

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI TIZIOUZOU

Faculté des Sciences biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études



En vue de l'obtention du diplôme de master en Science Alimentaire
Option : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

**Elaboration d'un nouveau fromage à pâte
molle épicé à la poudre du cresson alénois
(*lépidiumsativum*)**

Présenté par : M^{elle} HADJAM Zineb

M^{elle} GUEBGHID Aziza

Devant le jury :

Président : M^r BEN GANA. M

M C B UMMTO

Promoteur : Mr SI TAYEB. H

M C B UMMTO

Co promoteur : Mr RAHMOUNEM^d A

M C B UMMTO

Examinatrice : M^{me} LOUNI. D

M C B UMMTO

Invité d'honneur: M^r OMARI. O Chef de production de l'unité STLD.

2017/2018

REMERCEMENTS

Avant toute chose nous remercions le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné la foi, qui nous a guidé et éclairé notre chemin pour la réalisation et

L'aboutissement de notre projet d'étude.

Nous tenons aussi à exprimer nos vifs remerciement et notre sincère gratitude à notre promoteur: Mr SI TAYEB Hachimi pour son suivi ; sa patience, sa compréhension et ses précieux conseils. Ainsi notre Co-promoteur Mr RAHMOUNE M^d Ameziane, non seulement pour ses participations actives à la réalisation de ce mémoire, mais aussi pour ses conseils et ses orientations qui nous ont beaucoup aidés.

Ainsi que les membres du jury d'avoir accepter d'évaluer notre travail : Le

Président Mr BEN GANA Mohamed et l'examinatrice Mme LOUNI Dalila

Nous adressons aussi nos plus vifs remerciements à Mr OMARI Omar et tout le personnel et les responsables de l'unité STLD pour leurs entières disponibilités et coopération lors de la réalisation de la présente expérimentation.

Enfin, à tous ceux et celles qui nous ont aidés de près ou de loin, qu'ils trouvent ici toutes notre sympathie et notre profonde gratitude.

« Un grand merci à tous »

Dédicaces

- A la mémoire de mon grand-père et ma grand-mère.
- A mon très cher père qui m'a tout appris pour toutes les peines et les sacrifices qu'il a donné pour me voir réussir dans la vie.
- A ma chère mère, que se travail soit le témoignage de mon infini reconnaissance pour ton aide précieuses et toutes ces années de compréhension.
- Mon cher frère Mohamed.
- A mes sœurs Salma, Kahina et Djamila.
- A mes oncles et tantes, cousins et cousines, chacun son nom.
- A toute la famille GUEBGHID et NAIT' DAOUD.
- Ce travail a aussi été réalisé grâce à toi au temps tu as bien voulu m'accorder par amour pour moi et par respect vis-à-vis à mon objectif. Je me dois de considérer ma réussite comme une œuvre commune, une œuvre de notre couple. Merci à toi Hamza et à t'a chère mère.
- A mes chère(s) Ami(e)s Sylia, Taous, Karima, Mezhoura, Fahem, Maamer, Saadi, Hilal, Bouzid, Farhat et Islam .
- A ma binôme Hadjam Zineb et toute sa famille et ces ami(e)s.
- A toute la promotion de la 2^{ème} année master Agroalimentaire et contrôle de qualité ainsi que tous les étudiants de la faculté Mouloud Mammeri (UMMTO).

Dédicaces

- *À la mémoire de mon grand-père et ma grand-mère.*
- *À mon très cher père qui m'a tout appris pour toutes les peines et les sacrifices qu'il a donné pour me voir réussir dans la vie.*
- *À ma chère mère, que se travail soit le témoignage de mon infini reconnaissance pour ton aide précieuses et toutes ces années de compréhension.*
- *Mon cher frère Amer*
- *À mes sœurs Asma, Linda et Ikram*
- *À mes oncles et tantes, cousins et cousines, chacun son nom.*
- *À toute la famille HADJAM et AIT' HADJAM.*
- *Ce travail a aussi été réalisé grâce à toi au temps tu as bien voulu m'accorder par respect vis-à-vis à mon objectif. Je me dois de considérer ma réussite comme une œuvre commune.. Merci à toi et à ta famille.*
- *À mes chère(s) Ami(e)s Amel, Djazia, Babi, Soussou, Kenza, Yasmine, Ouiza, Lydia.*
- *À ma binôme GUEBGHID AZIZA et toute sa famille et ces ami(e)s.*
- *À toute la promotion de la 2^{ème} année master Agroalimentaire et contrôle de qualité ainsi que tous les étudiants de la faculté Mouloud Mammeri (UMMTO).*

Zineb

Liste des abréviations

% : pourcentage

Abs : Absence

CAP : Confédération Algérienne du Patronat

CF : coliforme fécaux

CT : coliforme totaux

D° : degré Doronic

DBK : Draa ben khedda

DO : Densité optique

DSA : direction des services agricoles

Ech : échantillon

ESD : extrait sec dégraisser

EST : extrait sec total

GIPMAIT :Groupe industriel des productions laitières

JOA:Journal Officielle Algérien

MG/ MS:Matière Grasse/Matière sèche

MG:Matière Grasse

MGLA : Matière grasse laitière anhydre

ml:Millilitre

MS:Matière sèche

NE : norme de l'entreprise

ONIL : Office national interprofessionnel du lait

ONS : Office national des statistiques

pH:potentiel Hydrogène

PME : Petite et moyenne entreprise

PMI : Petite et moyenne industrie

STLD : société de transformation du lait et dérivés

T° : Température

UHT : Ultra haute température

UV : ultraviolet

V:volume

VRBL:Violet Red Bile Lactose Agar

La liste des figures

Figure 01 : Nombre d'unités de transformation (Tizi-Ouzou).	10
Figure 02 : schéma générale de la fabrication du camembert industriel.	29
Figure 03 : la plante du cresson alénois.	34
Figure 04 : les grains de cresson alénois.	37
Figure 05 : la poudre du cresson alénois.	41
Figure 06 : Echantillon, Etuve, et le dissecteur utilisé au cours de l'analyse (originale 2018)...42	
Figure 07 : photo de spectrophotomètre UV visible (originale 2018).	44
Figure 08: photo de notre essai entreposé dans la salle de ressuyage(originale 2018).	46
Figure 09 : diagramme de fabrication du camembert épicé à STLD.	47
Figure 10 : détermination de l'acidité titrable du lait à la réception(originale 2018).	48
Figure 11 : détermination du taux de la matière grasse du lait de vache(originale 2018).	49
Figure 12 : détermination de la densité par un thermo-densimètre(originale 2018).	51
Figure 13: incubation de la blondelette dans l'incubateur pour un test d'antibiotique(originale 2018).	52
Figure 14: détermination de taux d'EST du fromage par un dessiccateur GERBER (originale 2018).	53
Figure 15 : Protocole de recherche des <i>coliformes totaux et fécaux</i>	55
Figure 16 : Teneur en humidité et en matière sèche de la poudre du cresson alénois.	57
Figure 17: Courbe étalon avec l'acide gallique à 0.5g/L (Originale, 2015).	58
Figure 18: taux des poly-phénols totaux.	59

Figure 19 : variation des valeurs de l'extrait sec des 5 échantillons.	65
Figure 20: variation des valeurs du rapport MG/EST des 5 échantillons.....	66
Figure 21 : hotte- poste de sécurité microbiologique équipée d'un matériel nécessaire pour dénombrement des groupes microbiens (originale 2018).....	67
Figure 22: incubation des boîtes pétriesensemencées avec les C.T et C.F dans les étuves (originale 2018).....	67
Figure 23 : couleur des fromages.....	72
Figure 24 : arôme des fromages.....	72
Figure 25 : goût des fromages.....	73
Figure 26 : dureté des fromages.....	73
Figure 27 : structure de la pâte.....	74
Figure 28 : degré d'affinage.....	74

Liste des tableaux

Tableau n°1 : Production de lait de vache à Tizi-Ouzou	10
Tableau n°02 : Composition moyenne du lait de vache (Alais et al, 2008).....	17
Tableau n° 03 : Critères microbiologiques des fromages en fonction des germes (France, 1994).....	20
Tableau n° 04 : Teneur en eau des fromages (LUQUET F.M, 1990).....	22
Tableau n° 05 : Teneur lipidique pour 100 g de fromage fromages (LUQUET F.M, 1990).....	23
Tableau n° 06 : Teneur protéique des fromages (LUQUET F.M, 1990).....	23
Tableau n° 07 : Teneurs comparées en oligoéléments du lait et des fromages	25
Tableau n°08 : la DO des différents échantillons de la poudre de cresson alénois	58
Tableau n°09 : résultats du taux des poly-phénols en %	59
Tableau n° 10 : Analyses physicochimique du lait de vache à la réception	60
Tableau n° 11 : Les résultats d’analyses physicochimiques des cinq fromages avant affinage.	64
Tableau n° 12 : résultats d’analyses microbiologiques des produits finis.	68
Tableau n° 13 : Analyses microbiologiques du lait de vache après pasteurisation.....	69

SOMMAIRE

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

Etude bibliographique

I-Généralités sur le lait

I.1.Définitions du lait.....	02
I.2. Composition du lait de vache.....	02
I.2.1. L'eau	04
I.2.2. Matière grasse	04
I.2.3. Matière azotée	06
I.2.4. les glucides	06
I.2.5. Matière minérale	06
I.2.6. Biocatalyseurs.....	08
I.2.6.1. Enzymes.....	08
I.2.6.2. Vitamines	09

II-fromage à pâte molle, type camembert

II.1. Introduction	11
II.2. Description.....	12
II.3. Processus de fabrication du fromage à pâte molle, type camembert.....	13
II.3.1. Préparation du lait de fromagerie	13
II.3.2. Pasteurisation	14
II.3.3. Maturation du lait	16

II.3.4. Emprésurage et coagulation	16
II.3.5. Le tranchage	17
II.3.6. Le brassage	19
II.3.7. Moulage et égouttage	20
II.3.8. Salage	22
II.3.8.1. Rôle du salage	22
II.3.9. L'affinage	23

III- Le cresson alénois

III.1. Description	24
III.2. Etude botanique de la plante	26
III.2.1. La famille Brassicaceae (crucifère).....	28
III.2.2. Le genre <i>Lepidium</i>	29
III.2.3. L'espèce <i>lepidium sativum</i>	29
III.2.4. La systématique de la plante	30
III.3. Constituants chimiques	31
III.4. Propriétés pharmacologiques et médicinale	33

IV- Analyse sensorielle

Etude expérimentale

Matériels et méthodes

I. Présentation de l'unité	35
II. Matériel biologique	36
II.1. Les grains de Cresson alénois (<i>Lepidium sativum</i>).....	36
II.1.1. Provenance de la plante <i>Lepidium Sativum</i>	37
II.1.2. Détermination du taux d'absorption	38

II.1.3. Détermination du taux de cendre	39
II.1.4. Dosage des Polyphénols totaux.....	41
II.2. Processus de fabrication du fromage à pâte molle type camembert avec ajout de Cresson au niveau de la literie fromagère STLD de DBK	42
II.2.1. Les matières premières	47
II.2.2. Analyses physicochimique.....	49
II.2.2.1. Détermination de l'acidité titrable	50
II.2.2.2. Détermination de la densité (Taux de mouillage)	52
II.2.2.3. Test d'antibiotique	53
II.2.2.4. Détermination de la matière sèche totale de l'extrait sec	56
II.2.2.5. Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode de GERBER.....	57
II.2.3. Analyses microbiologiques	58
II.2.3.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	59
Conclusion générale	60

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

L'Algérie, a connu ces deux dernières décennies un fort développement des filières agro-alimentaires, particulièrement le segment de «l'industrie de transformation laitière et fromagère». Réparties à travers tout le territoire, l'Algérie compte 117 unités de transformation fromagère enregistrées au centre national du registre du commerce (**CNRC, 2015**). Au niveau de la région de Tizi-Ouzou, on a enregistré une vingtaine d'entreprises dont les principaux produits sont le lait en sachet, les fromages et les yaourts. Pour la production des fromages, les laiteries Tassili, Tifra-lait, STLD, Pâturage, Matinale, SNC Gadi, Tala Alam sont les plus importantes en volume de production.

L'Algérie est le premier consommateur laitier au Maghreb avec *115 litres/ habitant/ an* en 2016 (**ONS, 2017**), avec un marché du lait estimé à *5 milliards de litres* par an. Le fromage, marché en forte croissance de 85 000 tonnes par an, est l'un des principaux produits de l'industrie laitière à forte valeur ajoutée (**ONS, 2017**).

L'industrie alimentaire, et en particulier le secteur des produits laitiers, a précisément besoin de toutes sortes d'ingrédients et d'additifs afin d'élargir sa gamme de produits et répondre à la demande d'un consommateur de plus en plus friand de produits transformés. La diversité des produits laitiers entraîne une diversité dans la nature des ingrédients mis en œuvre. C'est eux, qui vont donner l'identité du produit. L'ajout de ces ingrédients est encadré par la réglementation¹. Cette dernière précise que peuvent être utilisés lors de la fabrication des fromages un ou plusieurs des produits tel que le sel; épices, aromates et plantes aromatiques. Ces plantes aromatiques constituent une richesse naturelle très importante dont la valorisation demande une parfaite connaissance des propriétés à mettre en valeur. Les propriétés des plantes dépendent de la présence d'agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques (**Mailhebiau, 1994**).

À cet effet, plusieurs études soutiennent l'hypothèse que l'une des espèces des familles des Brassicaceae: le *lepidium sativum* communément appelé cresson alénois, est utilisée

¹En Algérie, les textes réglementaires contenus dans le journal officiel de la république algérienne, relatifs au lait et dérivés laitiers, touchent surtout aux aspects relatifs au contrôle de la qualité hygiénique et sanitaire de ces aliments. Actuellement, il n'y a aucune législation algérienne qui spécifie les conditions d'utilisation des épices, aromates et plantes aromatiques (en poudre). Les obligations concernant l'étiquetage et/ ou la composition (Décret n° 2013-1010, JORF N°0264, 2013). Néanmoins, des données fiables sont fournies par des institutions internationales spécialisées et Codex alimentaire, (2015). Etc....

Introduction

comme additif naturel, et elle est de plus en plus appréciée par les consommateurs. D'où, il est important de définir son identité, connaître sa composition chimique et rechercher son activité thérapeutique (**Bérubé, 2006 ; Bouhdid et al, 2006 ; et OMS**).

Notre travail de mémoire de master académique est divisé en deux parties, la première est consacrée à une synthèse bibliographique, la deuxième partie, nous avons adopté une démarche expérimentale qui porte sur la description des matériels et méthodes utilisés, ainsi qu'une analyse détaillée des résultats et leurs discussions.

C'est dans cette optique que s'articule la présente étude dont l'objectif est :

- l'utilisation de la poudre du cresson alénois dans la fabrication de fromages à pâte molle (camembert) afin de tester son application ;

Comme objectif sous-jacent, nous avons réalisé également une synthèse bibliographique des travaux antérieurs pertinents que nous présenterons au sein d'une première partie divisée en 03 chapitres principaux dans lesquels nous décrivons les connaissances actuelles relatives à la filière lait en Algérie et produits laitiers, composition du lait, généralité sur le cresson alénois, certaines généralités du fromage et la technologie fromagère.

- La seconde partie du manuscrit présente les matériels et méthodes mis en œuvre dans le cadre de ce travail de master. La fabrication des fromages, le déroulement de leur affinage ainsi que les analyses microbiologiques, et physico-chimiques sont détaillées. Nous finalisons notre travail par une analyse sensorielle. Une quinzaine de personnes ont été choisies afin d'évaluer la qualité organoleptique du produit, en prenant en compte un nombre de paramètres tel que la couleur, le goût, la texture et en fin le degré d'affinage. La conduite des essais et le traitement des données sont également présentés.

Ce travail, réalisé au laboratoire de chimie du campus de TAMDA de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques, l'unité industrielle « STLD » de Draa-Ben – Khedda et le laboratoire privé « RIGILACQ » (laboratoire d'analyses de la qualité) sis à Tizi-Ouzou.

I- La filière lait et produits laitiers (Algérie)**I.1. Les données générales**

Selon les données des douanes algériennes et le plan quinquennal 2015-2019, les principales caractéristiques de l'industrie agroalimentaire en Algérie sont :

I.1.1. L'industrie agroalimentaire est en plein développement

- 2^{ème} industrie à l'échelle nationale ;
- elle emploie 140 000 salariés, composée de 17 000 entreprises industrielles, dont 95 % gérés par le secteur privé ;
- 1^{er} importateur africain de denrées alimentaires ;
- 75% de ses besoins du marché national sont assurés par les importations ;
- forte volonté de développement agricole et rural : 20 Mds USD ;
- lancement du Plan National de Développement des Industries Agroalimentaires : augmentation du poids des IAA au PIB (hors hydrocarbures) de 50% à 60% ;
- création de 4 technopoles de 500 industries agroalimentaires.

I.1.2. L'agroalimentaire

Une forte demande en produits agroalimentaires,

L'alimentation représente 45% des dépenses des ménages algériens

- l'Algérie occupe le 3^{ème} rang mondial en matière d'importation de lait et de produits laitiers
- forte consommation de biscuits (2.5 kg / an / hab) et de boissons non-alcoolisées (47L / an hab).

l'Algérie est fortement importatrice de produits de base

- l'Algérie est le 1^{er} importateur de denrées agroalimentaires du continent africain ;
- les importations du secteur agroalimentaire représentent 7.7 Mds USD en 2008 (vs 2.6 Mds USD en 2000).

Les IAA : 2^{ème} industrie du pays après les hydrocarbures

- l'IAA algérienne réalise 40% du CA (chiffre d'affaire) de l'industrie nationale ;
- le secteur est dominé à 95% par le privé ;

- entre 30 000 et 35 000 IAA en 2008 dans ce secteur d'après la CAP (Confédération Algérienne du Patronat).

I.2. Présentation de la filière lait

La filière lait peut être définie à travers trois principaux segments: la production, la transformation et les circuits de distribution – commercialisation (consommation) (**Al Jabri, 2002**). En Algérie, la filière lait et produits laitiers est un des secteurs les plus dynamiques du marché de l'agroalimentaire avec une production estimée à près de 20 millions d'hectolitres et un chiffre d'affaires de 45 milliards de DA à fin 2008. La transformation du lait cru est assurée par 191 entreprises (privées et groupe GIPLAIT). Avec le passage à l'économie de marché, le secteur privé a investi massivement dans la production laitière et des produits laitiers.

Le secteur privé se compose de 172 PME/PMI produisant une moyenne d'un milliard de litres par an, sachant que la production du lait pasteurisé ne représente que 20% seulement de ce volume. Ces entreprises sont orientées particulièrement dans la fabrication de produits laitiers (80% contre seulement 20%, pour les laits de consommation). Ainsi une centaine de mini-laiteries de faible capacité traitent annuellement 2 millions de litres de lait cru collecter. En outre, la production industrielle de ce secteur est basée essentiellement sur les importations de matières premières laitières (poudre de lait et MGLA). Ces entreprises ont tendance à se développer grâce, notamment, aux partenariats réalisés avec les entreprises étrangères ; nous retrouvons certaines d'elles qui ont réussi à imposer leurs marques telles que : Soummam, Danone, Tchik-lait-Candia, Hodna et Trèfle mais aussi de petites firmes comme la Jeune vache, Tonus, délicieuse , Ramdy, STLD, Tassili et tiffa-lait.

