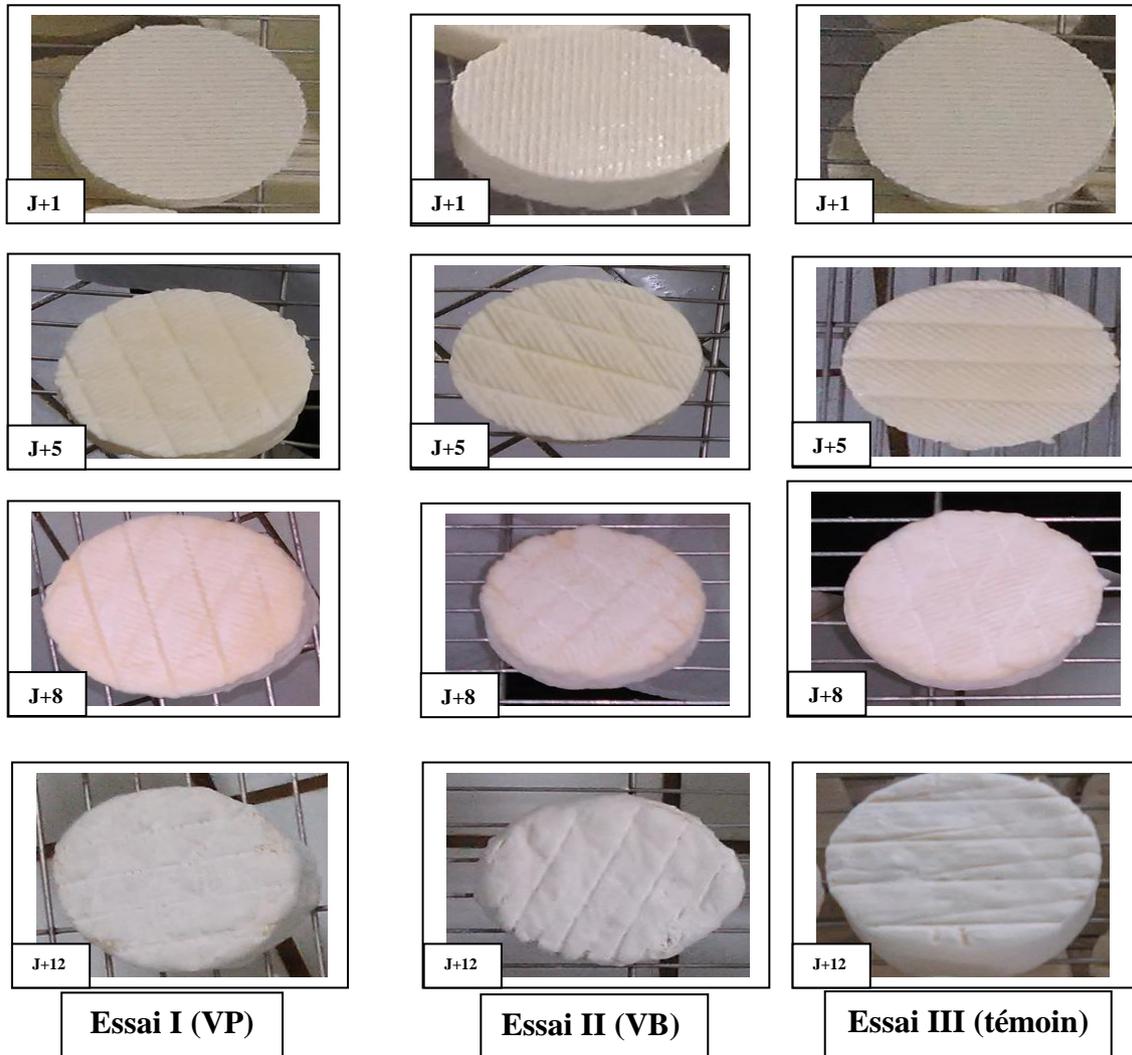


Figure n°11 : Suivi du développement de la croûte de *Penicillium* des trois essais aux cours de l'affinage (photos personnelles).

Nous avons remarqué à :

- **J+5 :** La vitesse de développement de *Penicillium* est plus rapide chez **le témoin** par rapport aux **essais I et II** ;
- **J+8 :** Envahissement de toute la surface du **témoin** par *Penicillium*, par contre son développement est faible dans les **essais I et II** ;
- **J+12 :** Développement important de la croûte de *Penicillium* dans **le témoin**, l'**essai I** et **II**.

La température de production utilisé pour les **essais I** et **II** est assez élevé (70°C), ce qui causerait la mort du *Penicillium* ajouté au mélange des ferments lactiques additionné au lait pasteurisé pour sa maturation, cela explique le développement lent de la croûte superficielle des **essais I** et **II**. Par contre la température de production du **témoin** est de 37°C qui n'a pas un effet sur le *Penicillium* ajouté aux ferments lactiques, cela traduit le développement important de la croûte superficielle du **témoin**.

III.5. Calcule du rendement (R)

La densité du lait utilisé était de 1.028 g/ml = 1028 g/l (C'est-à-dire 1028g dans 1L) et X g dans 15L

$$X = \frac{15 * 1028}{1L} = 15420g = 15.42 \text{ kg}$$

Donc 15L du lait correspondent à 15.42kg

Le poids du caillé (Pc) correspond aux poids moyen d'une pièce fois le nombre total des pièces.

$$Pc \text{ **essai I** } = 167 * 16 = 2672 \text{ g}$$

$$Pc \text{ **essai II** } = 167 * 13 = 2171 \text{ g}$$

$$Pc \text{ **essai III** } = 138 * 18 = 2484 \text{ g}$$

- R **essai I** = $\frac{2672}{15420} * 100 = 17.33 \%$.
- R **essai II** = $\frac{2171}{15420} * 100 = 14.08 \%$.
- R **essai III** = $\frac{2484}{15420} = 16.11\%$.

17.33% > 16.11% > 14.08% c'est-à-dire : R **essai I** > R **essai III** > R **essai II**

D'après ces résultats, nous pouvons dire que le meilleur rendement est celui obtenu lors de la production du fromage à pâte molle type Camembert coagulé par le vinaigre de pomme et le mauvais rendement est celui obtenu par la production du fromage à pâte molle type Camembert coagulé par le vinaigre blanc.

III.6. Analyses physicochimiques du fromage à pâte molle type Camembert

Tous les résultats des analyses physicochimiques des trois essais sont notés dans le tableau XV.

Tableau XV : Résultats des analyses physicochimiques du Camembert.