Le marché du Fromage en Algérie est estimé à 100 000 tonnes par an (ONS, 2016). La production locale consiste essentiellement en fromage fondu (80-90 000 t/an), en fromage à pâte molle de type Camembert-Brie (7-8 000 t/an) et en fromages type petits suisses naturels ou aromatisés (6-7 000 t/an). La production de pâtes pressées est faible (2000 t/an). Les principaux producteurs de pâtes molles en Algérie sont Beni Tamou/Président, Safilait, Tiffa lait/Tigre de Marzana, Trèfle/Sidi Saada, DBK (Tassili), Pâturages d'Algérie, STLD (le fermier).

I.2.1. La production

L'Algérie est le premier consommateur laitier du Maghreb avec un marché annuel estimé à 5 milliard de litres/an, un taux de croissance de 8% et une consommation moyenne de l'ordre de 100 à 115 l/habitant/an. Cette consommation a augmenté régulièrement et a atteint 140 litres par habitant et par an en 2010.

Le volume de la collecte a néanmoins régressé de manière significative (-18%) pour atteindre le niveau de 107 millions de litres, soit un taux de collecte de 10%, selon des statistiques du ministère de l'Agriculture et du Développement rural. La collecte de lait cru reste relativement faible pour des raisons qui tiennent aux avantages que confère le recours à la poudre de lait importée. Les produits laitiers occupent une place prépondérante dans la structure des importations puisqu'ils représentent près de 20% de la facture alimentaire globale (Benelkadi.2006 , Makhlou .M ; 2015).

I.2.2. La transformation

La structure générale de l'industrie laitière fait apparaître la coexistence de trois formes d'entreprises :

- les unités de production publiques organisées sous forme de groupe industriel de production du lait «GIPLAIT » : Avant la décennie 90, la transformation et la commercialisation étaient monopolisées par les entreprises d'Etat à travers les offices régionaux qui ont une bonne couverture géographique. Ces entreprises ont été longtemps baignées dans un environnement protégé ;
- les entreprises privées de taille moyenne qui ont tendance à se développer grâce, notamment, aux partenariats réalisés avec les entreprises étrangères ;
- les entreprises privées de petite taille qui ont une assise régionale et qui se spécialisent dans la production d'un ou deux produits notamment le fromage.

Les producteurs de lait cru en Algérie ont du mal à écouler leurs produits. Les transformateurs, privés ou public, préfèrent s'approvisionner en lait en poudre sur le marché européen en raison de la chute des prix, au lieu d'acheter chez les éleveurs. Annuellement, l'Algérie importe 60% de sa consommation en poudre de lait. Les transformateurs profitent de la subvention accordée par l'Etat pour cette importation. « C'est une concurrence déloyale », estiment les éleveurs regroupés au sein de l'Association nationale

des éleveurs et producteurs de lait cru. « Les transformateurs reçoivent le double de la subvention qui nous est accordée » (Métaoui. 2009).

I.2.3. La capacité de fabrication des produits laitiers installée sous-exploitée

Une étude réalisée entre octobre 2016 et avril 2017 a révélé que la capacité industrielle de fabrication des produits laitiers des opérateurs publics et privés de la filière agro-alimentaire est largement supérieure aux besoins du marché national mais demeure sous-exploitée (Ministère de l'Industrie et des Mines). Elle est portée sur deux segments de l'industrie laitière, celui du lait conditionné regroupant les différentes formes de lait commercialisé, et le segment du lait aromatisé et des boissons lactées, tels les laits aromatisés, chocolatés et les jus au lait.

Ainsi, l'étude estime que la capacité de production des laiteries installées sur le territoire national varie entre 2,9 et 3,2 milliards de litres/an, observant que sa structure par niveau de taille est asymétrique, car 28% des usines installées sont de très petites laiteries (moins de 5.000 litres/jour) et 20% de grandes laiteries (plus de 100.000 litres/jour). Or, ce potentiel de production est sous-utilisé, puisque 50% entreprises fonctionnent à moins de leur capacité installée, et 80% des entreprises fonctionnent à moins de 75% de leur capacité de production installée et seulement 20% travaillent à pleine utilisation (Ministère de l'Industrie et des Mines).

Le nombre des entreprises de l'industrie du lait et des produits laitiers enregistré au niveau du fichier du Centre National du Registre de Commerce était de 778 sociétés en 2016, selon l'étude qui précise que 173 laiteries seulement sont répertoriées par la base de données de l'Office National Interprofessionnel du Lait. Ces entreprises laitières, où le poids du secteur privé est prépondérant avec 98% des entreprises, sont de création récente, puisque seulement 22% existaient avant l'année 2000, et 73% des laiteries en exploitation sont implantées au nord du pays.

Une majorité de laiteries (64%) adhère au programme du lait subventionné de l'ONIL et produisent le lait pasteurisé conditionné à partir de la poudre de lait importée par l'Office, tandis que 25% commercialisent du lait cru local pasteurisé ou stérilisé, et 11% seulement produisent du lait UHT et ses dérivés à partir des matières importées et non subventionnées. L'étude recommande, à cet effet, la révision de la politique de régulation du marché pour permettre plus de développement de la filière, le développement des produits

compétitifs à l'étranger, l'encouragement du développement des centrales laitières et des coopératives pour la mise en œuvre d'une stratégie d'intégration plus large, le renforcement du contrôle de la qualité et la mise en conformité du produit national avec les standards internationaux.

I.2.4. La consommation

Les besoins algériens en lait et produits laitiers sont très importants. Avec une consommation majeure de 110 litres de lait par an par habitant, l'Algérie en est le plus gros consommateur au niveau maghrébin. Le taux de croissance animal de la production du lait cru est resté relativement faible, compte tenu du potentiel des bassins laitières existants et comparativement à l'essor de la demande en lait et produits laitiers qui ne cesse d'augmenter, en relation avec le soutien de l'état aux prix à la consommation au lait industriel (Temmar.2007, Makhlouf .M, 2015).

Si la consommation de tous types de lait et dérivés est estimée actuellement à 3 milliards de litres/an, la production nationale quant à elle, a atteint un niveau appréciable puisqu'elle arrive à satisfaire les deux tiers des besoins. Elle est passée en 2017 à 4.5 milliards de litres.

Le lait frais consommé et/ ou transformé est produit essentiellement par trois types d'élevages (bovin, ovin, caprin) et très accessoirement, camelin, dont la production est limitée aux régions sahariennes (Temmar.2007).

I.2.4.2. Evolution de la consommation du lait et des produits laitiers

La consommation moyenne a fortement augmentée, enregistrant une croissance de +35% durant la période 1980-2006. Cet accroissement s'est accompagné d'un changement dans la structure de consommation :

- forte progression du lait pasteurisé (+200%) ;
- forte baisse du lait frais (-51%) ;
- apparition et développement du lait en poudre ;
- forte augmentation des produits laitiers (+241%).

La consommation du lait et dérivés a fortement progressé, se situant à un niveau relativement élevé (+114 L/hab/an.), comparé aux pays voisins- la Tunisie (87 L) et le Maroc (55 L). Elle se

situe entre 200 et 500L en Europe, en raison de la forte consommation des produits laitiers (yaourt, fromage).

I.2.4.3. L'évolution de la demande globale est fonction des paramètres suivants

- le taux d'accroissement démographique, encore élevé (1,5% par an),
- le taux d'urbanisation (+ 5% par an),
- l'amélioration du pouvoir d'achat, 4 à 7% par an de croissance des dépenses des ménages selon les prévisions du FMI et de la Banque Mondiale,
- l'amélioration de l'offre des produits (Qualité, Innovation, Prix).

L'accroissement de la consommation par tête se situe surtout au niveau des produits laitiers (yaourts, fromages et glaces). Le Ministère de l'Agriculture estime la part d'évolution des produits laitiers en 1980/2006 à 29 % en 2006.

Nous observons un continuum du modèle de consommation évoluant vers les modèles de consommation nord méditerranéens. Le marché du lait et produits laitiers présente des perspectives d'évolution importantes.

I.2.4.3. Le modèle de consommation du lait et dérivés répond aux caractéristiques suivantes

- le lait est un produit de base dans la ration alimentaire avec un apport nutritionnel essentiel, notamment pour les jeunes et les personnes vulnérables ;
- le lait assure un rôle d'équilibre social, appuyé par une forte politique publique de soutien à la consommation ;
- les produits laitiers (yaourts, fromages, glaces) sont très prisés par les consommateurs et présentent une élasticité revenu élevée.
- les produits laitiers sont réputés de luxe et assurent un attrait sur les hauts revenus.

I.3. La filière lait dans la région de Tizi-Ouzou

La région de Tizi-Ouzou est considérée comme l'une des régions leaders dans la production de lait au niveau national. C'est un véritable bassin laitier qui alimente l'industrie locale et même celle de la Wilaya limitrophe (Bejaia avec ses laiteries Danone et Soummam).

La filière lait est constituée des acteurs classiques d'une filière, à savoir les producteurs, les collecteurs, les centres de collecte et les entreprises de l'industrie laitière :

- les producteurs de lait. La production concerne deux types de lait, le lait de vache et de chèvre. La quasi-totalité de lait produit est issu des élevages bovins laitiers. Dans la région d'étude, on dénombre, en date de 2014, 4600 éleveurs inscrits au programme d'aide à la production et qui livrent leur lait aux laiteries (DSA, 2015). Ce nombre d'éleveurs représente 70% à 80% du nombre total des éleveurs de la Wilaya de Tizi Ouzou.
Ce sont des petits élevages dont l'effectif des vaches peut varier entre 3 et 40, en général. Mais la majorité des éleveurs exploitent des faibles troupeaux (en moyenne 5 vaches). Les producteurs de lait doivent être d'abord agréés pour prétendre à vendre leur lait aux laiteries. Ensuite, des contrats les lient aux laiteries afin de pouvoir bénéficier des primes à la production.
- les collecteurs. Les services agricoles ont enregistré, en 2014, 172 collecteurs privés activant dans la région d'étude (DSA, 2015). Parmi eux 147 collecteurs résident dans la région de Tizi-Ouzou, et 25 collecteurs viennent des Wilayas limitrophes. Ces derniers habitent et collectent le lait des zones frontalières de la Wilaya de Tizi-Ouzou. Des contrats lient les collecteurs aux laiteries.
- les centres de collecte. En 2011, la région d'étude a recensé 19 centres de collecte avec une capacité de collecte qui a atteint les 123 201 litres (DSA, 2012). La majorité des centres de collecte est concentrée dans le bassin laitier de *Frèha* et ses environs. Les centres de collecte se répartissent en trois types en fonction de leur statut juridique. On dénombre 07 centres qui sont rattachés aux laiteries (propriété des laiteries). 04 centres sont de propriété privée et 08 centres qui sont « mixtes » dont la gestion est privée mais le matériel de stockage de lait est fourni par la laiterie. Ce dernier type de centre concerne seulement les laiteries de Danone et Soummam qui sont localisées dans la Wilaya de Bejaia.
- les entreprises de l'industrie laitière. La région de Tizi-Ouzou enregistre une vingtaine d'entreprises (20) activant dans l'industrie laitière. Les produits concernent la production de lait en sachet, les yaourts et fromages. Le lait collecté par les centres de collecte est transformé par 09 laiteries (laiterie DBK, Tifra-lait, STLD, Pâturage, Matinale, SNC Gadi, Tala Alam, Soummam et Danone). Seulement 04 laiteries produisent le lait (LPS) pasteurisé en sachet (laiterie de DBK, Pâturage, Tifra-lait et Matinale). Pour l'année 2012, la production de lait LPS a été suffisante pour répondre à une consommation d'environ 140 litres/hab/an (soit le triple de la consommation nationale qui est de 43 litres/hab/an **(DSA, 2013)**).

En fonction de la matière première utilisée, les laiteries sont classées en 03 groupes. Le premier groupe concerne les laiteries qui fonctionnent exclusivement par la poudre de lait ; le deuxième

groupe et celui des laiteries « mixtes » qui utilisent la poudre de lait et le lait cru de vache. Et le dernier groupe retiens les laiteries qui utilisent exclusivement le lait cru de vache (**Makhlouf, 2015**).

Tableau N°1 : Production de lait de vache à Tizi-Ouzou

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Fréha	9 431 800	5802000	7 887 400	9 431 800	9 320 000	11 711 000	12 006 020	13 382 760	14 88200	1749000
Aghribs	2 855 200	2898000	2 152 600	2 855 200	2 750 000	3 529 000	3 562 680	4 258 800	4 80592	5 34900
Timizar	7 634 500	5376000	6 521 800	7 634 500	7 153 000	8 622 000	9 085 030	10 305 000	11 16428	12 60900
S/T	19 921 000	14076000	16 561 800	19 921 500	19 223 000	23 862 000	24 653 730	27 946 560	30 85220	35 44800
Total wilaya	61 600000	60827000	60 000 000	61 600 000	72 800 000	82 913 002	86 589 950	93 314 923	99 513770	90 0 59150

Source : DSA, 2017 (Tizi-Ouzou)

Les données de la DSA (2017) de la wilaya de Tizi-Ouzou montrent une faible fluctuation de la progression de la production locale de lait de vache. Sur la période 2005 à 2014, la production locale de lait est passée de 61 millions à 90 millions de litres. Mais le taux de croissance enregistré sur la même période, était conséquent, il était de 152% contre 100% au niveau national. En outre, les pics de progression sont atteints en 2012 et 2013 avec respectivement des taux de 24% et 20%. Le niveau national a enregistré des pics de croissance en 2010 et 2011 avec 17,8% et 14%. Avec les politiques de soutien à la production de lait, la production locale n'a pas enregistré des taux de croissance négatifs. Le taux de croissance le plus bas est indiqué en 2006. Mais le niveau national avait signalé plusieurs taux de décroissance : en 2002 (-12%), 2007 (-0,4), 2008 (-2,3%), 2012 (-0,1%). Fréha, Aghribs et Timizart sont les localités les plus productrices dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

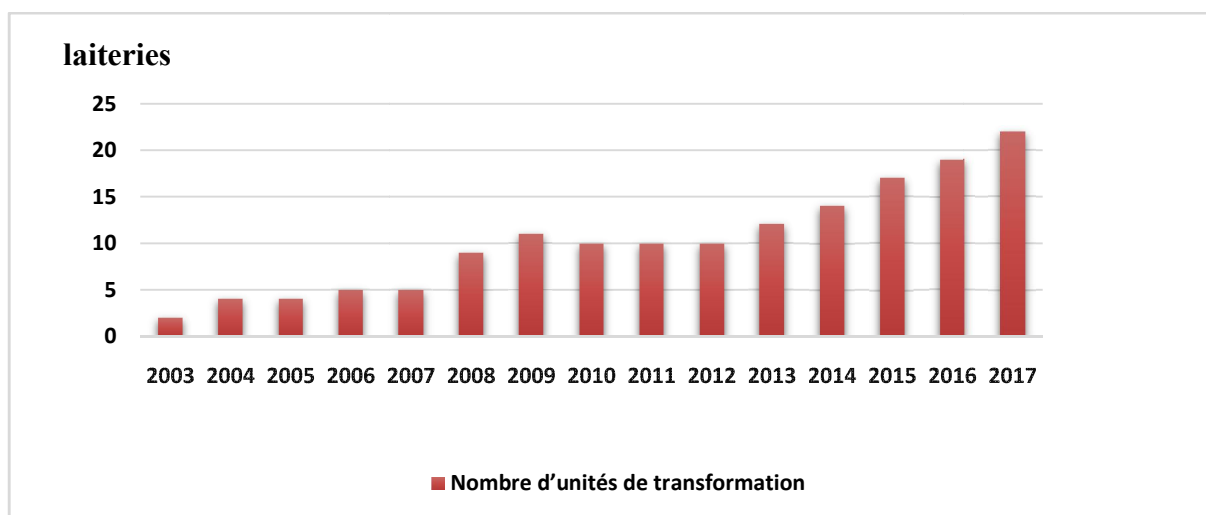


Figure 01 : Nombre d'unités de transformation (Tizi-Ouzou)

L'importance de la production laitière dans la wilaya de Tizi-Ouzou a donné lieu à l'émergence d'activités industrielles dans la transformation et la production de produits laitiers. 23 unités, entre laiteries et fromageries, sont opérationnelles sur le territoire de la wilaya de Tizi-Ouzou. 12 autres laiteries implantées dans les wilayas limitrophes, comme Alger, Bejaïa et Blida, sont alimentées par des éleveurs de Tizi-Ouzou.

Chapitre II : généralités sur le lait

II.1. Définitions du lait

En mille-neuf-cent-quatre-vingt-dix-neuf (1999), le Codex Alimentarius le définit comme étant la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur. Le lait de vache cru est un lait non chauffé au-delà de 40°C, ni soumis à un traitement non thermique d'effet équivalent, notamment du point de vue de la réduction de la concentration en micro-organismes (**Deforges et al. en 1999**).

II.2. Composition du lait de vache

Le lait de vache est un lait caséineux. Sa composition générale est représentée dans *le tableau n°1*. Les données sont des approximations quantitatives, qui varient en fonction d'une multiplicité de facteurs : race animale, alimentation, état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi que de la traite. Il reste que la composition exacte d'un échantillon de lait ne peut s'obtenir que par analyse (**Roudaut et Lefrancq, 2005**).

II.2.1. L'eau

L'eau est l'élément quantitativement le plus important : 900 à 910 g par litre. En elle, est dispersé tous les autres constituants du lait, tous ceux de la matière sèche (**Mathieu, 1998**).

II.2.2. Matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre (Luquet, 1985). Elle est constituée par 98,5% de glycérides (esters d'acide gras et de glycérol), 1% de phospholipides polaires et 0,5% de substances liposolubles (exemple : cholestérol), hydrocarbures et vitamines A, D, E, et K (Goursaud, 1985). La matière grasse est dispersée en émulsion, sous forme de microgouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante qui est le lait écrémé (**Boutonnier, 2008**).

Cet état globulaire est fragile ; toute altération de la membrane par voie chimique, physique et microbienne conduit à la déstabilisation de l'émulsion. Cette évolution peut être accidentelle,

elle se traduit alors le plus souvent par une séparation de la phase grasse sous forme d'huile ou d'agrégats et/ou par l'apparition de flaveurs indésirable (rancidité-oxydation) ; lorsqu'elle est dirigée, elle permet la concentration de la phase grasse sous forme de beurre après barattage, ou sous forme d'huile de beurre et de matière grasse laitière anhydre après chauffage et centrifugation (**Madji, 2009**).