Analyses	pH	Ac (°D)	H(%)	MG (g/l)	EST (%)	ESD (%)	MG/EST (%)	Poids
Norme	/	/	50-60	/	40-50	/	40-50	125±10
Essai I	5.6	77	57	21	43	40.9	48	166
Essai II	5.34	90	59	17	41	39.3	41	167
Essai III	5.1	106	53	25	47	44.5	53.19	138

Nous avons noté une différence dans le paramètre de l'acidité entre les trois fromages, elle est de 106°D pour le fromage témoin issu de la coagulation par une Coagulase microbienne, de 77°D pour le fromage issu de la coagulation par le VP et de 90°D pour le fromage issu de la coagulation par le VB.

Nous avons noté aussi une différence dans le taux d'EST, il est de 47% pour le fromage témoin, de 43% pour le fromage issu de la coagulation par le VP et de 41% pour le fromage issu de la coagulation par le VB.

La teneur en MG est aussi différente, elle est de 25 g/l pour le fromage témoin, de 21g/l pour le fromage issu de la coagulation par le VP et de 17 g/l pour le fromage issu de la coagulation par le VB.

Même la teneur en humidité est différente, elle est de 53% pour le fromage témoin, de 57% pour le fromage issu de la coagulation par le VP et de 59% pour le fromage issu de la coagulation par le VB, mais en dépit de ces différences, tous ces résultats sont conformes à la norme utilisée par LA VALLEE.

Les teneurs en humidité pour les fromages issus de la coagulation par le VP et VB sont les mêmes avec celle trouvée par BENLOUCIF et OULMI en 2017 (58%) qui est à son tour proche de celle du témoin. Et la teneur en MG du fromage issu de la coagulation par VP est la même avec celle mentionnée par BENLOUCIF et OULMI en 2017 (20.25%) et NOUANI en 2009 (20 et 21%), ces valeurs sont proches de VB plus que le témoin. La teneur en EST décrite par BENLOUCIF et OULMI en 2017 (48.35%) quand à elle était proche de celle du témoin plus que celle des fromages issus de la coagulation par VP et VB. Ces différences ont été confirmées par plusieurs auteurs qui ont rapporté dans leurs travaux que l'acidité, le taux de matière grasse et d'extrait sec total des fromages dépendent de la nature, de la composition initiale du lait utilisé pour la production et de la manière dont sont effectuées les opérations de coagulation et d'égouttage (ZIKOUI, 2013 ; NOUANI, 2009).

Le rapport MG/ EST est une caractéristique importante des fromages. Il permet d'apprécier d'une façon précise la teneur en matière grasse dans 100g d'EST. Nous avons remarqué que ce rapport est plus faible dans le cas du fromage obtenu de la coagulation par VB (41%) que celui trouvé dans le fromage issu de la coagulation par VP (48%), le rapport le plus important était celui du témoin (53.19%).

III.7. Analyses bactériologiques du fromage à pâte molle type Camembert

Nous avons notés dans le tableau XVI toutes les résultats bactériologiques des trois essais.

Tableau XVI : Résultats des analyses bactériologiques du Camembert.

Germes recherchés	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	<i>Staphylococcus aureus</i>	CSR
Norme	10 ²	10	10 ²	01
Essai I	50	05	<10 ²	Abs
Essai II	80	07	<10 ²	Abs
Essai III	15	03	<10 ²	Abs

Abs : absence.

Les analyses bactériologiques permettent de vérifier que le produit ne présente pas de risque pour la santé du consommateur, en tenant compte des conditions de conservation, des habitudes de consommation et des caractéristiques du produit. Il convient donc de s'assurer, par des tests bactériologiques, que le produit va être sain et de bonne qualité marchande tout au long de sa durée de vie (TALEBBENDIAB, 2017).

Nos analyses bactériologiques ont montré une absence de CSR, par contre, nous avons enregistré la présence de 15, 50 et 80 ufc/ml des coliformes totaux pour les fromages issus de la coagulation par CM, VP et VB respectivement mais qui restent conforme à la norme.

3, 5 et 7 ufc/ml de coliformes fécaux sont dénombrés dans les fromages issus de la coagulation par CM, VP et VB respectivement aussi conforme à la norme. Concernant *Staphylococcus aureus*, les nombres trouvés étaient inférieurs à 10^2 qui est le seuil de la norme (JORA, 1998), ce qui témoigne de bonnes pratiques d'hygiène lors de la fabrication.

En comparant nos résultats à ceux trouvés par TALEBBENDIAB (2017) qui a fait le contrôle de la qualité physicochimique et microbiologique du Camembert issue d'une Coagulase microbienne, nos résultats sont meilleurs en termes de qualité bactériologique

III.8. Résultats des analyses sensorielles

Rappelons que pour l'évaluation de la qualité organoleptique des fromages obtenus, nous avons effectué deux tests.

III.8.1. Résultats du test d'intensité

Nous avons rassemblé les 50 fiches de dégustations du test d'intensité dans une série statistique où nous avons fait un tableau statistique (tableau XVII) des caractères étudiés : couleur (blanc et jaune), texture (lisse, moelleuse et dure), odeur (lactique, animal et herbe) et goût (acide, amer, salé et rance) et leurs effectifs (la note donnée pour chaque caractère).

Pour discuter ce tableau, nous avons soumis ces résultats à une analyse statistique par l'utilisation de logiciel XLSTATS 2016

III.8.2. Résultats du test de classement par rang

Nous avons regroupées les résultats des 61 fiches de dégustation du test de préférence dans une série statistique où nous avons construit un tableau statistique (tableau XVIII) des classes données pour les trois fromages produit et codée qui sont soumis à une analyse statistique pour les discuter par l'utilisation du logiciel Excel 2007.

Tableau XVII : Tableau statistique des résultats de test d'intensité.

	Couleur			Texture			odeur			Goût								
	blanc		jaune	Lisse		moelleuse	dure	lactique		animal	herbe	Acide		amer	salé	Rance		
notes	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0	0	0	0	7	1	2	0	1	2	30	32	10	17	26	5	27	32	33
1	2	2	2	7	4	2	1	0	1	6	6	7	8	6	6	9	7	3
2	0	7	3	6	1	7	3	1	0	4	3	10	8	5	9	7	3	3
3	3	1	4	5	4	3	4	4	2	0	7	7	4	7	6	2	1	1
4	6	10	8	9	5	8	7	4	1	1	10	7	5	3	5	4	3	3
5	6	16	10	4	13	7	8	8	5	5	9	3	1	2	8	0	2	2
6	12	6	6	4	9	2	9	5	11	1	4	3	5	0	3	0	2	2
7	12	1	8	5	5	6	8	14	12	2	2	2	1	1	2	0	3	3
8	9	6	7	3	8	5	10	9	8	0	0	0	1	0	2	1	0	0
9	0	1	2	0	0	2	4	6	2	1	0	1	0	0	1	0	0	0
Σ	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Tableau XVIII : Résultats du test de préférence.

Classement	1	2	3	N
Essai I (VP)	11	26	19	61
Essai II (VB)	24	20	17	61
Essai III (témoin)	20	17	25	61

III.9. Résultats de l'analyse statistique

III.9.1. Résultats du test d'intensité

Pour déduire si les différences existant entre les trois fromages (**essai I**, **essai II** et **essai III**) sont statistiquement significatives ou non-significatives, nous avons utilisé le test Kruskal-Wallis qui est considéré comme l'alternative du test ANOVA. En plus, on a procédé à des comparaisons entre les différents échantillons deux à deux, en vue de vérifier d'éventuelles différences, en utilisant un test de comparaison multiples par paire. Les deux tests cités ci-haut sont fournis par le logiciel XLSTAT2016. Les tableaux XIV et 20 montrent les résultats de l'analyse faite sur le caractère «couleur blanche» pour les trois **essais I, II et III**.

- Le niveau de signification (α) choisi est de 5% ;
- Les hypothèses proposées :
 - H_0 : Les échantillons proviennent de la même population ;
 - H_1 : Les échantillons proviennent de populations différentes.
- La p-value est calculée par le logiciel XLSTAT ; les valeurs des résultats sont résumées dans le tableau XIV.

Tableau XIV : Résultats de Test Kruskal-Wallis.

K (Valeur observée)	0,220
K (Valeur critique)	5,991
DDL	2
p-value (bilatérale)	0,896
Alpha	0,05

Où :

K : désigné la statistique de Kruskal-Wallis calculé par le XLSTAT,

K (observé) est celui calculé à partir de l'échantillon ;

K (critique) est lu sur la table de Kruskal-Wallis ;

p-value désigné la probabilité de rejeter H_0 alors qu'elle est vraie. Si elle est supérieure à certain seuil alpha désigné par l'utilisation, l'Hypothèse H_0 ne peut être rejetée.

Interprétation du test :

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au seuil de signification $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 .

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est de 89,57%.

Les résultats du test Kruskal-Wallis sont confirmés par le test de comparaison multiple par paire (comparaison deux par deux) détaillé dans le tableau XX.

Tableau XX : Résultats de comparaison multiple par paire, différences significatives avec les p-values

	Essai III	Essai I	Essai II
Essai III	1	Non (0.997)	Non(0.972)
Essai I	Non (0.997)	1	Non (0.836)
Essai II	Non (0.972)	Non (0.836)	1

Donc la différence de la couleur blanche entre ces trois échantillons n'est pas significative.

Pour le reste des caractères, nous avons résumé les résultats finaux dans le tableau XXI (pour les détails voir les annexes n°04, 05, 06 et 07).

Tableau XXI : Résultats finaux du test Kruskal-wallis

Caractères		Interprétation des résultats
Couleur	Jaune	L'hypothèse H_0 est acceptée car elle est vraie de 85.78% (référencier dans le tableau XXII en annexe n°04).
Textures	Lisse	L'hypothèse H_0 est acceptée car elle est vraie de 96.04% (référencier dans le tableau XXIV en annexe n°05).
	Moelleuse	L'hypothèse H_0 est acceptée car elle est vraie de 99.09% (référencier dans le tableau XXIV en annexe n°05).
	Dure	L'hypothèse H_0 est acceptée car elle est vraie de 55.40% (référencier dans le tableau XXIV en annexe n°05).
Odeurs	Lactique	L'hypothèse H_0 est acceptée car elle est vraie de 60.20% (référencier dans le tableau XXIII en annexe n°06).
	Animale	L'hypothèse H_0 est acceptée car elle est vraie de 96.70% (référencier dans le tableau XXIII en annexe n°06).
	Herbe	L'hypothèse H_0 est acceptée car elle est vraie de 95.46% (référencier dans le tableau XXIII en annexe n°06).
Goûts	Acide	L'hypothèse H_0 est acceptée car elle est vraie de 94.62% (référencier dans le tableau XXXII en annexe n°07).
	Salé	L'hypothèse H_0 est acceptée car elle est vraie de 99.30% (référencier dans le tableau XXXII en annexe n°07).
	Amer	L'hypothèse H_0 est acceptée car elle est vraie de 60.40% (référencier dans le tableau XXXII en annexe n°07).
	Rance	L'hypothèse H_0 est acceptée car elle est vraie de 94.50% (référencier dans le tableau XXXII en annexe n°07).

Concernant les résultats du test de comparaison multiples par paire, ils sont détaillés dans l'annexe 5 pour la texture lisse (tableau XXV), moelleuse (tableau XXVI) et dure (tableau XXVII) ; dans l'annexe n°06 pour l'odeur lactique (tableau XXIX), animale (tableau XXX) et herbe (tableau XXXI) ; dans l'annexe n°07 pour le goût acide (tableau XXXIII), salé (tableau n°34), amer (tableau XXXV) et rance (tableau XXXVI).

III.9.2. Résultats du test de classement par rang (préférence)

Pour déduire quel fromage codé a gagné la première classe, deuxième ou troisième classe nous avons représenté les résultats du tableau n°18 dans la figure n°12 à l'aide du logiciel Excel 2007.

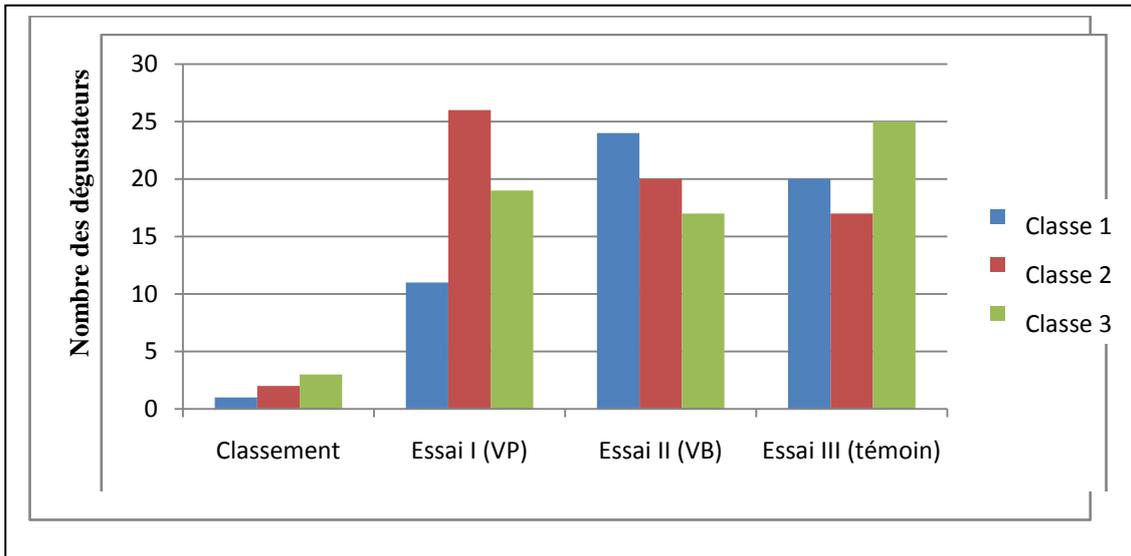


Figure n°12 : Histogramme des classes des essais I (VP), II (VB) et III (CM) en fonction du nombre des dégustateurs du test de préférence