II.2.3. Matière azotée

La matière azotée du lait englobe deux groupes, les protéines et les matières non protéiques, qui représentent respectivement 95% et 5% de l'azote minéral du lait (**Goursaud, 1985**). Les protéines se répartissent en deux phases : une phase micellaire et une phase soluble. La phase micellaire représente la caséine totale (environ 80% des protéines du lait) du lait. Elle est formée par quatre protéines individuelles:

- alpha-caséines ou caséines α_1 36 % et α_2 10 % ;
- bêta-caséine ou caséine β 34 % ;
- kappa-caséine ou caséine κ 13 % ;
- gamma-caséines ou caséine γ 7 % (produits de la protéolyse de la β -caséine) (**Goy et al, 2005**).

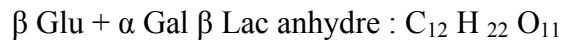
Une micelle de caséine contient environ 92 à 93% de protéines, les caséines, et 8% de minéraux. La partie minérale de la micelle comporte 90% de phosphate de calcium et 10% d'ions citrate et de magnésium (2,9 % de Ca, 0,1% de Mg, 4,3% d'ions phosphate, 0,5% d'ions citrate) (Cayot et Lorient, 1998). La présence de phosphate de calcium lié à la caséine est l'une des forces responsables de la stabilité de la structure des micelles de caséine (**Marchin, 2007**).

Une propriété importante des micelles, est de pouvoir être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique et de permettre la coagulation. Elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromages et en laits fermentés (**Ramet, 1985**).

L'autre fraction protéique (environ 17%) du lait est présente dans le lactosérum. Les deux principales protéines sériques sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine (**Cayot et Lorient, 1998**).

II.2.4. Les glucides

Le sucre principal du lait est le lactose ; c'est aussi le composé prépondérant de la matière sèche totale. Sa teneur s'élève en moyenne à 50g par litre. C'est un disaccharide constitué par de l' α ou β glucose uni à du β galactose, ce qui est à l'origine de la présence de 2 lactoses (**Luquet, 1985**):



Le lactose est fermentescible par de nombreux micro-organismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication de produits laitiers (**Morrissey, 1995**) :

- la fermentation lactique : due aux bactéries lactiques naturelles ou ajoutées (ferments lactiques), qui utilisent le lactose en le transformant en acide lactique. Cette fermentation lactique est souvent accompagnée d'une production plus au moins grande de substances secondaires (ex. diacétyle) responsables de l'arôme des produits laitiers (**Gordon et Loisel, 1991**).
- La fermentation propénoïque : due aux bactéries propénoïques qui transforment le lactose en acide propénoïque et en acide acétique, responsables de la flaveur des fromages à pâte cuite, et en gaz carbonique induisant l'ouverture de ces fromages (**Luquet, 1985**).
- La fermentation butyrique : par des bactéries du genre *Clostridium* qui utilisent l'acide lactique déjà produit en le transformant en acide butyrique, responsable d'odeurs putrides et de goût piquant, et en gaz carbonique et hydrogène. Ces substances induisent le gonflement tardif des fromages, en particulier à pâte cuite.
- La fermentation alcoolique : due à des levures qui hydrolysent le lactose en glucose et galactose et qui transforment ensuite le glucose en alcool éthylique. Cette fermentation est utilisée particulier dans la fabrication du kéfir, boisson issue de la fermentation du lait, contenant peu d'alcool et légèrement gazeuse.
- A température élevée, le lactose participe avec les protéines à des réactions de brunissement non enzymatique pouvant altérer la couleur des laits stérilisés (**Alais, 1975**).

II.2.5. Matière minérale

La matière minérale du lait (7g à 7,5g/l) est fondamentale d'un point de vue nutritionnel et technologique. Il est possible de doser les matières minérales ou cendres du lait par une méthode de calcination à 550°C (**Luquet, 1985**).

Les minéraux sont présents, soit en solution dans la fraction soluble, soit sous forme liée dans la fraction insoluble (ou colloïdale). Certains minéraux se trouvent exclusivement à l'état dissous sous forme d'ions (sodium, potassium et chlore) et sont particulièrement biodisponibles. Les ions calcium, phosphore, magnésium et soufre existent dans les deux fractions (**Mathieu, 1998**).

Il existe un équilibre entre les formes solubles et colloïdales, d'une part, et entre les formes ionisées et non dissociées d'autre part. Cet état est précaire parce qu'il est sensible à divers facteurs, notamment au pH, à la température, et à la concentration ou à l'addition de calcium. Toute altération de ces équilibres modifie la stabilité du lait notamment les propriétés de la caséine native. En raison de la présence concomitante de lactose et de phosphopéptides (produits d'hydrolyse de la caséine), les minéraux sont, de tous les éléments du lait, ceux qui sont les mieux adsorbés et retenus. A cet égard, le rapport calcium/phosphore (Ca/P) du lait de vache (voisin de 1,2), bien qu'inférieur à celui du lait maternel (voisin de 2,2), est de loin supérieur à celui des autres denrées alimentaires, faisant du lait une excellente source de calcium et un bon correctif des rations pauvres en calcium (**FAO, 1995**).

II.2.6. Biocatalyseurs

II.2.6.1. Enzymes

Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Plus de 60 enzymes principales ont pu être isolées du lait ou dont l'activité a été déterminée. La moitié d'entre elles sont des hydrolases (**Blanc, 1982 ; Pougheon, 2001**).

Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés :

- Lyses des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipases, protéases). Ainsi, on distingue des protéases originelles du lait ; la plasmine est le composant majoritaire (elle provient du sang et migre via la glande mammaire), et des protéases d'origine

microbienne. Le genre *Pseudomonas* et tout particulièrement l'espèce *Pseudomonas fluorescens*, synthétise des protéases exo-cellulaires thermostables. Il est également à souligner, que dans les laits de mammites, le nombre de cellules somatiques peut être considérablement accru, le niveau de protéolyse est nettement plus élevé que dans les laits normaux (**Miranda et Gripon, 1986**).

- Rôle antibactérien, elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme).
- Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), de traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétylsterase, sont des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xanthineoxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre) (**Pougheon, 2001**).

II.2.6.2. Vitamines

Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une enzyme protéique.

On classe les vitamines en deux grandes catégories :

- les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait,
- les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (**Debry, 2001**).

Tableau n°02 : Composition moyenne du lait de vache (**Alais et al, 2008**).

	Composition (g/l)	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) plus eau liée (3,7%)
Glucide (lactose)	49	Solution

Lipides	35	Emulsion des globules gras (3 à 5 µm)
Matière grasse proprement dite	34	
Lécithine (phospholipides)	0,5	
Insaponifiable (stérols, carotènes, tocophérol)	0,5	
Protides	34	Suspension micellaire phosphocaséinate de calcium (0,08 à 0,12 µm)
Caséine	27	Solution (colloïdale)
Protéines solubles (globulines, albumines)	2,5	Solution (vraie)
Substances azotées non protéiques	1,5	
Sels	9	Solution ou état colloïdale
De l'acide citrique (en acide)	2	
De l'acide phosphorique (P ₂ O ₃) du chlorure de sodium (NaCl)	2,6 1,7	
Constituants divers	Traces	
(Vitamines, enzymes, gaz dissous)		
Extrait sec total	127	
Extrait sec non gras	92	

Chapitre III : généralités sur les fromages

III-1. Historique

Le terme français « fromage » dérive de l'ancien français « fromage » issu du latin « formaticum » qui signifie « ce qui est fait dans une forme ».

D'après **VIGNOLA, 2002**, le fromage est un aliment ancien dans les origines avoisinent la préhistoire. Cependant, la première occurrence de son utilisation comme aliment est inconnue. La découverte des moules à caillé sur les îles du lac Neuchâtel, datant de 5000 ans avant .J.C ; était la preuve que le phénomène de coagulation a été connu depuis longtemps par l'homme. Les premiers fromages ont probablement été fabriqués au sud-ouest et dateraient d'environ 8000 ans. Les romains auraient incité l'apparition de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 avant .J.C et 300 après J.C.

III.2. Définition

le fromage, selon **la norme Codex**, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure, qui peut être enrobé et dans le quel le rapport protéines du lactosérum/caséines ne dépassent pas celui du lait.

On obtient le fromage par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation ; on peut aussi faire appel à des techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait de manière à obtenir un produit fini aillant des caractéristiques physiques, chimiques et sensorielles similaires à celles de la définition précédente (**CAROLE et all, 2002**).

Les fromages sont constitués d'eau et extrais sec complémentaire, protéines, lipides, glucides, vitamines, minéraux et oligoéléments (sodium, calcium, phosphore, oligoélément).

III.3. Classification des fromages

Il existe trois classes de fromage correspondant à trois grands types de fabrication : fromage frais, affiné et fondu.

III.3.1. Fromages frais : correspondent à un caillé brut non affiné, ils sont préparés à partir d'un lait entier ou écrémé.

III.3.2. Fromage affiné : ce sont des fromages qui ont subi en plus de la fermentation lactique, d'autres fermentation induites par des microorganismes spécifiques ensemencés, qui transforment le caillé en un produit lipolysé, protéolysé et enrichi en vitamine B proportionnellement à l'intensité des activités enzymatiques relatives à la dégradation des acides gras et des acides aminés. Il existe plusieurs types de fromages affinés :

- **fromages à égouttage spontané et à moisissure extrême :** il s'agit des fromages à pâte molle.

- **fromages à égouttage accéléré :** cheddar, pâte cuite, gruyère, pâte pressée.

III.3.3. Fromages fondus : se sont des produits obtenus par la fonte d'un fromage ou d'un mélange de fromages frais ou affinés additionnés éventuellement de lait, beurre, crème, caséine, lactosérum et d'autres ingrédients comme épices, aromates, jambon (**ANDRIAN et Al, 2003**).

III.4. Caractéristiques des fromages

Les caractéristiques sensorielles des fromages sont une préoccupation essentielle des filières. La qualité sensorielle des fromages varie en fonction de la technologie de fabrication et des caractéristiques chimiques et microbiologiques de la matière première mise en œuvre. Ces dernières dépendent elles-mêmes de nombreux facteurs d'origine génétique, physiologique, alimentaire etc. (**FROC J. et all, 1988**). Le gel obtenu après adjonction de présure est plus ferme et les rendements fromagers sont plus élevés.

Le plus important de cet effet est lié d'une part aux différences de teneurs en caséines des laits d'une race à l'autre et d'une autre part aux variations du polymorphisme génétique des lacto-protéines particulièrement à la fréquence du variant B de la caséine κ . En effet, il est maintenant bien établi que les variant de cette caséine, dont la fréquence diffère fortement d'une race à l'autre, influencent l'aptitude à la coagulation des laits (**MISTRY V.V et all, 2000**).

III.5. Microbiologie du fromage

La présence de certains microorganismes utiles, est dispensable pour la fabrication du fromage. Ces germes vont déterminer la réussite de la fabrication du fromage en lui donnant

ses caractéristiques de texture, de saveur, d'aspect, etc. L'élaboration du fromage à entre autre pour objectif de désigner et de promouvoir l'augmentation des germes utiles, tout en abrégant la contamination par des germes importuns et en entravant leur développement.

La présence des micro-organismes dans le fromage va dépendre du degré de contamination et des compétences de développement des germes dans le fromage, et l'absence totale de contamination est complexe, voire impossible à accomplir. Ce sont exclusivement les critères physico-chimiques du fromage et les paramètres d'affinage et de stockage, qui vont diriger le développement microbien (LE JAOUEN J.C, 1993).

Parmi les micro-organismes indésirables légitimes de contaminer le lait et les fromages, il faut distinguer deux catégories selon le degré de gravité :

- les pathogènes, dangereux pour la santé humaine qui ne doivent pas être présents ;
- les germes nuisibles à la qualité organoleptique des fromages.

Les critères microbiologiques du fromage sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau n° 03: Critères microbiologiques des fromages en fonction des germes (France, 1994).

Germe Type De fromage	Listeria Monocytogenes	Salmonella Spp	Staphylococcus Aureus	Escherichia Coli	Coliformes
Fromage A pate dure au lait cru	Absence Dans 1 gramme n=5 : c=0	Absence Dans 1 gramme n=5 : c=0	M=10 000/g m=1 000/g n=5 : c=2	M=100 000/g m=10 000/g n=5 : c=2	
Fromage à pate molle au lait cru	Absence Dans 25 gramme	Absence Dans 1 gramme	M=10 000/g m=1 000/g n=5	M=100 000/g m=10 000/g n=5	M=100000 m=10000 n=5
Fromage Non affines au lait cru	n=5 c=0	n=5 c=0	c=2	c=2	c=2

M : seuil maximum ou limite d'acceptabilité ;

m : critère fixé ;

n : le nombre d'unité échantillonnage en générale 5 ;

c : le nombre d'unité échantillonnage.

III.6. Fromage à pâte molle

Pour réaliser la fabrication fromagère dans de bonnes conditions, le lait doit répondre à un certain nombre de critères de qualités physico-chimique et microbiologiques. Ces exigences, qui possèdent un caractère général applicable à tous les types de laits destinés à la consommation humaine, ont été largement détaillées dans des publications spécialisées; le lecteur pourra s'y référer utilement pour obtenir de plus complètes informations sur le contrôle de la qualité, les méthodes de collecte et de conservation du lait (**Ramet, 1985; Scott, 1986; Robinson, 1990; Weber, 1985; Lambert, 1988; IDF, 1990**).

III.6.1. Description

Le Camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface, principalement par des moisissures, conformément à la *Norme générale pour le fromage* (CODEX STAN283-1978), qui se présente sous la forme d'un cylindre plat ou de morceaux dit cylindre. La pâte a une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle et une texture molle (lorsqu'on appuie dessus avec le pouce) mais non friable, affinée de la surface au centre du fromage. Les trous de gaz sont généralement absents, mais la présence de quelques ouvertures et fissures est acceptable. Une croûte molle, entièrement recouverte de moisissures blanches mais présentant parfois des taches de couleur rouge, brunâtre ou orange, se développe. Le fromage entier peut être coupé ou formé en morceaux avant ou après le développement des moisissures.

Pour le Camembert prêt à la consommation, la procédure d'affinage destinée à développer les caractéristiques de goût et de texture dure normalement 10 jours minimum à une température comprise entre 10 à 16 °C, en fonction du degré de maturité requis. D'autres conditions d'affinage (y compris l'ajout d'enzymes d'amélioration de l'affinage) peuvent être utilisées, pour autant que le fromage présente des propriétés physiques, biochimiques et sensorielles similaires à celles obtenues par la procédure d'affinage précitée. Il n'est pas nécessaire que le Camembert destiné à un traitement ultérieur possède le même degré d'affinage lorsque cela est justifié par des besoins techniques et/ou commerciaux.

III.6.2. Constituants du fromage

Les fromages représentent un groupe alimentaire très hétérogène dont la constitution est très variable selon la qualité de la matière première utilisée ou selon la technique de fabrication.

III.6.2.1. Teneur en eau et extrait sec complémentaires

Il est en fonction de la matière grasse du lait et de la crème ajoutée, et de l'importance de l'égouttage (LUQUET F.M, 1990).

Tableau n° 04 : Teneur en eau des fromages (LUQUET F.M, 1990).

	Teneur en eau (%)	Teneur moyenne en eau(%)
Fromage blanc	=80	=80
Fromage a pate molle		
Camembert 30% MG	58	
45%MG	50	50
50%MG	45	
60%MG	43	
Roquefort 50% MG	40	
fromage a pate demi-dure		
Edam 30%MG	50	45
40%MG	45	
45% MG	42	
Emmental 45% MG	36	35
Parmesan 40%MG	25	
Fromage fondu	65	20
25%MG	65	50
45%MG	52	
60%MG	48	

III.6.2.2. Matière grasse

La teneur en matière grasse portée sur l'emballage du produit fini ou le panneau lorsque le fromage est vendu en vrac, correspond à la quantité de matière grasse contenue dans 100g d'extrait sec, c'est-à-dire sur ce qui reste du fromage après déshydratation complète (LUQUET F.M, 1990).

Le qualificatif accompagnant la dénomination fromage est lié au pourcentage de matière grasse par rapport à l'extrait sec. Le fromage porte la mention 0% de matière grasse, lorsque ce dernier est fabriqué avec du lait écrémé. La majorité des fromages affinés commercialisés provenant de lait non standardisé en matières grasses ont une teneur en matière grasse affichée à 45%, ce qui ne préjuge en rien de leur teneur réelle en lipide rapportée à 100g du produit. La teneur minimale en matière grasse c'est-à-dire la teneur lipidique par rapport à 100g du produit est maintenant indiquée sur l'étiquetage (LUQUET F.M, 1990).

De point de vue qualitatif, la composition relative en lipide est celle du lait, c'est-à-dire en majeure partie sous forme de glycéride. Le cholestérol a subi la même concentration que le triglycéride, il peut atteindre 120 mg pour 100 g dans les fromages à pâte dure (LUQUET F.M, 1990).

Tableau n° 05 : Teneur lipidique pour 100 g de fromage fromages (LUQUET F.M, 1990).

Pour 100g	Fromage Blanc à 45%	Edam à 45%	Gruyère Fondus à 45%	Roquefort à 45%
Matière grasse en g dans le produit fin	Soit 9%	Soit 26%	Soit 23%	Soit 29%

III.6.2.3. Les protéines

Lors de l'égouttage, les protéines du lait subissent une concentration. Le paracaséinate est la protéine la plus importante, dans les fromages affinés traditionnels, car les protéines solubles et les glycopeptides ont été éliminées avec le lactosérum. Par contre, Dans les fromages obtenus par ultrafiltration préalable, toutes les protéines du lait sont présentes et ont été concentrées (LUQUET F.M., 1990).

Tableau n° 06 : Teneur protéique des fromages (LUQUET F.M, 1990).

Fromage	Teneur protéique En g pour 100g	Concentration par Rapport au lait
Fromage blanc	7 à 10	2.5 à 3
Pâte molle	20 – 21	6 à 7
Pâte persillée	22	6 à 7
Pâte semi-dure	25 – 26	7 à 8
Fromage dure	28 – 30	8 à 9

Fromage fondu (pâte fraîche)	9 à 11	3
Fromage fondu (pâte dure)	14 à 20	4.5 à 7

III.6.2.4. Glucides

La teneur en glucides des fromages blancs est de 3 à 4%, celle des fromages affinés et fondus est négligeables (2%), et elle est quasiment nulle dans les fromages à pâte pressée.

Le lactose a été entraîné lors de l'égouttage dans le lactosérum ou a été transformé par la flore lactique lors de caillage ou de l'affinage.

L'acide lactique, a une saveur rafraîchissante dans les fromages frais. Les acides volatils formés lors de la transformation du lactose par la microflore, tels que les acides acétiques, propénoïques, cétones,... sont sapides et odorantes (LUQUET F.M, 1990).

III.6.2.5. Les minéraux

III.6.2.5.1. Sodium

Les fromages ont subi l'adjonction du chlorure de sodium et/ou autres sels de sodium. De ce fait, l'augmentation de leur consommation constatée ces quinze dernières années a contribué au fort apport sodique de l'alimentation, pouvant intensifier les troubles cardiovasculaires (LUQUET F.M, 1990).