A partir de la figure n°12 nous avons constaté que la plus part des dégustateurs classent le fromage issu de la coagulation par l'utilisation de VB (C) en première classe, fromage issu de la coagulation par l'utilisation de VP (B) en deuxième classe et le fromage témoin en dernière classe (A) .

Donc le fromage probablement préféré par les dégustateurs est celui issu de la coagulation par l'utilisation de vinaigre blanc.

D'une manière générale, les résultats de la 1^{ère} enquête faite sur le test d'intensité par l'utilisation des deux tests (Kruskal-Wallis et comparaison multiple par paire) montrent que la différence est statistiquement non significative. Cependant, les résultats de la 2^{ème} enquête faite sur le test de classement par rang montrent que les dégustateurs apprécient mieux le fromage issu de la coagulation par l'utilisation de vinaigre blanc.

Discussion générale

A partir de nos résultats, nous remarquons que:

- ✓ La température de coagulation pour fromage produit par **VP** et **VB** (70°C) est considéré comme une deuxième pasteurisation (de confirmation) ;
- ✓ Réduction du temps de prise donc le temps de coagulation pour fromage produit par **VP** et **VB** rapport au **témoin** ;
- ✓ La force de coagulation des fromages produit par **VP** et **VB** est plus élevé par rapport au **témoin** ;
- ✓ Absence de l'étape de brassage et tranchage chez les fromages produits par **VP** et **VB**;
- ✓ Réduction de l'étape de l'égouttage pour les fromages produits par **VP** et **VB** par rapport au **témoin** ;
- ✓ La nécessite d'une autre pulvérisation par *Penicillium camemberti* pour les fromages produits par **VP** et **VB** par rapport au **témoin** ;
- ✓ Les analyses physico-chimiques et bactériologiques des fromages produit par **VP** et **VB** sont conformes aux normes tous comme celles du **témoin** ;
- ✓ Le rendement du fromage produit par **VP** est important que celui produit par **VB** et du **témoin** ;
- ✓ Le fromage produit par l'utilisation du vinaigre blanc a gagné la première classe, et ce malgré l'absence de différence significative entre les trois fromages produit d'après les tests Kruskal-Wallis et comparaison multiple par paire.

Donc d'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que nos fromages produit par **VP** et **VB** sont satisfaisants comme le **témoin**.

Conclusion et perspectives



«Je ne compte pas sur le passé, j'en tire des conclusions pour le présent »

Eric Fisher

Conclusion et perspectives

Sur le territoire national, nous pouvons trouver différents agents utilisés pour la coagulation du lait en industrie fromager.

L'objectif de ce travail était l'étude de l'effet de trois agents coagulants (vinaigre de pomme, vinaigre blanc et coagulase microbienne) sur la qualité physicochimique, bactériologique, organoleptique ainsi que le rendement de production d'un fromage à pâte molle type Camembert.

Nous avons réussi à produire un fromage à pâte molle type Camembert par l'utilisation de deux vinaigres (VP et VB) et nous avons essayé de comparé les qualités physico-chimiques bactériologiques et organoleptiques des produits obtenues a un témoin qui a été produit par CM comme nous avons fait une analyse statistique pour le test d'intensité et pour le teste de préférence.

Les résultats obtenus des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont montrés la conformité des essais aux normes utilisés par la laiterie LA VALLEE (AFNOR, 1993 et JORA, 1998).

Les analyses sensorielles ont révélé que les fromages produit en utilisant le VB et le VP ne présentent aucune différence significative avec le fromage conventionnel produit par la laiterie, donc il répond parfaitement aux caractéristiques du Camembert, cependant, les dégustateurs ont montré une préférence au Camembert produit par le VB.

De manière générale, nous pouvons dire que :

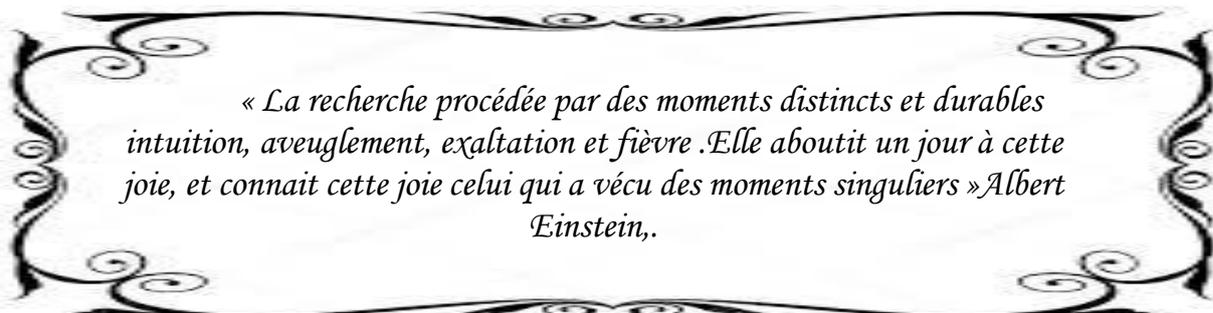
- Nos essais ont donné des résultats satisfaisants sur le plan qualité physicochimique et bactériologique ;
- Du coté consommateur, le Camembert préféré était celui produit par le vinaigre blanc ;
- Du coté industrielle, l'utilisation du vinaigre de pomme est intéressante à cause de son meilleur rendement pour commencer à penser à cette voie alternative.

Enfin, ces résultats pourront être affinés dans le future, et pour ce, nous pouvons proposer quelques idées :

- Refaire l'essai en comparant l'effet des vinaigres à celui de la coagulase végétale et/ou animale ;
- Refaire l'essai en utilisant d'autres types du vinaigres (vinaigre de cidre, alcoolisé...) avec la comparaison de leurs rendements ;
- Refaire l'essai avec l'utilisation d'acide citrique (citron) et comparer son effet à ceux des coagulases et d'acide acétique.
- Tout ça afin de pouvoir essayer de produire à l'échelle nationale une coagulase aussi efficace que celles importées sur le plan technologique et organoleptique.

« Ce soir, je me contente d'un camembert bien sur » Anatole Bisk

Références bibliographiques



« La recherche procédée par des moments distincts et durables intuition, aveuglement, exaltation et fièvre .Elle aboutit un jour à cette joie, et connaît cette joie celui qui a vécu des moments singuliers »Albert Einstein,.

Références bibliographiques

1. **ABDELMOUMENE W., 2015** : Etude de l'activité antimicrobienne des souches de bactéries lactiques isolées de produits laitiers traditionnels Algériens (Zebda, Lben et Dhan). Mémoire de master, biologie option science des aliments : université Abou Beker Belkaid-Tlemcen, 50 pages.
2. **ADOUI F., 2017** : Extraction d'enzyme coagulant le lait à partir de proventricule de poulet. Mémoire de magister, science alimentaire option biochimie et technologie alimentaire : Institut de la Nutrition de l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires (INATAA), 64 pages.
3. **ALPER I., 2013** : Défi phylogénétique chez la levure d'intérêt laitier *Geotrichum candidum*. Thèse pour l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (ph.d.), Sciences des aliments et de nutrition : Université Laval Québec, Canada, 115 pages.
4. **AISSAOUI ZIRMI N.E.I., 2016** : Analyses microbiologiques et physico-chimiques de Hakka (présure artisanale) utilisée pour fabrication du Jben. Mémoire de master, Microbiologie Appliquée : Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, 52 pages.
5. **BELHEMICHE N., 2005** : Extraction, purification et caractérisation de la coagulase de *Mucor pusilus*. Mémoire de magister, science agronomique, option science alimentaire : Institut National Agronomique, El Harrache, 56 pages.
6. **BENDEROUICH B., 2009** : *La kémaria: un produit du terroir à valoriser*. Mémoire de fin d'études, Agronomie Saharienne, Option élevages en zones arides. Université Kasdi Merbah – Ouargla, 77 pages.
7. **BENDIMERAD N., 2013** : Caractérisation phénotypique technologique et moléculaire d'isolats de bactéries lactiques de laits crus recueillis dans les régions de l'Ouest Algérien. Essai de fabrication de fromage frais type «*Jben*. ». Thèse de doctorat, Microbiologie alimentaire : Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, 149 pages.
8. **BENLOUCIF R et OULMI A., 2017** : Etude du procédé de production du fromage type Camembert : effet de la nature des microorganismes sur la qualité du produit. Mémoire de master, bioindustrie, analyse et contrôle : Université des Frères Mentouri Constantine 1, 76 pages.

9. **BENNEDJIMA I. et ROUIJAA S., 2015** : Evaluation de la qualité physico-chimique et biochimique et suivie de l'activité protéolytique du lait camelin (collecté localement) durant sa transformation en fromage. Mémoire de master, Biochimie Appliquée : Université Kasdi Merbah, Ouargla. 36 pages.
10. **BENSAID I., 2011** : Utilisation de l'extrait enzymatique des fleurs du *Cynara cardunculus* pour la fabrication du fromage. Mémoire de master, Sciences des aliments : Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 41 pages.
11. **BOUGHELOUT H., 2007** : Coagulation du lait par la pepsine de poulet. Mémoire magister, sciences alimentaires option Biochimie et Technologies Alimentaire : Institut de la Nutrition de l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires (INATAA), 82 pages.
12. **BOUYOUCEF Y. et TAOUZINET A., 2016** : Obtention et caractérisation d'une protéase coagulante de *Penicillium* sp. Mémoire de magister, Alimentation et Nutrition Option Industrie laitière: Université A. MIRA – Bejaia, 30 pages.
13. **CHENANFA S. et AOUDIA A., 2017** : Valorisation du lactosérum issu de fabrication du fromage à pâte molle type camembert par la formulation d'une boisson lactée à base de jus de figue de barbarie *Opuntia ficus indica*. Mémoire de master, Sciences Alimentaire option industrie laitière : Université A. MIRA – Bejaia, 46 pages.
14. **CHERRADI Z., 2015** : suivi de taux de mouillage du lait. Projet de fin d'étude, technique d'analyse et Contrôle Qualité (TACQ) : université SIDI mohamed ben abdellah, 30 pages.
15. **COURTET LEYMARIOS F., 2010** : Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation. Thèses de doctorat, médecine vétérinaire de Créteil : Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, 112 pages.
16. **DAHOU A.E.A., 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, Production et Biotechnologie Animales : Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 92 pages.
17. **DIOUF L., 2004** : Etude de la production et de la transformation du lait de chèvre dans les niayes (Sénégal). Mémoire de diplôme d'études approfondies, productions animales : université Cheikh Anta Diop de Dakar, 27 pages.

18. **FORQUIN M.P., 2010** : étude de *Brevibacterium aurantiacum*, une bactérie d'affinage de fromage : de son métabolisme du soufre à son interaction avec *Kluyveromyces lactis*. Thèse de doctorat, microbiologie : Instituts des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), 182 pages.
19. **GASTELUM-MARTINEZ E., 2012** : Interaction entre *Fusarium langsethiae* et *Geotrichum candidum* pour la réduction de la concentration de la toxine T-2 dans le procédé de brasserie. Thèse de doctorat, Génie des procédés et de l'environnement : Institut National Polytechnique de Toulouse (INP), 151 pages.
20. **GHAOUES S., 2011** : Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est Algérien. Mémoire de Magister, Sciences Alimentaires option: Technologie Alimentaire : Université MENTOURI – Constantine : Institut de La Nutrition, de L'alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires I.N.A.T.A.A, 130 pages.
21. **GHAZI K. et NIAR A., 2011** : Qualité hygiénique du lait cru de vache dans les différents élevages de la Wilaya de Tiaret (Algérie), *TROPICULTURA*, 29 (4) : 193-196.
22. **GOULET-BEAULIEU V., 2013** : Croissance de *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus aureus* dans un fromage modèle Camembert réduit en NaCl ou partiellement substitué en KCl. Mémoire pour l'obtention du grade Maîtrise en sciences et technologie des aliments maître ès science (M. Sc.) : Université Laval Québec, Canada, 74 pages.
23. **GUILLAUME M., 2013** : La levure *Geotrichum candidum* : taxonomie, biodiversité et génome. Thèse pour obtenir le grade de *Docteur en Sciences*, Biologie : Université Paris-Sud XI Orsay, 148 pages.
24. **GUIRAUD J.P., 2012** : Microbiologie alimentaire, DUNOD, Paris, page : 92 et 102.
25. **HAMADA I. et DEBBAKH H., 2014** : Synthèse bibliographique sur la microflore du fromage. Projet de Fin d'Etudes, Microbiologie fondamentale et appliquée : Université Kasdi Merbah – Ouargla, 30 pages.
26. **HEBERT A., 2010** : Ecosystème fromager : de l'étude du métabolisme du soufre chez *Kluyveromyces lactis* et *Yarrowia lipolytica* à l'interaction entre *Kluyveromyces lactis* et *Brevibacterium aurantiacum*. Thèse de doctorat, microbiologie : Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), 245 pages.