Voici la teneur en sodium pour 100g de fromage (LUQUET F.M., 1990) :

- fromage blanc : 30 à 40 mg, mais le demi - sel : 1100mg ;
- fromage affiné : 800mg en moyenne ;
- fromage à pâte molle, à croûte moisie et à croûte lavée : 900mg valeur moyenne acceptable ;
- fromage à pâte demi-dure : 1000 mg valeurs moyennes acceptables ;
- Fromage fondu 1500mg en moyenne.

III.6.2.5.2. Calcium et phosphore

Dans la majorité des fromages, le rapport calcium / phosphore, reste à peu près à la même estimation dans les fromages mesuré à 1,4 dans le lait, sauf dans les fromages à caillage lactique à égouttage lent où il est de 1.2 (LUQUET F.M., 1990).

III.6.2.5.3. Oligoéléments

Le lait a une teneur faible en oligoéléments. Dans les fromages, les oligoéléments se concentrent avec la matière sèche.

Un oligoélément : est un petit nutriment minéral nécessaire à l'organisme à condition qu'il soit apporté en petite quantité.

Tableau n° 07 : Teneurs comparées en oligoéléments du lait et des fromages (LUQUET F.M, 1990).

	Fer	Cuivre	Zinc	sélénium
Lait	0,05	0,01	0,38	0,0033
Fromage	0,2 à 1	0.08 à 0.5	0.5 à 4.5	0.006

III.6.2.6. Vitamines

Les vitamines liposolubles A, D, E et K des fromages sont en fonction de la teneur en matière grasse des laits utilisés comme matières premières, de l'adjonction de crème et de la concentration en matière sèche réalisée lors de l'égouttage. On peut donc déterminer les teneurs vitaminiques des différents fromages en utilisant des facteurs multiplicateurs par rapport aux matières grasses du lait. Les teneurs en vitamines E restent faibles, sauf la vitamine B12, qui augmente avec la concentration en matière sèche. Les vitamines hydrosolubles sont en partie éliminées avec le lactosérum.

La plupart des fromages sont peu intéressants comme sources d'apport en vitamines C et B. Cependant, certaines vitamines du groupe B sont synthétisées par les moisissures. Les fromages à moisissures internes contiennent alors une quantité quatre fois supérieure à celle du lait en vitamines B2, PP, B6.

Lors de l'affinage, les minéraux et vitamines migrent vers la croûte du fromage, il est donc conseillé de consommer le maximum de fromage servi, tout en sachant que la croûte est la partie la plus contaminée des fromages par la flore microbienne (LUQUET F.M, 1990).

III.7. Processus de fabrication du fromage à pâte molle

La transformation du lait en fromage type camembert comporte en générale:

III.7.1. Préparation du lait de fromagerie

A l'heure arrivée à l'usine, les laits crus sont triés avant d'être transformés en caillés. En effet, ceux présentant une forte acidité sont éliminés. Dans le souci d'avoir des fromages homogènes répondants aux normes de qualité, les laits subissent un certain nombre de traitements imposés par la nécessité de la maîtrise de la composition chimique et microbiologique de la matière première.

III.7.2. Pasteurisation

Le lait est soumis à une pasteurisation, qui entraîne la destruction de la plupart des formes végétatives de micro organismes banals et celles de tous les micro-organismes pathogènes, la pasteurisation inactive, en outre, la phosphatase du lait cru ainsi que d'autres enzymes (**GUIRAUD, 2003**). Le lait destiné à la fromagerie est soumis à une pasteurisation de 72°C pendant 15 à 20 secondes (**MIETTON, 1990**).

III.7.3. Ensemencement-maturation du lait

Enfin, le lait pasteurisé subit une maturation, qui consiste à ajouter des ferments lactiques. La maturation se déroule à une température comprise entre 33 à 36°C pendant 15 minutes à 1h30, pour obtenir un lait à une acidité de 19 à 25°D (**TINGUELY et PERNODET, 1990**).

L'élaboration de ce type de fromage à caractéristique organoleptique particulière passe par la réussite de nombreuses étapes technologiques dont principalement : l'ensemencement-maturation, la coagulation, l'égouttage et enfin l'affinage.

Le lait estensemencé par les ferments lactiques qui servent d'une part à son acidification par la transformation du lactose en acide lactique, dans le but de favoriser l'action de la présure, qui est sans effet sur un lait à pH basique, et d'autre part à la libération des systèmes enzymatiques qui participent à l'affinage du caillé (**LENOIR, 1983**).

III.7.4. Emprésurage et coagulation

Selon **ECK, 1987**, la coagulation correspond à l'ensemble des modifications physicochimiques des micelles de caséine sous l'action d'enzymes protéolytiques et/ou d'acide lactiques. Ces modifications entraînent la formation d'un réseau protéique appelé coagulum ou gel.

Dans la fabrication des pâtes molles, la coagulation est mixte. Elle est provoquée par l'action conjuguée de la présure (coagulation enzymatique) et le levain lactique (coagulation acide).

- La coagulation enzymatique : consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état du gel par l'action des enzymes protéolytiques le plus souvent d'origine animale (la présure) (**MAHAUT et al, 2000**).
- La coagulation acide : elle est provoquée par l'acide lactique, d'origine bactérienne.

L'abaissement du pH solubilise peut à peut le calcium et le phosphore inorganique qui permettent la cohésion de la micelle de caséine.

III.7.5. Le tranchage

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

Le gel doit présenter une certaine rigidité au moment du tranchage pour permettre un bon égouttage et éviter les pertes de fines dans le lactosérum, qui diminuent le rendement du fromage (**Michel Mahaut et Al ; 2000**).

III.7.6. Le brassage

Le brassage évite la soudure du grain de caillé en maintenant libre les surfaces d'échange. Au cours du brassage, les grains de caillé peuvent être lavés par addition d'eau, afin de réduire la teneur en lactose dans le cas des pâtes pressées non cuites et des pâtes stabilisées (**Michel Mahaut et Al ; 2000**).

III.7.7. Moulage et égouttage

Le moulage consiste à mettre en moule le caillé. Son rôle est d'éliminer les dernières portions de sérum inter-granulaire sous la pression des moules, et de donner au fromage sa forme définitive (**VIGNOLA, 2002**).

L'égouttage est une opération, qui complète la coagulation en vue d'obtenir un caillé, qui sera soumis aux actions enzymatiques au cours de l'affinage. Elle commence dans les cuves de coagulation, puis se poursuit dans les moules (accéléré par les retournements) et enfin en aloires (**JEANTET ET Al, 2007**).

III.7.8. Salage

Rôle du salage, l'incorporation du chlorure de sodium dans le fromage a pour objectifs :

- d'assurer un complément d'égouttage ;
- de contribuer éventuellement à la formation de la croûte ;
- de régler l'activité de l'eau du fromage (AW) qui oriente et freine le développement microbien et les actions enzymatiques au cours de l'affinage ;

- d'accroître le potentiel organoleptique du fromage
- Le salage peut s'effectuer selon deux techniques :
- Salage à sec par saupoudrage superficiel, par frottage ou par incorporation dans la masse du caillé ;
- Salage en saumure par immersion dans une solution saturée en NaCl (**Michel Mahaut et Al ; 2000**).

III.7.9. L'affinage

L'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des constituants du caillé qui lui confère sa saveur, son arôme et sa texture.

L'affinage est réalisé dans des aloires bien aérés, bien conditionnés à une température comprise entre 10 à 12°C et à une humidité de 85 à 95% (**LUQUET, 1990**).

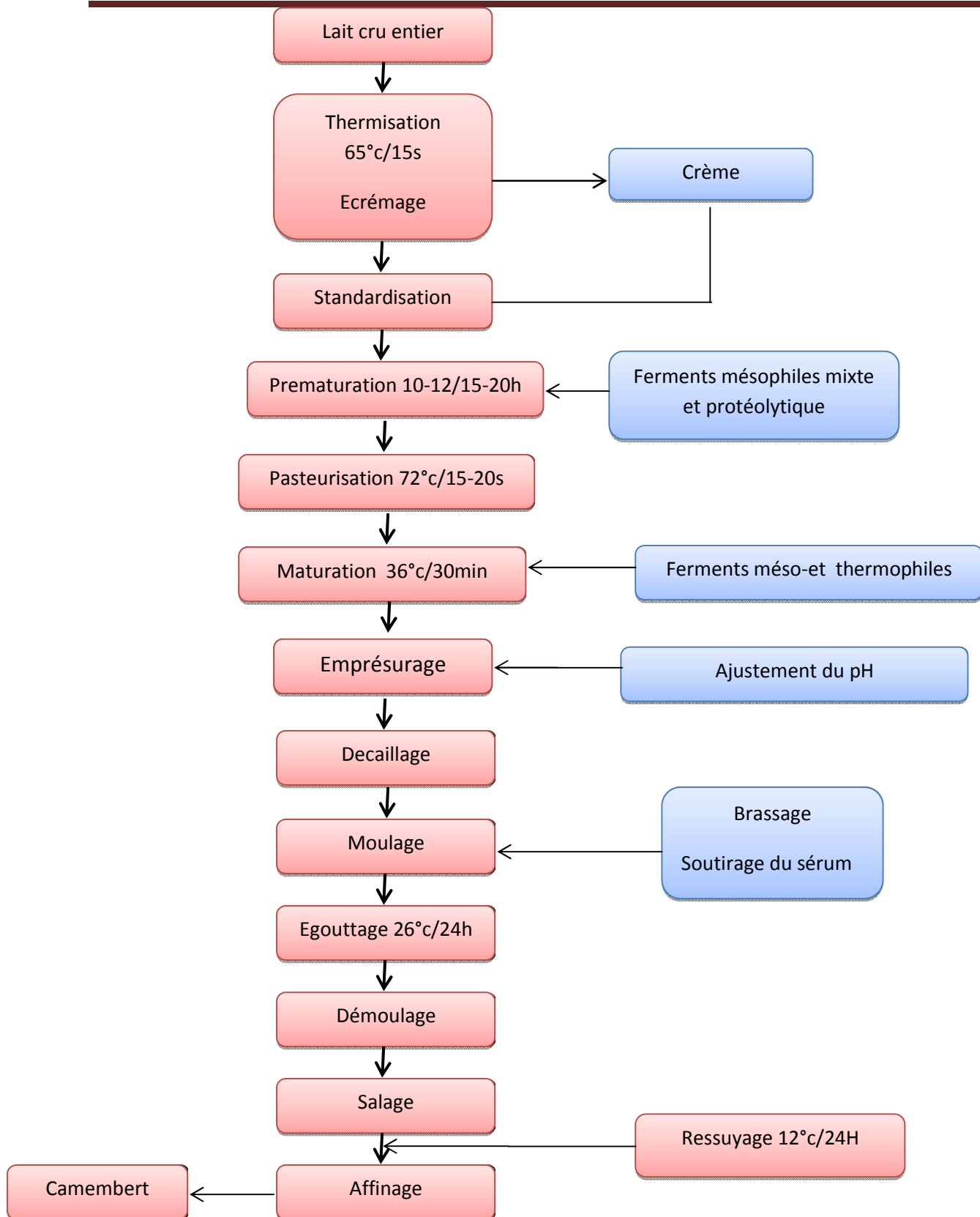


Figure 02 : schéma générale de la fabrication du camembert industriel

➤ Les principaux agents d'affinage

Au cours de l'affinage, le caillé est transformé sous l'action d'enzymes (principaux agents de l'affinage), qui sont propre au lait, et produits au cours de l'affinage par synthèse microbienne (bactéries, levures et/ou moisissures) (**Mahaut et Al ; 2000**).

III.8. L'écosystème du camembert

Le fromage est souvent qualifié d'aliment-vivant, car il abrite une diversité microbienne imposante. Au-delà de sa fabrication et de son affinage, des microorganismes se partagent les nutriments disponibles, profitent des métabolites de certains ou meurent et permettent la croissance d'autres microorganismes. La flore microbienne du fromage varie entre autre selon l'espèce de vache laitière, le pâturage où celle-ci se nourrissent, les traitements physique que le lait subit avant de devenir fromage et le type de ferment ajouté (**CHAMPIGNY P.L, 2011**).

III.8.1. Les bactéries

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.

III.8.2. Les 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-galactosidase, qui permet de scinder le lactose en glucose et en galactose. Les sucres simples ainsi produits peuvent entrer dans la voie de la glycolyse et être convertis en acide lactique (**ROOSISTA R, et FIEET GH, 1996**). Les micro-organismes utilisés comme ferments lactiques sont principalement fermentaires et ne nécessite pas la présence d'oxygène. Parmi ces bactéries, on retrouve deux types : les homo- et les hétéro-fermentaires (**KANDLER O, 1983**). La fermentation dite homolactique se définit comme la transformation du lactose présent dans le lait en acide lactique. Lors de la fermentation hétéro-lactique un mélange d'acide lactique, d'acide acétique, de dioxyde de carbone (CO₂) et d'éthanol sont produits. La production d'acide amène un abaissement de pH qui, s'il atteint une valeur inférieure ou égale à 4,6, permet la coagulation des protéines de lait. Cette acidification se caractérise aussi par des odeurs et des saveurs sûres (**SPINLER H.E et GRIPON J.C, 2004**).

La fermentation lactique contrôlée est utilisée pour la plupart des produits laitiers fermentés fabriqués en Amérique du Nord. Elle est généralement, le résultat de l'utilisation de souches,

de *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* et *Streptococcus* (FLEET G.H, 1999). Le genre de bactéries utilisées dépend du fromage à produire, de la vitesse d'acidification, du métabolisme de ces bactéries, de la température et de la teneur en sel nécessaires dans le procédé de transformation. *Lactococcus lactis* est un ferment mésophile, peu thermorésistant et homo-fermentaire, c.-à-d que son produit majeur dérivé de la fermentation est l'acide lactique (KANDLER O., 1983). Pour sa part, le *Streptococcus thermophilus* est un ferment thermophile utilisé surtout pour les fromages à pâte pressée cuite et la Mozzarella (AUCLAIR J. et ACCOLAS J.P, 1983).

Dans les fromages Camembert, l'ajout de 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. Plusieurs stratégies peuvent être adoptées pour produire des fromages stabilisés : l'utilisation d'une plus faible quantité de ferments, l'utilisation de ferments sans protéinases, ou l'utilisation de ferments thermophiles à une température inférieure à leur température optimale de croissance (Lawrence R.Cet all,1987).

Dans ces fromages stabilisés, l'acidification de la pâte est ralentie, et le pH atteint des valeurs autour de 5,2. Dans ces conditions, le calcium est d'avantage retenu dans la matrice fromagère, ce qui favorise l'apparition d'une texture plus élastique, et donc moins coulante (Lawrence R.Cet all, 1987).

III.8.2.1. Les ferments d'affinage

La majorité des bactéries isolées de 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* (*Micrococcus*sp et *Staphylococcus*sp.) et des *Corynebacteriaceae* (*Arthrobacters*sp, *Brachybacterium*sp, *Corynebacterium*sp.), mais la principale espèce de bactérie corynéforme qui participe à l'affinage des fromages de type Camembert est la *Brevibacterium* (MOUNIER J. et all., 2007).

De part la production de caroténoïdes, *Brevibacterium* est responsable de la couleur orangée de la croûte Pour le fromage Camembert (croûte fleurie), cette couleur orangée peut être considérée comme un défaut dans l'apparence des jeunes fromages (MOUNIER J et all, 2007).

Toutefois, comme la croissance de *Brevibacterium* est fortement inhibée par la *P. camemberti*, le risque d'apparition précoce de cette couleur sont faibles (LECLERCQ-PERLAT M.Net all, 2004). Bien que l'utilisation de *Brevibacterium linensen* tant que

ferment d'affinage dans les fromages de type Camembert semble relativement peu répandue, cette bactérie possède des capacités technologiques intéressantes (**MOUNIER J. et al., 2007**). Il a été démontré que *B. linens* possède une activité protéolytique et lipolytique et est en mesure de produire des substances antimicrobiennes. Sa fonction biochimique la plus intéressante reste la production de composés soufrés, particulièrement le méthanthiol (MTL), grâce au catabolisme de la méthionine, ce qui confère aux fromages des arômes de chou (**FERCHICHI M. et al., 1986**). Malgré leur caractère acido-sensible, les bactéries du genre *Brevibacterium* se développent à la surface des fromages à pâte molle grâce à leur interaction de commensalisme avec les levures. Ces dernières utilisent le lactate et produisent de l'ammoniac, ce qui permet au pH de surface d'augmenter, favorisant l'implantation d'autres bactéries (**ARFI Ket al., 2003**).

III.8.3. Les levures

Les levures sont des microorganismes faisant surtout partie de la flore des fromages à croûte fleurie tel le Camembert. Reconnues pour tolérer de bas pH, elles se développent lentement mais avec constance dans ces fromages. Selon les souches, les levures consomment le lactose, le lactate, et/ou le galactose. Certaines espèces comme *G.candidium* sont aérobies; celles-ci ne peuvent donc que se développer en surface. Les levures et les moisissures contribuent à la remontée du pH de la matrice fromagère en métabolisant le lactate en H₂O et en CO₂. Leur Protéolyse participe aussi à cette remontée en libérant le groupement NH₃ des acides aminés (**BERESFORD T et WILLIAMS A, 2004**).

Les métabolites produits par les levures contribuant à la maturation sont l'éthanol, l'acétaldéhyde et le CO₂. De plus, certaines levures ne sont aptes à la protéolyse et à la lipolyse. Toutefois, les souches de levures responsables de l'affinage doivent être bien contrôlées. En effet, certaines souches de levures altèrent le produit en lui conférant des saveurs fruitées ou amères parfois jugées indésirables en fonction de la concertation.

Aussi, une production trop élevée de dioxyde de carbone gazeux peut gâcher la texture d'un Camembert. Comme les souches ne sont pas toutes tolérantes au sel, le salage du fromage permet entre autres de les sélectionner.

Enfin, l'implantation des levures à la surface d'un fromage précède souvent la venue d'un autre type de microorganisme qui est les moisissures. Les levures contribuent indirectement à leur croissance en hydrolysant les protéines et la matière grasse (**BERESFORD T et WILLIAMS A, 2004**).

III.8.4. Les moisissures

En fromagerie, les deux principales espèces de *Penicillium* utilisées pour leurs caractères technologiques sont *P. camemberti* et *P. roqueforti*. Elles sont respectivement utilisées pour les fromages Camembert et les fromages bleus. *Penicillium camemberti* est une moisissure filamenteuse qui confère aux fromages à pâte molle et à croûte fleurie leur aspect blanc uniforme et duveteux. Elle est considérée comme étant la forme domestiquée de *P. commune*.

On lui connaît les synonymes *P. candidum*, *P. rogeri*, *P. album* et *P. caseicolum* (**ABBAS A. et DOBSON A.D.W., 2011**). *Penicillium camemberti* est classé dans le règne des Fungi, dans la division des Ascomycota, de la classe des Eurotiomycetes, de l'ordre des Eurotiales, de la famille des Trichocomaceae, du genre *Penicillium* et de l'espèce *camemberti*.