- 27. KONTE.M, février 1999**, le lait et les produits laitiers développement de système de production intensive en Afrique de l'ouest, université de nouakchott (r.l.m) institut sénégalais de recherches agricoles faculté des sciences et techniques laboratoire national de l'élevage sciences et technologies des aliments, 180 pages.
- 28. LABONTE R., 2012** : Estimation de l'état physiologique de *Penicillium camemberti* lors de l'affinage du Camembert. Mémoire pour l'obtention du grade de maître es sciences (m.sc.) Sciences des aliments et de nutrition : Université Laval Québec, Canada, 104 pages.
- 29. LABIOUI H, ELMOUALDI L, BENZAKOUR A, EL YACHIOUI M, BERNY E.H, OUHSSINE M (2009)**. Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm.* 148 : 7-16.
- 30. LESSARD M.H., 2014** : Le suivi de la croissance et de l'activité spécifique des mycètes pendant l'affinage du Camembert. Thèse du doctorat pour l'obtention du grade *Philosophiae Doctor* (Ph.D.), sciences et technologie des aliments : Université Laval Québec, Canada, 119 pages.
- 31. LEVEAU J.Y. et BOUIX M., 1993** : Microbiologie industrielle : les microorganismes d'intérêt industrielle. TEC & DOC –Lavoisier, APRIA, Paris, pages : 71, 153, 154 et 307.
- 32. MACHEBOEUF D., COULON J-B., D'HOUE P., 1993**. Aptitude à la coagulation du lait de vache. Influence de la race, des variants génétiques des lactoprotéines du lait, de l'alimentation et du numéro de lactation. *INRA Prod, Anima*, 6 (5) : 333-344.
- 33. NOUADRI T., 2011** : L' α -amylase de *Penicillium camemberti* PL21: Production, Purification, Caractérisation et Immobilisation. Thèse de Doctorat d'Etat, Biochimie et de Microbiologie option Biochimie /Biotechnologies : Université Mentouri – Constantine, 125 pages.
- 34. NOUANI A., DAKO E., MORSLI A., BELHAMICHE N., BELBRAOUE S., BELLAL M.M., DADIE A., 2009**. Characterization of the purified coagulant extracts derived from artichoke flowers (*Cynara scolymus*) and from the fig tree latex (*Ficus carica*) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria. *J. Food Technol.*, 7(1) : 20-29.

35. **NOUANI A., 2009** : Recherche de succédanés de la présure traditionnelle utilisés dans la coagulation du lait. Thèse de doctorat, Sciences Agronomiques option : Sciences Alimentaires : Ecole National Supérieure Agronomique – El- Harrach, 113 pages.
36. **OUALI ABDOUNE S., 2003** : Qualité du fromage à pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie de *Draa Ben Khedda* : Nature de la matière. Mémoire de magister, Sciences Alimentaires option Nutrition Appliquée : Université Frères Mentouri Constantine, 88 pages.
37. **RAGOT M., 2011** : Produits de lait biologique, conversion et témoignage, édition EDUCAGRI, France, pages 44.
38. **ROUABHIA M.E.H. et MESSOUDI S., 2017** : Comparaison entre trois recettes du fromage à pâte molle type Camembert. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du ingénieur d'état , Nutrition, Alimentation et Technologie Agro-alimentaire, Université Constantine -1- Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires (I.N.A.T.A.A) , 54 pages
39. **SAAD A., 2017** : Conception du processus de fabrication et contribution à la préparation du lancement d'un fromage à pâte molle de type Camembert. Mémoire de fin d'étude, Filière ingénieurs Industries Agro-alimentaires : Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, 52 pages.
40. **SIAR H., 2014** : Utilisation de la pepsine de poulet et de la ficine du figuier comme agents coagulants du lait. Mémoire de magister, Sciences Alimentaires option: Technologies Alimentaires : Université Constantine -1- Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires (I.N.A.T.A.A), 75 pages.
41. **TALANTIKITE-KHELLIL S., 2015** : Purification et caractérisation d'une enzyme coagulante d'origine microbienne pour application en fromagerie. Thèse de doctorat, Technologie Alimentaire option Génie Alimentaire Et Biotechnologie : Université M'hamed Bougara-Boumerdes, 153 pages.
42. **TALEBBENDIAB BENOTMANE F., 2017** : Contrôle physico-chimique et microbiologique du Camembert. Mémoire de master, Nutrition et Santé : Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, 61 pages.
43. **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.

- 44. TOUCHETTE M., 2016** : Effet de la réduction et de la substitution du NaCl dans le Camembert sur la croissance de la microflore fongique d'affinage. Mémoire pour l'obtention du grade Maîtrise en microbiologie agroalimentaire, maître ès sciences (M. Sc.) : Université Laval Québec, Canada, 100pages.
- 45. VIGNOLA S., 2018** : La levure *Geotrichum candidum*, diversité et applications en fromagerie. Mémoire pour l'obtention du grade Maîtrise en sciences et technologie des aliments, Maître ès Sciences (M. Sc.) .Québec, Canada, 70 pages.
- 46. WOLTER R. et ANDREW P., 2012** : Alimentation de la vache laitière, 4^{ème} édition, France agricole, p : 174 et 182.
- 47. ZIKOUI A., 2013** : La coagulation du lait par l'extrait des fleurs de cardon (*Cynara cardunculus*). Mémoire de magister, sciences alimentaires Option Biochimie et Technologies Alimentaires : Université Constantine -1- Institut de la Nutrition, de l'alimentation et des technologies Agro-Alimentaires (I.N.A.T.A.A.), 87 pages.

Annexes



« Le succès est d'obtenir ce que vous voulez. Le bonheur est de vouloir ce que vous obtenez » Dale Carnegie.

Annexe n°01 : Fiche technique des agents coagulants utilisés lors de la production

Tableau VIII : Fiche technique des agents coagulants utilisés

Type de produit	Vinaigre de pomme	Vinaigre blanc	Coagulase microbienne
Marque	Santé vi	RAYHAN Best	DANISCO
Lieu de production	MAG PHARM laboratoire (Alger)	ETS RAHMOUNI Nassim, Targa Ouzemour de Bejaia	France
Date de fabrication	06.03.2017	25 .11.2017	19.06.2016
Date de péremption	06.03.2020	Après 24 mois	28.06.2019
Le volume du produit	500ml	500ml	500g
Son acidité (°D)	5	5	
Son prix (DA)	310	50	5000

Annexe n°02 : Démonstration des lois de l'Ac utilisées

1. Démonstration de la loi que nous avons utilisée pour le lait

On a:
$$Ac = \frac{m_{théo}}{m_p} \dots \dots \dots 1$$

Comme on a:
$$C_m = \frac{m_{théo}}{M \cdot V}$$

On va ressortir le $m_{théo}$:
$$m_{théo} = C_m \cdot M \cdot V$$

Le V est en ml = 10^{-3} L,

Donc:
$$m_{théo} = C_m \cdot M \cdot V \cdot 10^{-3} \dots \dots \dots 2$$

On a: $C_m = 1/9 \text{ mol/l}$ et $M_{\text{acide lactique}} = 90 \text{ g/mol} \dots \dots \dots 3$

On remplace 3 dans 2: $m_{théo} = \frac{1}{9} * 90 * V \cdot 10^{-3}$

Donc: $m_{théo} = V \cdot 10^{-2} \dots \dots \dots 4$

* On remplace l'équation 4 dans 1:
$$Ac = \frac{V \cdot 10^{-2}}{m_p}$$

La masse pesée du lait est de $10 \text{ g} = 10 * 10^{-3} \text{ kg}$, si on remplace la m_p avec sa valeur dans l'équation précédente on aura:

$$Ac = \frac{V \cdot 10^{-2}}{10 * 10^{-3}}$$

Donc: $Ac_{\text{lait}} = V$ de la chute de la burette

Avec:

Ac : acidité.

$M_{\text{théo}}$: masse théorique.

m_p : masse pesé.

C_m : concentration molaire.

M : masse molaire de l'acide lactique.

V : volume de la chute de la burette.

2. Démonstration de la loi que nous avons utilisée pour le Camembert

On a:
$$Ac = \frac{m_{\text{théo}}}{m_p} \dots \dots \dots 1$$

Comme on a:
$$C_m = \frac{m_{\text{théo}}}{MV}$$

On va ressortir le $m_{\text{théo}}$:
$$m_{\text{théo}} = C_m \cdot M \cdot V$$

Le V est en ml = 10^{-3} L,

Donc :
$$m_{\text{théo}} = C_m \cdot M \cdot V \cdot 10^{-3} \dots \dots \dots 2$$

On a : $C_m = 1/9 \text{ mol/l}$ et $M_{\text{acide lactique}} = 90 \text{ g/mol} \dots \dots \dots 3$

On remplace 3 dans 2 :
$$m_{\text{théo}} = \frac{1}{9} \cdot 90 \cdot V \cdot 10^{-3}$$

Donc :
$$m_{\text{théo}} = V \cdot 10^{-2} \dots \dots \dots 4$$

* On remplace l'équation 4 dans 1 :
$$Ac = \frac{V \cdot 10^{-2}}{m_p}$$

La masse pesé est en g = 10^{-3} kg

Donc :
$$Ac = \frac{V}{m_p} \cdot 10 (\text{g/kg}) \dots \dots \dots 5$$

1 g/kg = 10°D Convertir Ac (g/kg) en Ac (°D), donc il faut multiplier l'équation 5 fois 10

$$Ac = \frac{V}{m_p} \cdot 100 (\text{°D})$$

Annexes n°03 : Fiches des analyses sensorielles.**Fiche 1**

LAITERIE FROMAGERIE DE LA VALLEE
MASTER 2 BIOTHECNOLOGIE MICROBIENNE

FICHE DU TEST DE CLASSEMENT PAR RANG

NOM :

PRENOM :

DATE :

Analysez et goûtez les trois échantillons, puis classez les par ordre croissant selon votre préférence (attribuez 1 à l'échantillon que vous préférez puis 2 et ensuite 3 pour le moins apprécié).

Codes	Classement
A	...
B	...
C	...

Fiche 2

LAITERIE FROMAGERIE DE LA VALLEE
 MASTER 2 BIOTHECNOLOGIE MICROBIENNE

FICHE DU TEST D'INTENSITE

NOM :

PRENOM :

DATE :

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

NB : Si le caractère mentionné dans la fiche n'est pas détecté dans le produit, vous mettez 0.

	A	B	C
Couleur			
Blanc			
Jaune			
Texture			
Lisse			
Moelleuse			
Dure			
Odeur			
Lactique			
Animal (vache)			
Herbe			
Gout			
Acide			
Amer			
Salé			
rance			
Autre caractère non mentionné			

Annexe n°04 : Résultats des tests statistiques pour la couleur jaune

Tableau XXII : Résultats du Test de Kruskal-Wallis pour la couleur jaune

K (Valeur observée)	0,307
K (Valeur critique)	5,991
DDL	2
p-value (bilatérale)	0,858
Alpha	0,05

Tableau XXIII : Différence significatives et p-values pour la couleur jaune

	A	B	C
A	1	Non (0,997)	Non (0,949)
B	Non (0,997)	1	Non (0,815)
C	Non (0,949)	Non (0,815)	1

Annexe n°05 : Résultats des tests statistiques pour la texture

Tableau XXIV : Résultats du Teste de Kruskal-Wallis pour la texture

	lisse	moelleuse	dure
K (Valeur observée)	0,081	0.018	1.181
K (Valeur critique)	5,991	5.991	5.991
DDL	2	2	2
p-value (bilatérale)	0,960	0.991	0.554
Alpha	0,05	0.05	0.05

Tableau XXV : Résultats du teste des différences significatives et p-values de la texture lisse

	A	B	C
A	1	Non (0,908)	Non (0,999)
B	Non (0,908)	1	Non (0,999)
C	Non (0,999)	Non (0,999)	1

Tableau XXVI : Résultats du teste des différences significatives et p-values de la texture moelleuse

	A	B	c
A	1	Non (0,980)	Non (0,999)
B	Non (0,980)	1	Non (0,999)
C	0,999	Non (0,999)	1

Tableau XXVII : Résultats du teste des différences significatives et p-values de la texture dure

	A	B	C
A	1	Non (00,728)	Non (0,656)
B	Non (0,728)	1	Non (0,746)
C	Non (0,656)	Non (0,746)	1