P. camemberti est une moisissure qui peut croître à des températures de 4 à 37 °C, à un pH entre 2 et 8,5 (avec un optimum entre 3,5 et 6,5), des caractéristiques générales de croissances similaires à celles de *P. roqueforti* (**ABBAS A. et DOBSON A.D.W., 2011**). Non seulement elle tolère 20-25 % de NaCl, mais une concentration autour de 2 % stimule sa croissance. Elle est donc adaptée aux conditions fromagères. Malgré qu'elle soit retrouvée presque exclusivement dans l'environnement fromager, cette moisissure est également utilisée dans la production de saucissons fermentés (**CERNING J et al, 1987**).

Les souches de *Penicillium* utilisées comme ferment d'affinage sont généralementensemencées directement dans le lait sous forme de spores. Comme leur activité dépend de leur état physiologique (incluant les taux de germination, de croissance et de sporulation), les conidies sont préalablement réhydratées et activées avant d'êtreensemencées (**St-Gelais D. Tirard-Collet P, 2002**). L'état physiologique est donc déterminant pour la cinétique d'implantation de *P. camemberti*, et pour s'assurer que les propriétés de l'inoculum utilisésont reproductibles afin d'obtenir des fromages constants d'une production à l'autre.

Cresson alénois (*Lépidium sativum*)**IV.1. Description**

Lepidium sativum est une plante herbacée de la famille des crucifères (Brassicaceae) au même titre que le navet, les choux et la moutarde. Elle se développe en quelque mois, haute de 20 à 50 cm au moment de la floraison. Les inflorescences sont apicales : quelques groupes de petites fleurs blanches à quatre pétales, les petites siliques dressées de 2 à 3 cm de longueur produisent des graines brunes rouges et allongées.

IV.2. Répartition géographique

Le cresson alénois est originaire de l'Indonésie, d'Afrique du nord ou de l'est, du Moyen orient, d'Asie de l'Ouest, d'Éthiopie et très cultivé en Turquie. Sa domestication c'est probablement faite en Asie occidentale. Il était cultivé dans l'Antiquité en Grèce et en Italie et peut être aussi en Egypte. Aujourd'hui, on le trouve dans le monde entier, y compris la plupart des pays Africains, mais surtout à petite échelle dans les jardins familiaux (**Jansen, 2007**).

IV.3. Etude botanique du *lepidium sativum* (Cresson alénois)**IV.3.1. La famille Brassicaceae (crucifère)**

Les plantes de la famille des Brassicaceae sont cosmopolites, certains sont adaptés à des milieux particuliers, comme les montagnes ou les déserts, présentant une lignification poussée et une surface foliaire réduite. La famille des crucifères est très homogène, très évoluée, et facile à définir ; car est très reconnaissable par ses fleurs à pétales disposées en croix. D'où le nom de Crucifère (du latin « cruce ferre », porter une croix) est tiré (**GUINGARD ET DUPONT, 2004**).

La famille des Crucifères est représentée par dix tribus en Algérie (**Maire, 1967**).



Figure 03 : la plante du cresson alénois

IV.3.2. Le genre *Lepidium*

Le genre *Lepidium* est constitué d'environ 175 espèces, largement distribuées à travers le monde, sur tous les continents. C'est l'un des genres les plus représentés de la famille des Brassicaceae. Il semble que celui-ci soit originaire du bassin méditerranéen, où la plupart des espèces diploïdes ont été trouvés.

Lepidium est la transcription du grec lepidion qui signifie petite coquille. Se sont des plantes annuelles, vivaces ou sous-ligneuses, à la fleur petite, blanche, rose ou violacée, (**Docteur Pierrique Hordé, 2013**).

IV.3.3. L'espèce *lepidium sativum*

Lepidium sativum est le nom botanique du cresson alénois (ou passeraige cultivé), une plante médicinale bien connue.

IV.3.4. La systématique de la plante

Règne : *Plantae* (plante)

Sous-règne : *Tracheobionta* (plante vasculaire)

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnopsida*

Sous-classe : *Dilleniidae*

Ordre : *Capparales*

Famille : *Brassicaceae*

Genre : *Lepidium*

Espèce : *Lepidium sativum*

(Musium national d'histoire naturelle, 2009)

IV.4. Constituants chimiques

Le cresson alénois renferme des flavonoïdes et des caroténoïdes, d'une grande richesse en lutéine et zéaxanthine ainsi qu'en glucosinates, il contient différentes vitamines du groupe B avec la B2, B6, B9, mais aussi de la vitamine A, C, K et des minéraux avec du cuivre et du fer, du magnésium, du phosphore et du potassium. Il s'agit de la plupart des végétaux riches en iode, ce qui le rend facile à digérer (**Nathalie 2014**).

La tige et les feuilles de *lepidium sativum* contiennent des glucosinolates, le composant principal étant la Glucotropéoline (BenzylGlucosinolate). Distillée à la vapeur, la plante produit environ 0,1% d'huile essentielle incolore, à l'odeur piquante. Les graines quant à elles sont petites et de structure lisse de couleur rougeâtre donne près de 25% d'une huile brune jaunâtre semi-siccative à odeur particulière et déplaisante. Son huile est riche en acide oléique, linoléique et urique, et contient également des alcaloïdes imidazoles. Le tégument de la graine

germée contient beaucoup de mucilages, lequel présent une substance allélopathique, le lipidimoïde (Jansen, 2007).

IV.5. Propriétés pharmacologiques et médicinales

Mal connu de la part des populations à travers le monde, la valeur nutritive de cette plante est reconnue des herboristes. Le cresson contient un pourcentage élevé en fer, en acide folique, en calcium, protéines, acides gras, acide ascorbique, tocophérol, et en bêta-carotène.

Le cresson en feuilles, en graines ou en huile améliore la vue, favorise les grossesses et l'allaitement, prévient des maladies, aide à réduire le diabète, fortifie, active la poussée des cheveux, soigne les bronchites, etc.

Cette plante se révèle efficace contre de nombreux troubles digestifs en raison de son action stimulante, laxative et diurétique. De plus, il lute contre la constipation et apaise les douleurs abdominales. Par ailleurs, le *Lepidium sativum* est un traitement efficace pour apaiser les crises d'asthme, mais aussi elle agit de même contre la toux avec expectoration et peut freiner les petites hémorragies sanguines surtout celle des hémorroïdes (Aouadhi 2010). Le cresson alénois est bénéfique pour soigner la syphilis secondaire et ténésme (lésion dermatologique), de même qu'elle traite les blessures, ecchymose et toutes sortes de maladies cutanées telles que l'eczéma, elle est aussi un préventif des maladies cardiovasculaires et contre certains cancers également, de même qu'elle prévient de l'hypertension artérielle (Nathalie, 2014).

Le cresson peut être consommé :

en salade et, si possible, avec ses graines ;

haché et ajouté aux pommes de terre en purée ;

en garniture dans les sandwiches, en sauce pour accompagner du poisson ou de la viande ;

en soupe chaude en hiver et froide en été ;

comme ingrédients pour assaisonner de la volaille.



Figure 04 : les grains de cresson alénois

Chapitre V. Analyses sensorielles et test de dégustation

V.1. Historique

L'analyse sensorielle ou métrologie sensorielle représente l'ensemble des méthodes qui permettent d'évaluer la qualité organoleptique d'un produit. Cette discipline s'est développée dans les années 60 avec l'industrie agroalimentaire, au moment de l'éclosion de la société de consommation. Jusqu'alors il était seulement possible de vérifier si un produit était sain sur le plan physico-chimique, nutritionnel et microbiologique (INGE, 1997).

Les industriels, ont donc cherché à qualifier les performances du produit par rapport à un référent dont ils connaissent les caractéristiques, l'objectif étant de standardiser la qualité et de l'obtenir égale tout au long de la production (INGE, 1997).

La tâche essentielle de l'analyse sensorielle est maintenant d'aider à traduire les désirs et préférences des consommateurs en des propriétés tangibles et bien définies d'un produit donné, en partant du postulat qu'une partie des sensations est structurée par les préférences. En comparant et analysant les caractéristiques des produits, que les consommateurs aiment ou n'aiment pas, l'analyse sensorielle contribue à en saisir les aspects positifs et négatifs et à les adapter pour mieux répondre aux goûts des consommateurs. Une telle connaissance est vitale pour toute entreprise qui veut rester compétitive sur le marché (Félix, 1998).

V.2. Objectif

L'analyse sensorielle consiste à étudier d'une manière ordonnée et structurée les propriétés d'un produit afin de pouvoir le décrire, de le classer ou de l'améliorer d'une façon extrême objective et rigoureuse (INGE, 1997).

V.3. Sens et sensation

- **La vue** : fait référence à la perception de lumière des couleurs, des formes.
- **Le goût** : il s'agit de la perception des saveurs par la langue lors de la dégustation.
- **L'odorat** : s'agit de la perception des molécules odorantes, soit par inhalation directe, soit au cours de la mastication (voies, rétro-nasale).
- **Le touché** : à la perception de la consistance du produit (dur, collant.....) et des sensations trigéminées (température, fraîcheur, astringence, piquant...).

Une sensation désigne le phénomène par lequel une stimulation physiologique (externe ou interne) provoque chez un être vivant et conscient une réaction spécifique produisant une perception émise par ce phénomène (INGE, 1997).

V.4. Méthodologie de l'évaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle d'un produit permet, soit la mesure de ses caractéristiques sensorielles, soit la mesure du plaisir qu'il procure au consommateur. Ces deux approches sont souvent complémentaires, mais doivent être soigneusement distinguées car les groupes de sujets interrogés sont différents (AFNOR, 2000).

V.5. Utilisation des analyses sensorielles :

Considérer l'analyse sensorielle comme simple méthode de mesure serait assez réducteur, car c'est tout un outil de conception : elle représente un moyen privilégié de contrôler la qualité d'un produit et constitue surtout une aide précieuse au développement et à la conception de produits nouveaux. Si le produit doit être perçu comme différent, les épreuves d'évaluation sensorielle permettent de confirmer ou d'infirmer cette réalité. Elles contribuent à maîtriser les efforts de conception nécessaires à l'amélioration des stimuli perçus par le consommateur (INGE, 1997).

Partie expérimentale

I. Matériels et Méthodes

I.1. Présentation de l'unité

La laiterie EURL STLD « société de transformation du lait et dérivés », a été créée le 16/04/2004, à la nouvelle ville Rue des frères Beggaz et transférée à la zone industrielle de DBK le 10-01-2018. L'unité compte un effectif de 80 employés compétents, ambitieux et qualifiés et bien formés aux pratiques indispensables dans une industrie agroalimentaire.

La laiterie a pour fonction de produire une large gamme de produits à partir du lait cru collecté auprès des éleveurs locaux. La quantité est, en moyenne, de 35 milles litres par jour. Les produits fabriqués sont :

- lait de vache pasteurisé conditionné (entier, écrémé) ;
- lait de vache pasteurisé et fermenté (L'ben) ;
- camembert au lait de vache ;
- camembert au lait de chèvre «Le chèvre fermier » ;
- camembert le crémeux au lait de vache enrichie en matière grasse ;
- le fromage à pâte pressée « le fermier ».

L'unité est constituée de plusieurs compartiments :

- Service commercial ;
- Salle de réception des collectes de lait ;
- Le laboratoire d'analyse microbiologique et physico- chimique ;
- Salle de pasteurisation ;
- Magasin de stockage ;
- Cantine ;
- Atelier de production Pâte molle ;
- Hâloirs d'affinage Pâte molle ;
- Atelier Pâte pressée ;
- Atelier d'emballage et conditionnement ;

- Atelier lait.

I.2. Matériels utilisés (annexe1)

I.3. Matériel biologique

I.3.1. La poudre des grains de Cresson alénois (*Lepidium sativum*)

Pour la réalisation de ce travail nous avons utilisé la poudre de cresson alénois de la famille des *Brassicaceae* (*crucifère*), plus précisément le genre *Lepidium Sativum*.



Figure 05 : la poudre du cresson alénois (*lépidium sativum*)

I.3.1.1. Provenance de la plante *Lepidium Sativum*

Le produit que nous avons utilisé, le *cresson alénois* « *lépidium sativum* », a été acheté chez un herboriste à la foire commerciale du boulevard AMYOUNG, qui l'a importé de l'Indonésie.

I.3.1.2. Détermination du taux d'humidité de la poudre des graines du cresson alénois

La matière sèche est déterminée selon (BOIS, 2004) à partir d'une masse de matière végétale introduite dans un creuset taré, puis séchée dans une étuve à 105C° jusqu'à poids constant. Après refroidissement, le creuset est pesé. Le taux de la MS est calculé selon l'équation suivante :

$$MS (\%) = \frac{S}{E} \times 100$$

M.S : matière sèche en % ;

S : masse de creuset taré après séchage ;

Matériels et Méthodes

E : masse de la matière végétale.

A partir du pourcentage de la matière sèche on peut calculer le taux d'humidité en (%.)

$$H (\%) = 100 - M.S$$

H : taux d'humidité en %

M.S: Matière sèche en %

La détermination du taux d'humidité doit pouvoir être effectuée rapidement et de manière fiable afin de pouvoir intervenir le cas échéant, dans le procédé de fabrication et d'éviter des interruptions de production prolongées. Par conséquent, en vue d'assurer la qualité de leurs produits, de nombreux fabricants déterminent directement dans la ligne de production le taux d'humidité des matières premières, des produits intermédiaire et fini (**Toledo Mettler**).

Mode opératoire

La détermination du taux d'humidité a été faite au niveau du laboratoire de chimie n°5 du socle du campus universitaire de Tamda (Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou).

Séchage à l'étuve :

- placer une quantité du matériau humide à tester dans l'aluminium préalablement taré ;
- peser l'ensemble et l'introduire dans une étuve pendant 24h sous une température de 105°C ;
- après les 24h, on pèse l'ensemble une seconde fois ;
- réduire les masses humides et sèches de l'échantillon et calculer H (%) (**Ghomari F&Bendi-OuiA**).

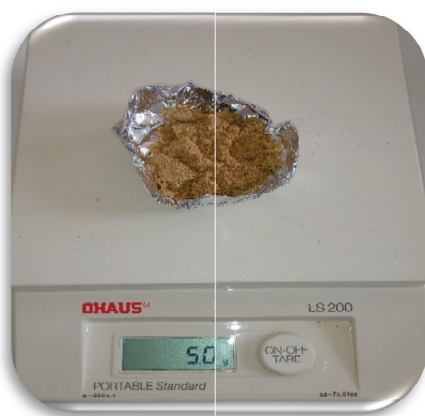


Figure 06 : Echantillon, Etuve, et le dissecteur utilisé au cours de l'analyse (originale 2018).

I.3.1.3. Dosage des Polyphénols totaux de la poudre des grains de cresson alénois

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs. Nous l'avons adapté pour traiter beaucoup d'échantillons et avec peu de matière végétale à extraire.

Mode opératoire

- pour la préparation de la solution de l'acide Gallique, nous avons peser 0.5gr que nous avons dissous dans un litre d'eau distillée ;
- après, il s'agit de préparer trois solution filles de concentrations de 0.06 ; 0.12, 0.20 gr/l à partir de la solution mère (Acide Gallique à 0.5gr/l). La lecture des absorbances est faite sur un spectrophotomètre UV-Visible pour la préparation de la courbe d'étalonnage ;
- peser 3 échantillons de 0.05gr de poudre des grains de cresson alénois dans de l'aluminium préalablement taré ;
- après, on a mis chaque échantillon dans une solution de méthanol à 80% (80% du méthanol+20% d'eau distillée) ;
- puis, nous avons entamé une agitation pour chaque échantillon pendant 120 minutes ;
- nous avons récupère les filtrats dans un erlenmeyer ;
- par la suite, nous avons mélangé 0.5ml de la solution à doser ou du filtrat avec 2.5ml du réactif Folin-Ciocalteu dilué à 1/10 et 1/20 ;
- après une minute de contact du réactif de Folin avec le filtrat, nous avons ajouté 2ml de carbonate de sodium (NaCO_3), « **10gr NaCO_3 + 50ml d'eau distillée** » puis nous avons mis chaque mélange dans un tube à essai ;
- puis nous avons mis les tubes à essai dans le bain marie à température $T=50^\circ\text{c}$ pendant 5 minutes ;
- nous avons mesuré ensuite l'absorbance de chaque échantillon à 760nm. La lecture des absorbances est faite sur un spectrophotomètre (*Annexe 02*).

Le pourcentage en poly-phénols (équivalent en acide Gallique) est calculé selon l'équation :

$$\% \text{phénols totaux} = [(C * V) / (1000 * m)] * 100$$

C : concentration en équivalent acide Gallique gr/l

V : volume de la solution 0.5ml

m : poids de l'échantillon à l'état frais



Figure 07 : photo de spectrophotomètre UV visible (originale 2018).

I.4. Processus de fabrication du fromage à pâte molle type camembert avec ajout de Cresson au niveau de la literie fromagère STLD de DBK

I.4.1. Les matières premières

Les matières premières utilisées pour la fabrication du camembert épicié sont les suivantes :

- le lait de vache ;
- ferments lactiques ;
- le Cresson alénois ;
- la présure.

Il existe plusieurs méthodes de production du camembert. Si les principales étapes sont identiques, certaines sont caractéristiques de la production artisanale (figure 09).

Le lait collecté quotidiennement doit répondre à un certain nombre de critères de qualités physicochimiques et microbiennes (test d'antibiotique, densité, acidité, taux de protéines) et sera verser dans des cuves de 7500 litres à température de 2°C.

Le lait traité va monter dans des cylindres aux bacs de lancements à l'aide d'une pompe pour subir une pasteurisation.

Matériels et Méthodes

Le lait passe dans trois chambres à différentes températures, dont la première chambre sera réglée à basse température d'environ 4°C, la deuxième à 40°C, c'est là où se déroule le choc thermique pour passer enfin à la troisième chambre de haute température (80°C/20 sec).

Le lait pasteurisé passe dans le chambreur pour revenir à une basse température de 36°C à 37°C, afin de ne pas inactiver l'action des ferments, qui seront ajoutés juste après cette action, selon le cahier des charges, le lait ne doit jamais dépasser les 37°C, sa température à la sortie du pis de la vache.

Le lait pasteurisé contenant des ferments et le calciole sera envoyé vers trois cuves de maturation et va rester environ 30 minutes jusqu'à obtention d'un lait fermenté pasteurisé prêt à être envoyé à la chaîne de production.

A ce niveau, pour les besoins de notre échantillonnage de fromage, nous avons rempli 5 bassines de capacité de 30 litres de lait chacune numérotée de 1 à 5. L'une d'elles, la cinquième sans poudre de cresson, est utilisée comme l'échantillon témoin dans notre expérimentation.

Pour ce qui est des 4 bassines de 30 litres de lait fermenté et pasteurisé, dans chacune d'elle, nous avons ajouté des doses de cresson de 10g, 20g, 30g et 40g respectivement. L'homogénéisation est faite par agitation manuelle. Ensuite, nous avons ajouté 5ml de présure dans chacun des 5 échantillons pour le faire caillé (le lait passe ainsi de l'état liquide à l'état de gel) durant 30 minutes. On parle alors, de la coagulation.

Après la coagulation, le caillé est découpé en petit cube avec deux trancheurs (verticale et horizontale) afin de libérer le lactosérum suivi de brassages successifs pour faciliter la remontée du sérum lequel sera soutiré.

Le caillé brassé est mis dans des moules laissant échapper le lactosérum qui sera acheminé dans la salle à égouttage de 26°C où on procède à deux retournements après 2h et 45 minutes. Dans le cas où le caillé est humide, un troisième retournement permet d'avoir une meilleure exsudation du lactosérum. A chaque retournement, on calcule le degré d'acidité qui doit être de plus en plus élevée (croissant), et ne doit pas dépasser 70°D à 80°D.

Matériels et Méthodes

Après démoulage, on opère le procédé de salage à sec. Les fromages salés sont entreposés à 12°C pendant 24h dans la chambre de ressuage pour poursuivre l'élimination du reste du liquide. Après cette étape, les fromages sont introduits dans des hâloirs à une température de 12°C pendant 12 jours, où durant cette période, le fromage est pulvérisé de pénicillium camemberti en effectuant des retournements tous les deux jours.



Figure 08: photo de notre essai entreposé dans la salle de ressuage (originale 2018).

Matériels et Méthodes

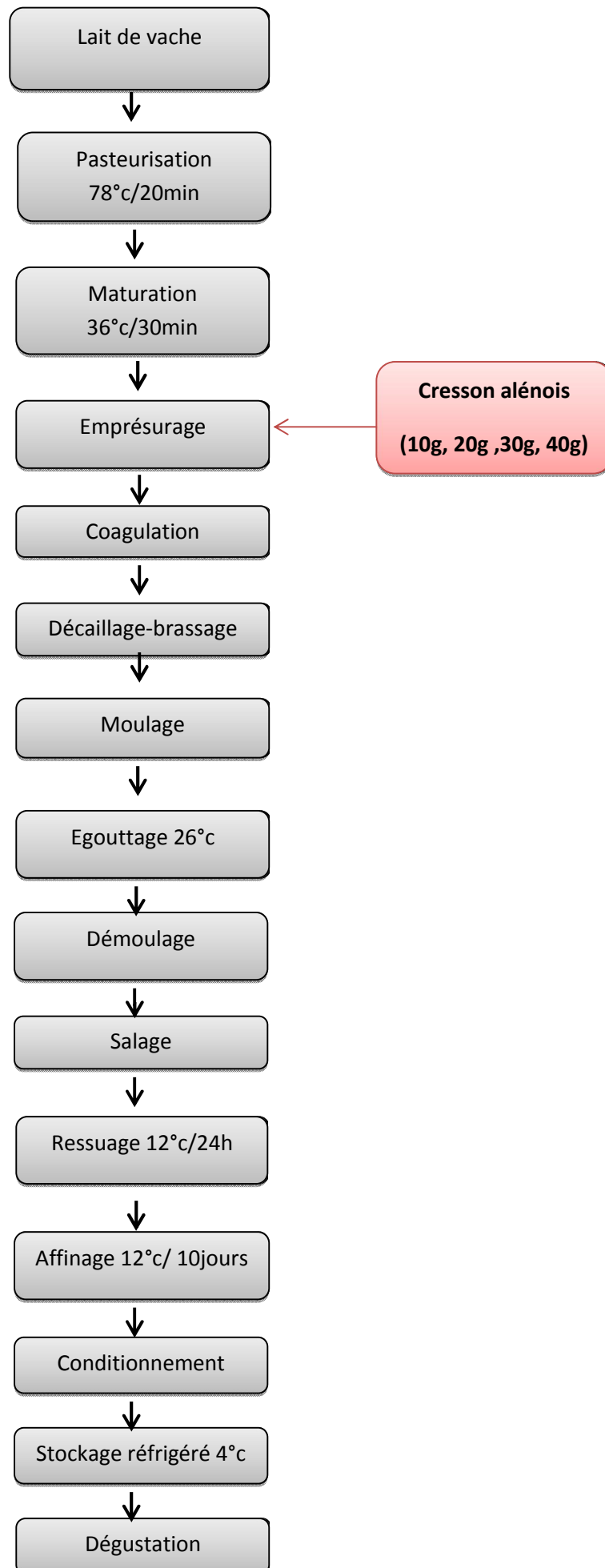


Figure 09 : diagramme de fabrication du camembert épicé à STLD

I.5. Analyses physicochimique

I.5.1. Détermination de l'acidité titrable

L'objectif est de titrer l'acide lactique contenu dans le lait par l'hydroxyde de sodium (NaOH, soude) en présence de phénolphthaléine comme indicateur afin de déterminer sa fraîcheur en mesurant son degré Dornique.

Nous avons déterminé le degré Dornique (°D) où 1°D correspond à 0.1gr d'acide lactique par litre de lait.

Mode opératoire

Remplir la burette avec la solution de soude, ajuster le niveau du liquide au niveau 0 de la burette en faisant couler le trop plein dans le bécher. Ensuite, prélever à l'aide d'une pipette 20ml de lait et le verser dans le bécher et ajouter 3 gouttes de phénolphthaléine puis placer le bécher dosage sous la burette, titrer millilitre par millilitre la solution de soude jusqu'à apparition du virage de la couleur rose pâle.



Figure 10 : détermination de l'acidité titrable du lait à la réception (originale 2018).

I.5.2. Dosage de la matière grasse du lait de vache (méthode acido-butyrométrique)

La méthode acido-butyrométrique est une technique conventionnelle, qui lorsqu'elle est appliquée à un lait entier de teneur en matière grasse moyenne et de masse volumique moyenne à 20°C donne une teneur en matière grasse exprimée en grammes pour 100g de lait ou 100ml de lait (AFNOR, 1985)

Après dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique, une séparation de la matière grasse du lait par centrifugation, est faite dans un butyromètre. La séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool amylique.

Après, nous avons obtenu la teneur en matière grasse (en grammes par 100g ou 100ml de lait) par lecture sur l'échelle du butyromètre



Figure 11 : détermination du taux de la matière grasse du lait de vache (originale 2018).

Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, mesurer 10ml d'acide sulfurique et les introduire dans le butyromètre ;

Retourner doucement trois à quatre fois le récipient contenant l'échantillon préparé ;

Matériels et Méthodes

Prélever immédiatement à la pipette à lait, le volume fixé et le verser dans le butyromètre sans mouiller le col de celui-ci de façon qu'il forme une couche au-dessus de l'acide ;

A l'aide d'une pipette, mesurer 1ml d'alcool amylique et l'introduire dans le butyromètre sans mouiller le col du butyromètre ni mélanger les liquides ;

Bien boucher le butyromètre sans perturber son contenu ;

Pour la dissolution des protéines, il faut bien agiter et retourner le butyromètre jusqu'à ce que son contenu soit complètement mélangé, et jusqu'à ce que les protéines soient entièrement dissoutes ;

Placer immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse GERBER, amener cette dernière à la vitesse requise (1200 tours par minute) en 2 minutes, puis maintenir cette vitesse pendant 4 minutes.

Pour la lecture des résultats :

- placer le butyromètre dans un bain d'eau à 65°C pendant 3 à 5 minutes ;
- enlever le butyromètre du bain d'eau, le bouchon étant toujours ajusté vers le bas, ajuster soigneusement le bouchon pour amener l'extrémité inférieure de la colonne grasse avec le minimum de mouvement de cette colonne devant le repère le plus proche ;
- noter le trait de repère correspondant à l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse, puis en ayant soin de ne pas bouger celle-ci aussi rapidement que possible, noter le trait de repère au haut de la colonne de matière grasse coïncidant avec le point le plus bas du ménisque.

I.5.3. Détermination de la densité (Taux de mouillage)

C'est le calcul du taux de mouillage du lait pour vérifier s'il y a ajout d'eau ou non. Elle est mesurée avec un Lactodensimètre. La densité du lait n'est pas une valeur constante pour les laits individuels. A une température de 20°C, les valeurs moyennes sont comprises entre 1.030-1.033 et pour les laits de grands mélanges, elle est de 1.032.

Mode opératoire

Matériels et Méthodes

- rincer l'éprouvette avant l'incorporation de l'échantillon ;
- verser 1 litre de lait maintenu à 20 °C dans l'éprouvette, tenue inclinée afin d'éviter la formation des bulles d'air et de mousse ;
- plonger doucement le Lactodensimètre dans le lait en le maintenant dans l'axe de l'éprouvette et on le retenant dans sa descente jusqu'au voisinage de sa position d'équilibre ;
- faire la lecture sur la partie supérieure du ménisque du Lactodensimètre.



Figure 12 : détermination de la densité par un thermo-densimètre (originale 2018).

I.5.4. Teste d'antibiotique

Le test enzymatique est plus efficace pour détecter les résidus d'antibiotiques dans le lait cru.

Mode opératoire

Le réactif utilisé est le Beta Star Combo, la méthode consiste à :

- mettre 0.1ml de lait dans le flacon jetable contenant une bandelette ;
- incubé 5 minute à 47.5°C.

Matériels et Méthodes

Si on aura apparition des lignes roses par rapport à celle du contrôle, donc le teste est négatif : absence des antibiotiques, le lait sera retenu ;

Si on n'aura pas apparition des deux lignes par rapport à celle du contrôle, donc le teste est positif : présence des antibiotiques, le lait sera rejeter.



Figure 13: incubation de la blondelette dans l'incubateur pour un test d'antibiotique

(originale 2018).

I.5.5. mesure de la teneur en matière sèche dégraissée

La matière sèche dégraissée est obtenue par la différence entre la matière sèche totale et la matière grasse.

ESD : extrait sec dégraissé.

EST : extrait sec total.

MG : matière grasse.

I.5.6. Détermination de la matière sèche totale de l'extrait sec

On entend par la matière sèche du fromage le produit résultant de la dessiccation du fromage dans les conditions décrites par des normes.

Matériels et Méthodes

Le principe de cette opération repose sur l'élimination totale du liquide résidu dans le produit après une dessiccation pour avoir un caillé pur.

Mode opératoire

La méthode consiste à râper 5gr de fromage dans une capsule préalablement tarée placée dans un dessiccateur, attendre l'épuisement du temps nécessaire et faire la lecture.

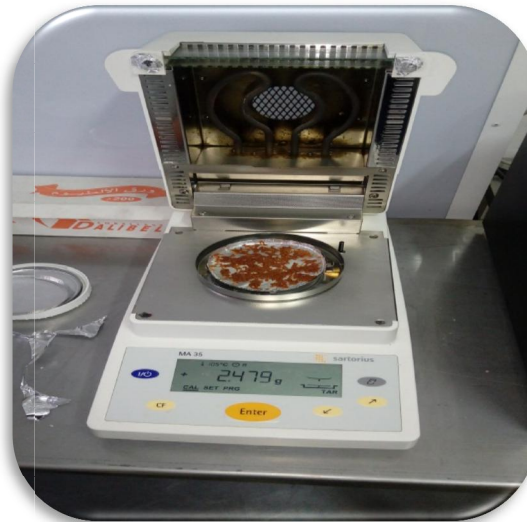


Figure 14: détermination du taux d'EST du fromage par un dessiccateur GERBER

(originale 2018)

I.5.7. Détermination de la teneur en matière grasse du fromage par la méthode de GERBER

Le principe de cette méthode repose sur la séparation de la matière grasse par centrifugation après dissolution complète des protéines du fromage par addition d'acide sulfurique.

Mode opératoire

- Introduire dans un butyromètre de GERBER 3g r de fromage ;
- Ajouter de l'acide sulfurique 62.9% (H_2SO_4) jusqu'à immersion complète du fromage ;
- Ajouter 1ml d'alcool iso-amylque pour dissoudre le fromage ;

- Boucher avec un bouchon sec ;
- Agiter le butyromètre pour mélanger l'acide, l'alcool et le fromage jusqu'à dissolution (dans un bain marie avec une température de 65%) ;
- Introduire les butyromètres dans la centrifugeuse pendant 5 minutes ;
- La lecture se fait directement sur la graduation du butyromètre et le résultat est exprimé en g/l.

I.6. Analyses microbiologiques

I.6.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes totaux sont des bâtonnets, à Gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs, non sporulés. (*J.GUIRAUD, P.GALZY, 1980*).

Les coliformes fécaux se distinguent des coliformes totaux par leur température de prolifération qui est de 44° C (*LAPIED et PETRANSXIENE, 1981*).

La colimétrie est l'ensemble des méthodes permettant la recherche et le dénombrement des coliformes, qui indiquent une contamination fécale.

Les coliformes ont la particularité de fermenter le lactose avec dégagement de gaz. Le développement des coliformes totaux acidifie le milieu qui se traduit par un virage de l'indicateur coloré. En outre, une production de gaz apparaît dans les cloches renversées. (*L. LAPIED, D. PETRANSXIENE, 1981*).

Mode opératoire

I.6.2. Préparation de la solution mère

Diluer 10g de fromage dans 90ml d'eau distillée et bien agiter le mélange.

On introduit aseptiquement 1 ml de l'échantillon à analysé dans des boîtes de pétri, on ajoute

15 ml de la gélose VRBL, après solidification ajouté une deuxième couche du même milieu

(VRBL) afin de favoriser l'anaérobiose et empêcher le développement des colonies

Superficielles envahissantes. L'incubation est faite à 30°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux pendant 24h. (annexe 03)

I.6.3. Lecture d'analyse microbiologique

- Pour les coliformes totaux : Apparition des colonies jaune.
- Pour les coliformes fécaux : Apparition d'un anneau rouge.

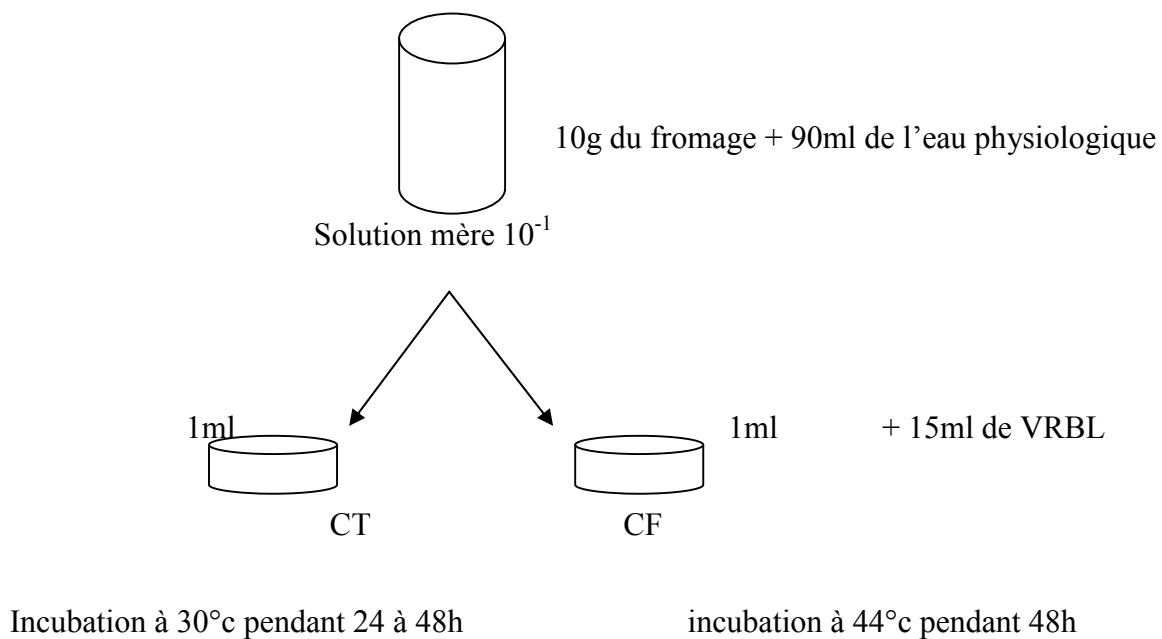


Figure 15 : Protocole de recherche des *coliformes totaux et fécaux*.

I.7. Teste de dégustation et analyse sensorielle

Le test de dégustation permet de déterminer les caractéristiques et la typicité d'un produit alimentaire afin d'établir un argumentaire commercial.

I.7.1. Choix du jury

Pour mieux apprécier la qualité organoleptique de notre *camembert « fermier » épicié* fabriqué à STLD de DBK, nous avons réalisé le test de dégustation grâce à un jury composé de 12 étudiants de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2 fonctionnaires et le directeur de la dite entreprise (Annexe 04).

Matériels et Méthodes

Plusieurs facteurs ont été pris en considération avant l'évaluation afin d'obtenir des performances optimales de la part des sujets :

- les sujets ne souffrent d'aucune maladie ;
- les sujets sont informés d'éviter l'utilisation des produits fortement odorants tels que parfums.

Un questionnaire a été proposé aux dégustateurs dans lesquels figurent les paramètres à tester à savoir : la couleur, l'arôme, le goût, la dureté, la structure de la pâte, le degré d'affinage.

Le traitement statistique des résultats d'analyses sensorielles obtenues dans notre étude (couleur, arôme, goût, dureté, structure de la pâte, degré d'affinage), est réalisé grâce au logiciel STATISTICA, qui consiste en une analyse des variabilités qualitative (KHI-DEUX).

II. Résultats et discussion

II.1. analyses physico-chimiques de la poudre du cresson alénois

II.1.1. Taux d'humidité de la poudre du cresson alénois

Les analyses de notre échantillon (*Annexe05*) ont révélé un taux d'humidité de 20%. Cela signifie que la teneur en eau de la poudre du cresson alénois est faible (Figure 16).

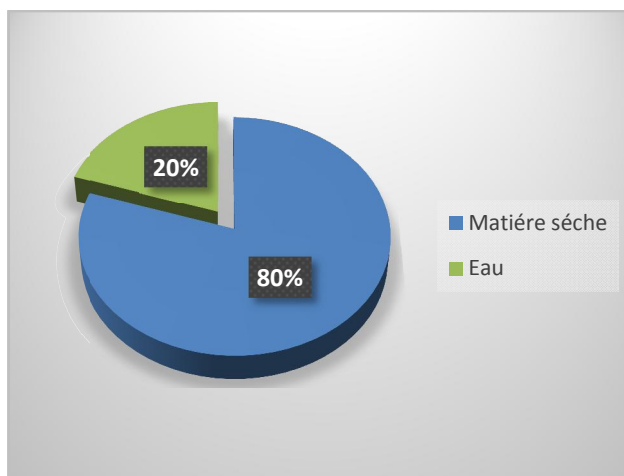


Figure 16 : Teneur en humidité et en matière sèche de la poudre du cresson alénois

Selon **Mettler Toledo**, la teneur en humidité des aliments doit rester dans des spécifications strictes d'un intervalle de (10 à 23%) afin de garantir l'excellence opérationnelle et les propriétés optimales du produit fini. La teneur en humidité des aliments et des ingrédients est fréquemment analysées avant, durant et après le processus de fabrication, afin de garantir la conformité du produit final aux spécifications et aux normes de qualité souhaités. La teneur en humidité des produits influe sur leur texture, goût, aspect, consistance, et leur durée de conservation.