Annexe n°06 : Résultats des testes statistique pour l'odeur

Tableau XXVIII: Résultats du teste de Kruskal-Wallis pour l'odeur

	Lactique	Animale	Herbe
K (Valeur observée)	0,441	0.067	0.093
K (Valeur critique)	5,991	5.991	5.991
DDL	2	2	2
p-value (bilatérale)	0,802	0.967	0.955
Alpha	0,05	0.05	0.05

Tableau XXIX : Résultats du teste des différences significatives et p-values pour l'odeur lactique

	A	B	C
A	1	Non (0,937)	Non (0,723)
B	Non (0,937)	1	Non (0,999)
C	Non (0,723)	Non (0,999)	1

Tableau XXX : Résultats du teste des différences significatives et p-values pour l'odeur animale

	A	B	C
A	1	Non (0,987)	Non (0,972)
B	Non (0,987)	1	Non (0,980)
C	Non (0,972)	Non (0,980)	1

Tableau XXXI : Résultats du teste des différences significatives et p-values pour l'odeur herbe

	A	B	C
A	1	Non (0,949)	Non (0,997)
B	Non (0,949)	1	Non (0,980)
C	Non (0,997)	Non (0,980)	1

Annexe n°07 : Résultats des testes statistique pour le goût

Tableau XXXII: Résultats du teste de Kruskal-Wallis pour le goût

	Acide	Salé	Amer	Rance
K (Valeur observée)	0,111	0.014	1.007	0.113
K (Valeur critique)	5,991	5.991	5.991	5.991
DDL	2	2	2	2
p-value (bilatérale)	0,946	0.993	0.604	0.945
Alpha	0,05	0.05	0.05	0.05

Tableau XXXIII : Résultats du teste des différences significatives et p-values pour le goût acide

	A	B	C
A	1	Non (1,000)	Non (0,962)
B	Non (1,000)	1	Non (0,950)
C	Non (0,962)	Non (0,950)	1

Tableau XXIV : Résultats du teste des différences significatives et p-values pour le goût salé

	A	B	C
A	1	Non (0,993)	Non (0,999)
B	Non (0,993)	1	Non (0,997)
C	Non (0,999)	Non (0,997)	1

Tableau XXXV : Résultats du teste des différences significatives et p-values pour le goût amer

	A	B	C
A	1	Non (0,814)	Non (0,578)
B	Non (0,814)	1	Non (0,935)
C	Non (0,578)	Non (0,935)	1

Tableau XXXVI: Résultats du teste des différences significatives et p-values pour le goût rance

	A	B	C
A	1	Non (0,999)	Non (0,961)
B	Non (0,999)	1	Non (0,949)
C	Non (0,961)	Non (0,999)	1

Résumé

Le lait est un produit très périssable, le fromage fut depuis longtemps l'une des formes les plus usuelles permettant de le préserver. Le Camembert est un fromage au lait cru, à pâte molle légèrement salée et à croûte fleurie. Cette étude vise la substitution de la coagulase microbienne, utilisé pour la production de fromage à pâte molle type Camembert dit « LE RURAL » commercialisé par LA VALLEE qui se situe à 80 km du chef lieu de la wilaya de Bejaia, par deux types de vinaigres (vinaigre de pomme, vinaigre blanc) avec l'utilisation de la même matière première (lait cru).

Nous avons soumis nos essais à des analyses physico- chimiques et bactériologiques, les paramètres recherchés étaient conformes aux normes utilisées par LA VALLEE.

L'analyse sensorielle n'a montré aucune différence significative avec le fromage conventionnel produit par la laiterie (test d'intensité). Cependant, le Camembert produit par le vinaigre blanc a gagné la préférence des dégustateurs (classement par rang). Comparant le rendement en fromages, nous avons trouvé 17.33%, 14.08% et 16.11% pour le Camembert produit par le vinaigre de pomme, vinaigre blanc et la coagulase microbienne respectivement.

Enfin, nous pouvons dire que nos essais sont de bonnes qualités alimentaires et sanitaires, donc c'est une bonne nouvelle voie de la coagulation qui peut être appliquée et généralisée dans nos industries fromagères.

Mots clés : lait, coagulation, vinaigre de pomme, vinaigre blanc, coagulase microbienne, camembert.

Abstract

Cheese is one of most common forms to preserve perishable milk. Among such product, Camembert is a raw milk cheese, soft, slightly salty and with a rind of flowers. Herein, we substituted the microbial coagulase used for Camembert production (RURAL LA VALLEE) by two types of vinegars (apple and white vinegar), using the same raw material. After that, the obtained product submitted to physicochemical, bacterial and sensory analysis.

The obtained physicochemical and bacterial analysis showed high conformity to the standard used by La VALLEE. Concerning the intensity test, no significant difference was obtained as compared the conventional cheese. However, the wight vinegar-Camembert was the most prefer intern of ranking by rank.

Our new type obtained Camembert showed food and sanitary quality. Thus the used coagulation process can be applied and generalized in our cheese industries.

Key words: milk, coagulation, apple vinegars, wight vinegars, Camembert.

ملخص

الحليب هو منتج قابل للتلف للغاية، الجبن و منذ زمن طويل نوع من أكثر الأشكال المعتادة للحفاظ عليه . جبن Camembert هو نوع من الاجبان النينة، طري و قليل الملوحة مع قشرة فوقية ناعمة. الهدف من هذه الدراسة هو استبدال المخثر اللبني الجرثومي، المعتاد استخدامه لإنتاج Camembert من قبل LA VALLEE التي تقع على بعد 80 كلم على المكان الرئيسي لولاية بجاية ، بنوعين من الخل (الخل الأبيض و خل التفاح) مع استخدام نفس المادة الأولية (الحليب).

لقد أجرينا تحاليل فيزيوكيميائية و بكتيريولوجية و كانت النتائج المتحصل عليها مطابقة للمعايير المستخدمة من قبل la

EELLAV

الجبن الذي تم إنتاجه باستعمال الخل الأبيض تحصل على تفضيل المتذوقين في التحليل الحسي رغم عدم وجود فرق كبير مع الجبن المعتاد بمقارنة إنتاجية للجبن، وجدنا 17.33% ، 14.08% و 16.11% للجبن الذي تم إنتاجه باستخدام الخل الأبيض، خل التفاح و المخثر الجرثومي على التوالي.

يمكننا القول أخيرا أن الجبن الجديد المنتج هو ذو جودة غذائية و صحية لذا فهي طريقة جديدة للتخثر يمكن تطبيقها و تعميمها في الصناعات الجبنة لدينا.

الكلمات المفتاحية : الحليب ، التخثر، الخل الأبيض، خل التفاح ، التخثر الجرثومي، trebmemaC