II.1.2. Dosage des poly-phénols totaux de la poudre des grains de cresson alénois

Afin de caractériser l'extrait préparé à partir des graines du cresson alénois, la quantification des composés phénoliques a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire ($Y=0,0365X-0,0013$) réalisée par une solution étalon (acide gallique) à différentes concentrations.

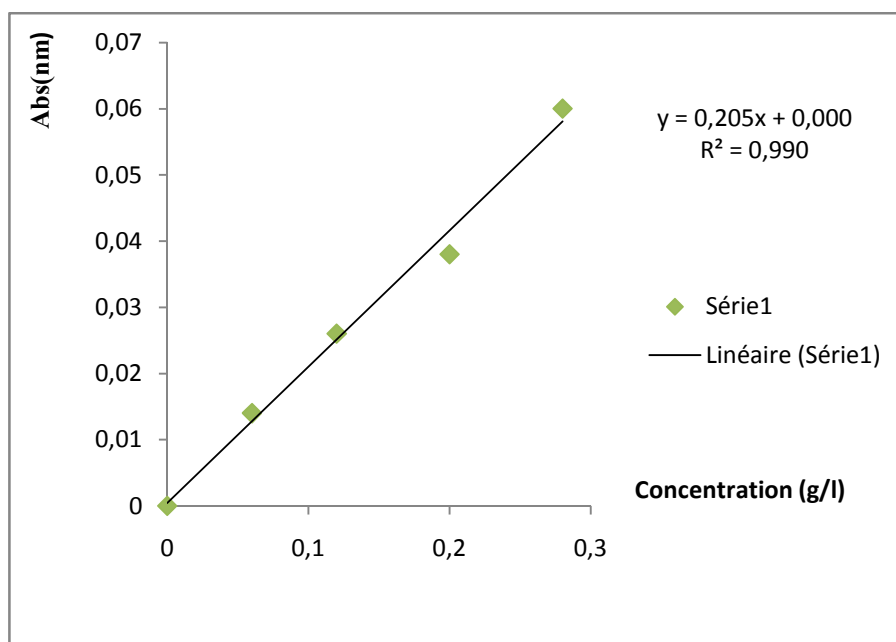


Figure 17: Courbe étalon avec l'acide gallique à 0.5g/L (**Originale, 2015**)

La valeur de la densité optique (Do) mesurée de chaque échantillon est mentionnée dans le tableau suivant :

Tableau n°8 : la DO des différents échantillons de la poudre de cresson alénois

		Ech 1	Ech 2	Ech 3
DO (nm)	Expérience	0,410	0,413	0,412
	1 :1/10			
	Du folin			
	Expérience	0,408	0,411	0,410
	2 :1/20			
	Du folin			

Les pourcentages des composés phénoliques indiqués dans le tableau sont calculés selon la relation suivante :

$$\% \text{Phénols totaux} = ((C \cdot V) / 1000 \cdot M) \cdot 100$$

C : Concentration en équivalent acide gallique (en g/l) (*annexe 03*)

V : Volume de la solution (0.5ml) ;

M : Poids de l'échantillon à l'état frais (0.05g).

Tableau N°9 : résultats du taux des poly-phénols en %.

	1/10 du folin	1/20 du folin
Taux des poly-phénols(%)	11,31	11,25

La figure 18 montre les résultats du taux des poly-phénols, ces taux sont exprimés en pourcentage.

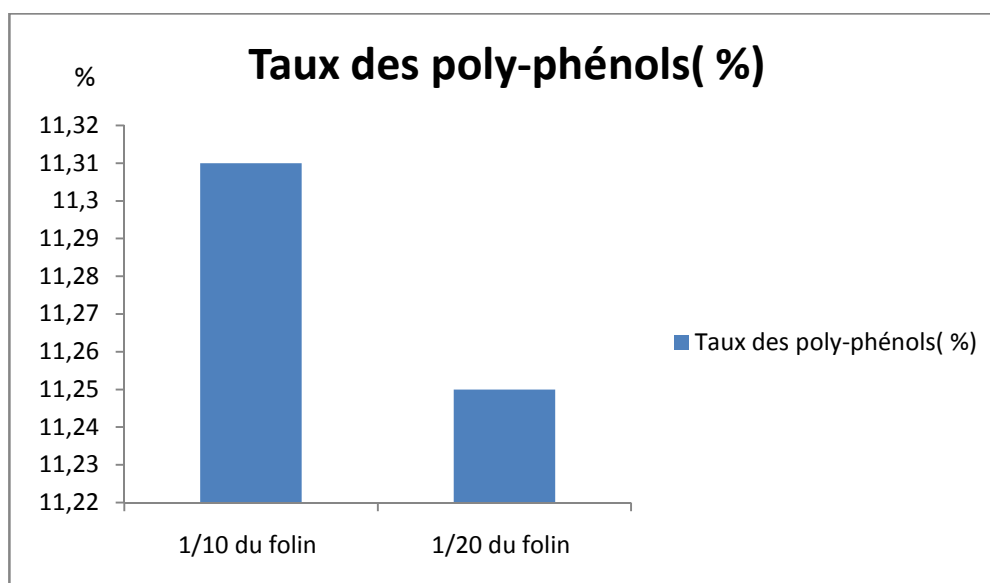


Figure 18: taux des poly-phénols totaux

Ces résultats indiquent que le taux des composés phénolique est de 11,31% et 11,25%. La teneur en poly-phénols est relativement grande dans notre extrait.

En effet, les travaux conduits par **Jency Malara et al, 2014** et **Iqbal Hussain et al, 2011** sont comparables à nos résultats. Ces auteurs indiquent que l'extrait de la plante *lépidium sativum* est riche en poly-phénols totaux.

Les teneurs en poly-phénols varient d'une espèce à une autre, pour le même type de fibres. La composition dépend de l'état de la maturité de l'espèce, de l'organe de provenance, des conditions climatique et des conditions d'extractions utilisées pour l'obtention des fibres (**BLEDZKI et al, 1999**).

II.2. Analyses physicochimiques du lait de vache utilisé

Les résultats d'analyse physicochimiques du lait de vache utilisé lors de la fabrication de notre fromage sont illustrés **dans le tableau n° 07**

Tableau n° 10 : Analyses physicochimique du lait de vache à la réception :

Détermination	Lait de vache	N E (Alais, 1984 et Mietton et al, 1994)
MG	3,20%	3,3-4,5(%)
ESD	7,26%	87,5-89,9(g/l)
Protéines	2,88%	3,2-3,6%
Lactose	4,69%	4,7-5,2%
Densité	1028	1028-1032
Acidité titrable	17(°D)	16-18
EST	103,3 g/l	115-124 g/l)
pH	6.6	6.6-6.8

Au regard des résultats des analyses physicochimiques consignés dans le **tableau n° 07**, les valeurs obtenues à la réception du lait de vache cru sont légèrement inférieures à celles de la norme de l'entreprise (**Alais, 1984 et Mietton et al, 1994**), ceci peut être expliqué par le fait que la composition du lait varie en fonction de plusieurs facteurs qui sont liés à l'animal (état sanitaire, stade physiologique, facteurs génétique...), au milieu (saison, traite...) ou à l'alimentation, qui semble être le facteur le plus prépondérant dans l'obtention de ces teneurs faible (**ARABA A , 2006**).

II.2.1. Le pH et l'acidité titrable

Selon **VIGNOLA, 2002**, le pH et l'acidité titrable sont deux concepts liés à l'acidité, mais ils sont déterminés d'une façon différente. Chacun a son propre indice sur la qualité du lait.

La valeur de pH obtenue pour le lait est de 6,6, cette valeur est conforme à la norme (**JORA, 1998**) exigeant une teneur de 6,6-6,8 pour le lait de vache.

Le pH est au voisinage de la neutralité, ce qui permet une longue conservation du produit, en sauvegardant ses qualités organoleptiques, et sa valeur nutritionnelle (**mathieu, 1998**).

Les résultats obtenus montrent une acidité acceptable (17°D) par comparaison aux normes de l'entreprise STLD (16-18°D). Ce résultat peut être expliqué par le respect des températures de transport et de stockage, qui sont maintenues basses. En effet, lorsque la température est élevée et en présence d'une forte humidité, il peut y avoir hydrolyse des constituants alimentaires conduisant à la libération de molécules à caractères acide, comme les acides gras, les acides aminés, etc. L'acidité nous renseigne sur la richesse du lait en diverses substances (protéines, lipides,...) (GUIRAUD, 1998).

II.2.2. matière grasse

Selon une étude faite par **FAO 1972**, la baisse de la teneur en matière grasse s'explique par la nature de l'alimentation des vaches qui exerce une action dépressive sur l'acide acétique dans le rumen. C'est ainsi que, lorsque les vaches sont nourries avec des rations fortement énergétiques mais pauvre en foin, la teneur en matière grasse diminue.

En outre, le stade de lactation peut avoir aussi une influence sur le taux butyreux. Les taux les plus faibles se situent pendant la deuxième et le troisième mois de lactation et plus élevés en début et surtout en fin de lactation.

Nous constatons que le taux de matière grasse dans le lait de vache est de 30,2 g/l, cette valeur est conforme à la norme de l'entreprise STLD (**Alais, 1984 et Mieton et al, 1994**), qui exige une teneur comprise entre 33-45 g/l.

D'après **Alais, 1984**, une alimentation rationnelle des animaux conditionne le bon rendement laitier, il peut avoir une influence plus ou moins significative sur la teneur de certain composant et donc sur la qualité du lait.

II.2.3. Densité

La détermination de la densité constitue un élément d'appréciation de qualité en cas de fraude. Le mouillage abaisse, en effet, la teneur du lait en ses divers constituants, entraînant ainsi les modifications de ses constituants physiques notamment la densité (**VEISSEYRE, 1979**).

Selon **LEMENS, 1985**, la densité est sous la dépendance de deux facteurs principaux, la teneur en matière sèche et celle de la matière grasse (la densité diminue avec l'augmentation du taux butyreux).

Les résultats des analyses physicochimiques effectués sur le lait de vache révèlent la conformité de la densité à la norme de l'entreprise STLD (**Alais, 1984 et Mieton et al, 1994**).

D'après le **tableau n°07**, la densité du lait est proportionnelle à sa teneur en extrait sec total (EST). Ces résultats concordent avec ceux de (**GOURSAUD, 1983**) et (**VIGNOLA, 2002**).

II.2.4. Test antibiotique

Selon (**Souster, 2013**), les antibiotiques sont des médicaments capables de détruire (action bactéricide) ou d'empêcher la multiplication (action bactériostatique) bactériennes.

Les résidus d'antibiotiques sont des substances issues de la dégradation des antibiotiques éliminés essentiellement dans les matières fécales et l'urine des vaches, ils peuvent se retrouver en très faible quantité dans le lait des vaches sous traitement. Le lait de chaque citerne doit être échantillonné et testé.

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

II.2.5. L'EST et ESD

L'EST est d'une valeur de 103,3 g/l, cette valeur est inférieure à la NE STLD (**Alais, 1984 et Mieton et al, 1994**) indiquant une teneur comprise entre 115-125 g/l. Cette diminution nous l'attribuons au facteur de mouillage du lait 6,92% (présence d'une certaine mouillabilité dans le lait « ajout d'eau, traces de l'eau de rinçage des citernes de distributions de lait...). Quant à l'ESD, la valeur obtenue est de 72,6 g/l, ce dernier est conforme à la NE STLD (**Alais, 1984 et Mieton et al, 1994**), qui est de 87,5-89,9 g/l.

Toutefois, il faut souligner que si l'EST est inférieure ou supérieure à la norme, il est nécessaire de le corriger avant d'envoyer le lait vers la pasteurisation (**JORA, 1998**).

Selon **MOLLER, 2000**, pour avoir des teneurs exactes en extrait sec total, et de taux butyreux, il est préférable d'utiliser la MGLA (la matière grasse laitière anhydre) qui a 99,8% en matière grasse pure, afin de faciliter le calcul des différentes proportions des matières premières (MG, poudre du lait et eau).

II.2.6. Le lactose

Selon **GAUTIER(1961)**, le lactose est le constituant du lait le plus rapidement attaqué par l'action microbienne, qui le transforme en acide lactique et autres acides, contrairement à la matière grasse qui s'altère plus lentement. Mais le plus important facteur de variation est l'infection de la mamelle qui réduit la sécrétion du lactose. Le lait normal contient 47 à 52 grammes de lactose par litre avec une teneur moyenne de 49 g/l.

Dans le tableau n° 07, le lait de vache utilisé a une teneur en lactose légèrement inférieure à celle de la NE (**Alais, 1984 et Mieton et al, 1994**). La différence que nous avons observée dans notre étude pouvait être due au taux de mouillage.

II.2.7. Les protéines

La teneur en protéine du lait et les caractéristiques de ces protéines sont des facteurs prépondérants du rendement fromager (**REMEUF et al, 1989**).

Dans notre étude, nous avons trouvé une moyenne de 28,8 g/l, cette valeur est légèrement faible par rapport à la norme requise qui est de 32-36 g/l.

MARTIN et COULON 1995 notent que beaucoup de facteurs sont susceptibles d'influer négativement sur le taux protéique des laits. Outre l'alimentation quotidienne déficiente en fourrage et plante herbacées, il ya lieu de citer l'effet de la race, l'âge, le stade de lactation, la saison et le climat, etc.

Résultats et discussions

II.3. Analyses physicochimiques du fromage

L'analyse physicochimique est un outil important qui consiste à mettre à la disposition du consommateur des produits sains et loyaux. Les résultats de notre travail sont présentés dans le **tableau n° 11**.

Tableau n° 11 : Les résultats de l'analyse physicochimique des cinq fromages avant affinage.

Fromages	Matière grasse	Extrait sec total	MG/EST	normes
Ech 1 (10g)	22%	48 ,26%	45,26%	MG 21%
Ech 2 (20g)	21%	46%	45,61%	
Ech 3 (30g)	21%	41,44%	50,67%	EST 44%
Ech 4 (40g)	21%	41,97%	50 ,03%	
Ech 5 (témoin)	21%	45,80%	45,85%	MG/EST 45%

Pour les produits finis, on remarque que les valeurs de MG et l'EST varie d'un fromage à un autre, y compris ceux du témoin.

Concernant la matière grasse, les quatre échantillons (2, 3, 4 et 5) présentent une valeur conforme à la norme (21%) mais pour l'échantillon n°1 on remarque une légère augmentation de la MG (22%). Selon (**Gelais et Coll, 2002**), la matière grasse transporte des composés aromatiques liposolubles d'où sa contribution à la qualité sensorielle du fromage.

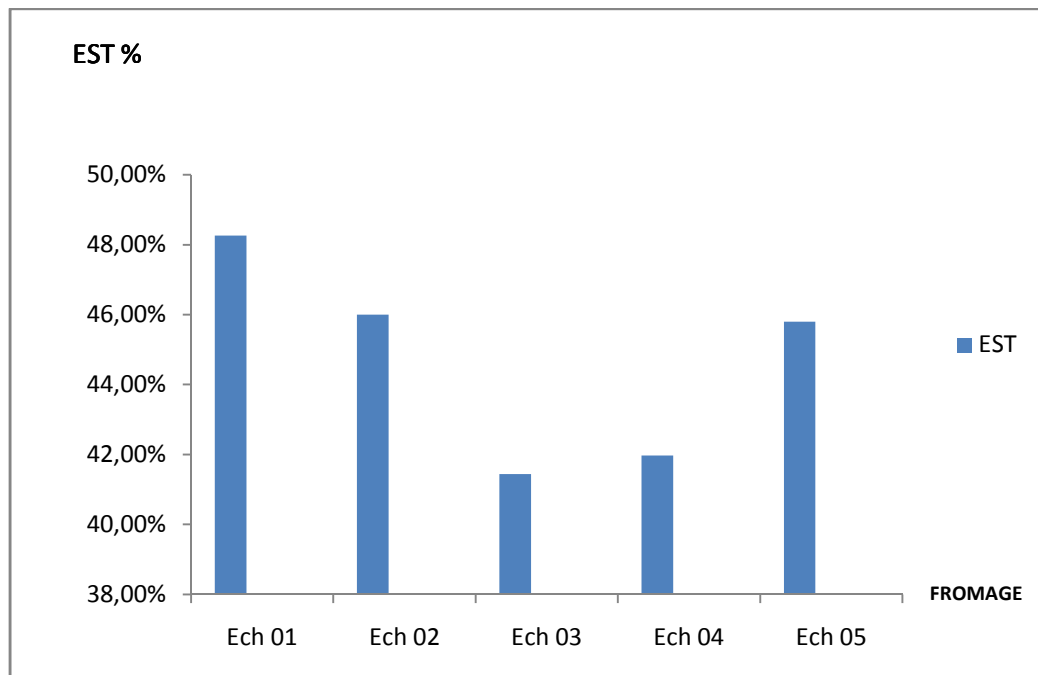


Figure 19 : variation des valeurs de l'extrait sec des 5 échantillons

La figure 19 montre les résultats de l'EST des 5 fromages fabriqués.

L'EST des échantillons 2 et 5 ont une teneur qui répond à la norme de l'entreprise 46% ; 45,80% respectivement. Quant à l'échantillon 1 il représente une hausse de la teneur en EST (48,26%). Mais pour les échantillons 3 et 4 ils ont une faible teneur en EST (41,44% 41,97%) respectivement.

Selon **RAMET, 1997**, en raison de l'hygrométrie inférieure à 100% on assiste toujours pendant l'affinage à une évaporation de l'eau vers l'atmosphère. Cette perte d'eau est en fonction de plusieurs paramètres : la teneur en eau totale, la surface spécifique (le rapport surface/volume), l'état de liaison d'eau (eau libre ou eau liée), la densité de la croûte, la vitesse de l'air et le temps de séjour dans les aloires.

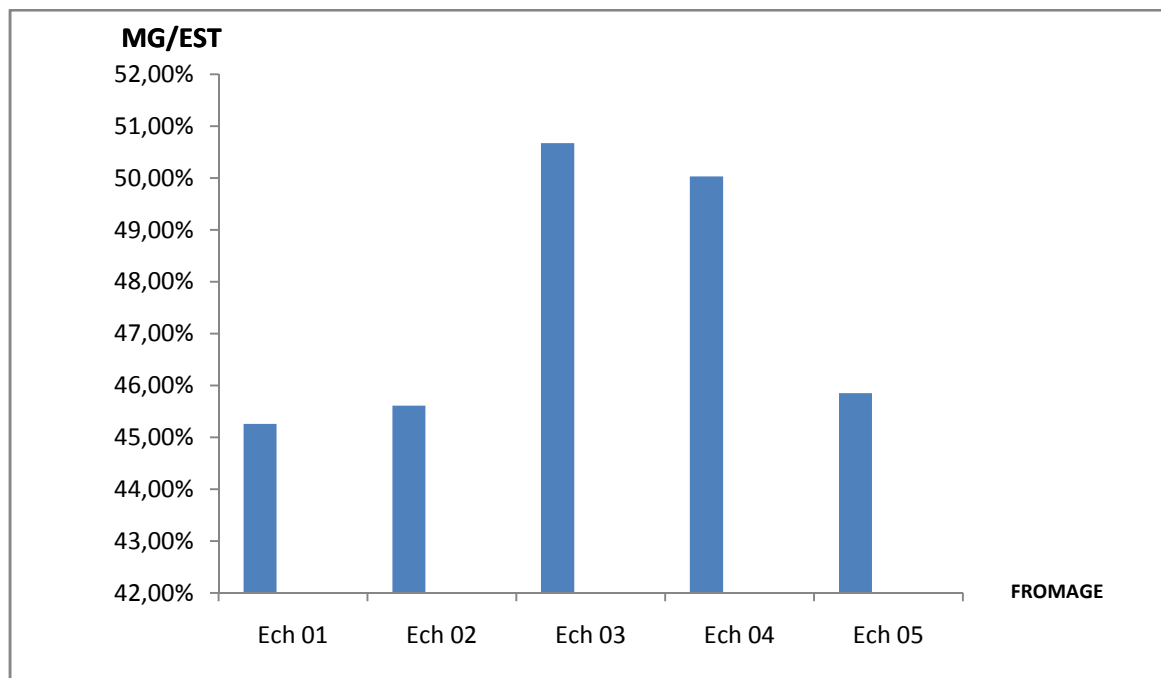


Figure 20: variation des valeurs du rapport MG/EST des 5 échantillons

Quand au rapport MG/EST, les échantillons 1, 2 et 5 sont dans les normes, mais pour les deux autres (3 et 4), ils présentent un rapport supérieur à la norme qui fixe une valeur de 45%. Cette augmentation est due à l'action de l'égouttage maximal qui a influencée sur la texture et le durcissement de nos échantillons.

En ce qui concerne le rapport MG/EST, qui est une caractéristique d'évaluation de la qualité des fromages, la détermination du rapport de la teneur en matière grasse sur la teneur en matière sèche a pour but de vérifier la conformité avec les indications de l'étiquetage qui est de 45% (**LEQUET, 1990**).

II.4. Analyse microbiologique du fromage

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



Figure 21 : hotte- poste de sécurité microbiologique équipée d'un matériel nécessaire pour dénombrement des groupes microbiens (originale 2018)



Figure 22: incubation des boîtes pétries ensemencées avec les C.T et C.F dans les étuves (originale 2018).

Les résultats obtenus ont permis d'évaluer l'état microbiologique des fromages avant l'affinage

Résultats et discussions

Tableau n° 12 : résultats d'analyses microbiologiques des produits finis

Fromage	Coliforme fécaux	Coliforme totaux	E. coli
Ech01 (10g)	04	80	Abs
Ech02 (20g)	03	65	Abs
Ech03 (30g)	07	90	Abs
Ech04 (40g)	09	90	Abs
Témoin	03	60	Abs

II.41. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (fromage épicé et celui de l'industrie) :

Selon **Larpent , 1990**, la présence des coliformes n'est pas obligatoirement une indication directe de la contamination fécale. Certains coliformes sont, en effet, présents dans les résidus humides rencontrés au niveau de l'équipement laitier.

La contamination du fromage est inévitable. Toutefois, les caractéristiques physicochimiques du fromage et les conditions d'affinage et de stockage déterminent les types de microorganismes de contamination (**BERGER et LENOIR, 1997**).

Une contamination déjà aperçue lors d'une étape de fabrication au niveau du matériel et/ou par une erreur de manipulation sachant que l'emballage du camembert s'effectue par un personnel dont l'hygiène est douteuse, il est en effet admis que le personnel des IAA locales ne se préoccupe pas de l'état de la salubrité de ses mains. **BOURGEOIS et All, 1996** estiment qu'il est évident qu'une mauvaise hygiène corporelle conduirait à la contamination. Le produit contaminé ne doit pas être commercialisé.

L'interruption de la chaîne du froid depuis la sortie du fromage des unités de fabrication, et lors de la livraison jusqu'à son arrivée pour le consommateur où les boîtes de camembert doivent être conservées à une température de 6°C. En effet selon **LEYRAL et VIERLING, 2001**, l'abaissement de la température d'un aliment ralentit la croissance des microorganismes qui le contaminent.

Résultats et discussions

La flore totale doit être contrôlée car la présence d'une charge excessive de micro-organismes peut provoquer une détérioration des caractères organoleptiques du produit (**Abdelhaoui, 1987**).

Les résultats nous permettent de constater qu'il ya persistance des germes totaux dans tous les fromages, mais avec des valeurs qui ne dépassent pas les normes et une absence totale des E.Coli.

Plusieurs facteurs interviennent dans la contamination du fromage (camembert) par E.coli qui ne peut être détecté qu'après 4 à 5 semaines d'affinage. L'acidification, la température de stockage, l'activité acidifiante des microorganismes de départ fait que le nombre d'E.coli diminue durant la maturation (**Letondeur et Lanhellec, 2000**).

Ces contaminations sont dues aux conditions de fabrication et l'ambiance de travail car les coliformes étant considérés comme des indicateurs d'une mauvaise conservation ou d'accidents de fabrication.

II.4.2. Dénombrement des coliformes totaux, fécaux et des E.Coli du lait de vache après pasteurisation :

Tableau n° 13: Analyses microbiologiques du lait de vache après pasteurisation

Paramètres	Lait après pasteurisation	Norme (JORA 1998)
C.T	Abs	<10³
C.F	Abs	Abs

La recherche des microorganismes indicateurs de contaminations permet de juger l'état hygiénique d'un produit.

Selon **ECK, 1997**, le matériel de transport et de stockage du lait contribue à la contamination de lait en lui apportant sans doute les mêmes types de microorganismes que le matériel de traite.

Cependant, une absence totale des C.T et C.F a été observée et ce pour le lait pasteurisé destiné à la fabrication de nos fromages qui sont dans les normes évaluées à (0 colonies). Cette situation nous renseigne sur la bonne qualité du lait. Cela s'explique par le passage du

Résultats et discussions

lait à la pasteurisation efficace et l'élimination totale de la flore fécale et totale (**Bourdjah, 2011**).

II.5. Les résultats d'analyse sensorielle

La qualité sensorielle des fromages dépend d'un grand nombre de facteurs, liés à la fois à la technologie de fabrication et aux caractéristiques chimiques et microbiologiques de la matière première mise en œuvre (ANONYME, 2006).

La méthode consiste à demander au sujet de noter l'intensité perçue pour chacune des caractéristiques sensorielles du produit préalablement défini, l'expression des résultats a été donnée en pourcentage de sujet ayant senti le même caractère. Ces résultats sont illustrés dans les tableaux en *annexe 4*.

L'analyse statistique a révélé une différence très hautement significative entre les différents dégustateurs ($P=0,00001$). Cette différence est peut être due aux doses de la poudre de cresson ajoutée aux fromages.

Les qualités organoleptiques des fromages dégustés sont illustrées dans les **figures 23, 24, 25, 26, 27 et 28**.

L'étude sensorielle des fromages fabriqués à différentes doses de poudre de cresson alénois, montrent que tous les paramètres évalués se rapportent à ceux du témoin (couleur : ivoire ; arôme : lactique ; goût : salé ; structure : onctueux ; dureté : mou ; degré d'affinage : forte), pour les fromages 10g, 20g et 30g, respectivement.

Par contre pour le fromage à 40g, on a obtenu des résultats différents de ces derniers (couleur : jaune pâle ; goût : torréfié ; arôme : acide ; dureté : dur ; structure : granuleux ; degré d'affinage: faible). Pour cela on peut déduire que la concentration de la dose de cette poudre a influencé sur ces paramètres.

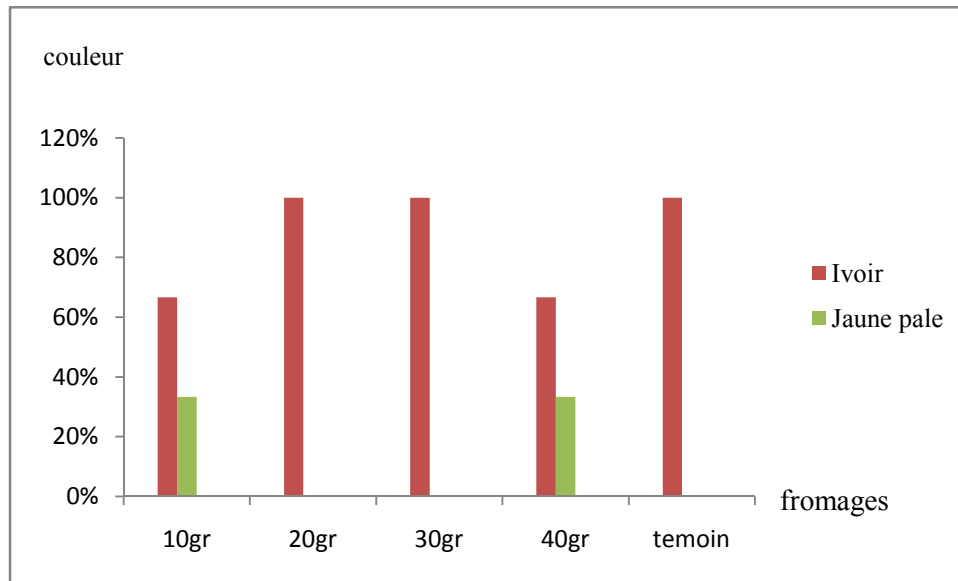


Figure 23 : couleur des fromages

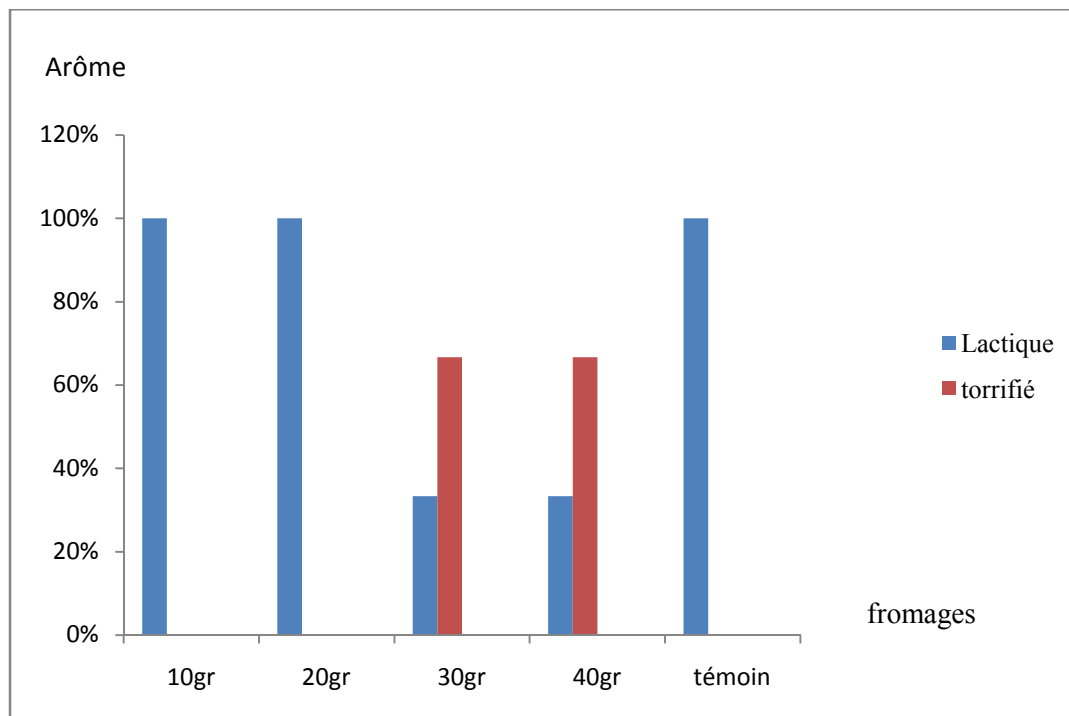


Figure 24 : arôme des fromages

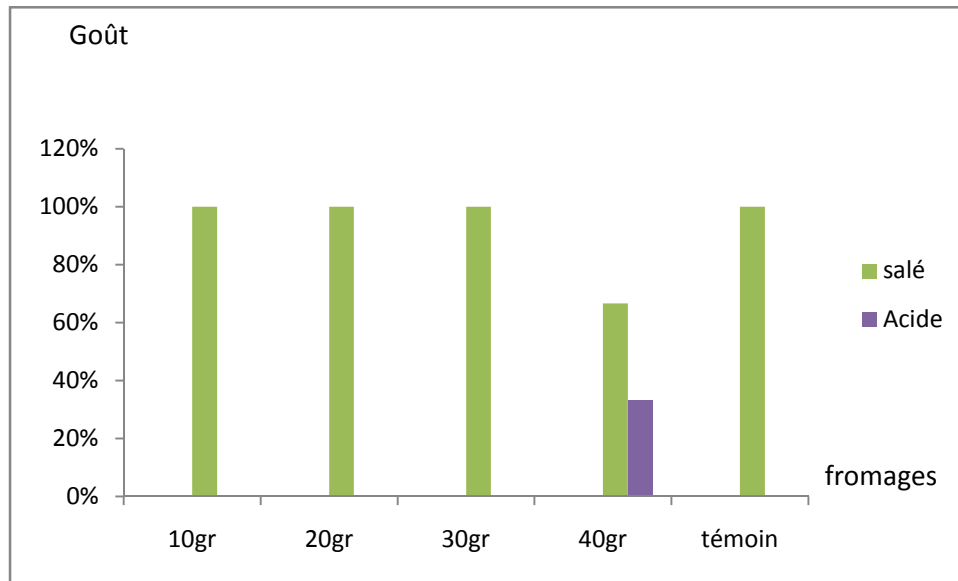


Figure 25 : goût des fromages

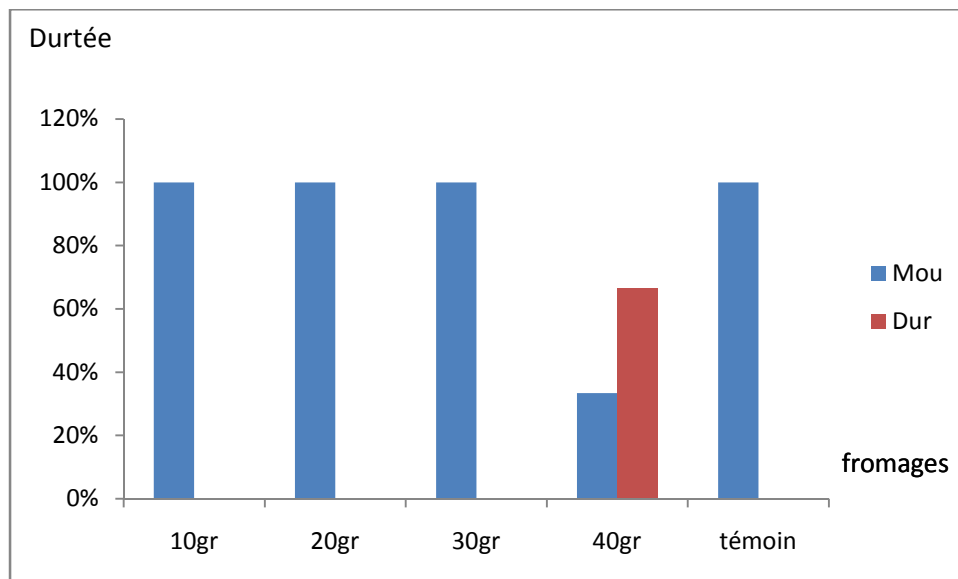


Figure 26 : dureté des fromages

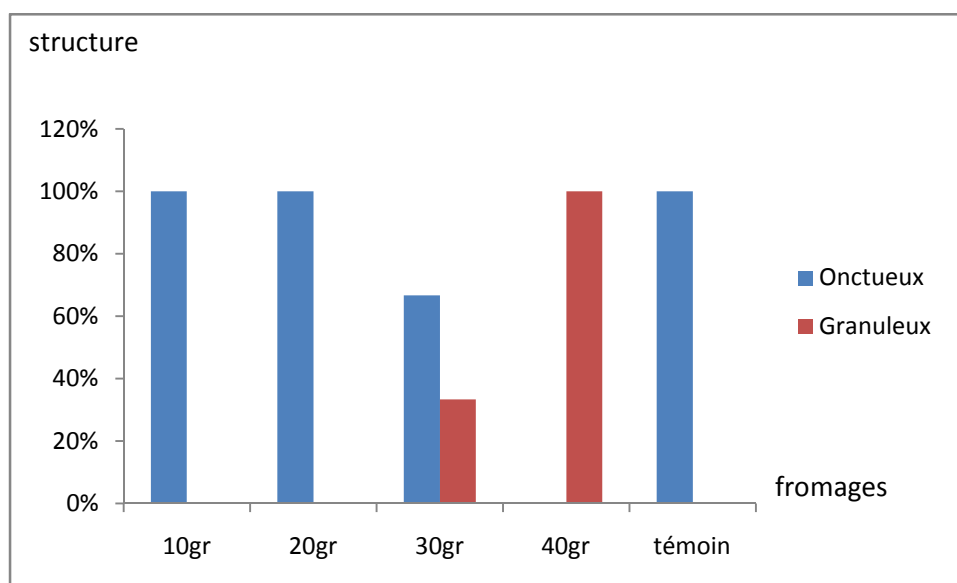


Figure 27 : structure de la pâte

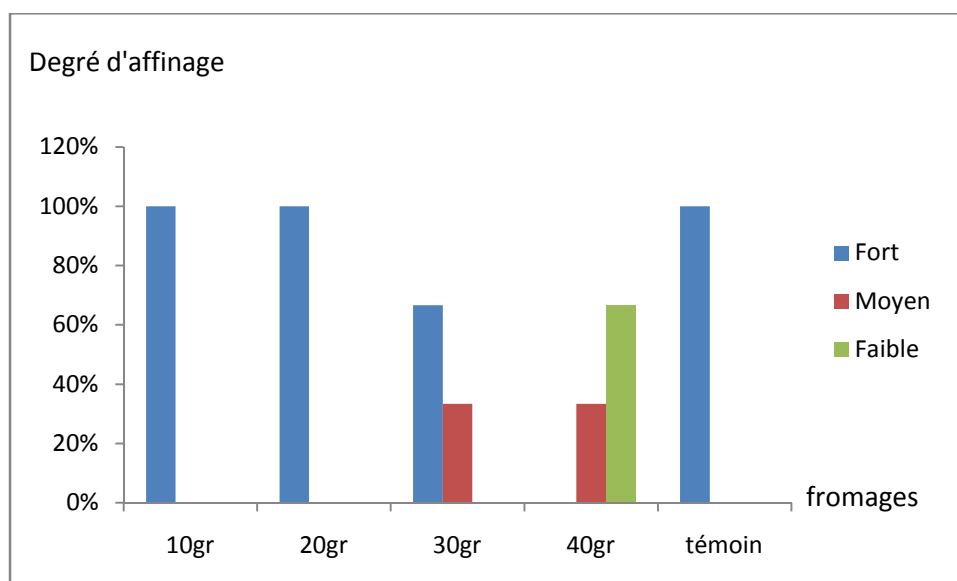


Figure 28 : degré d'affinage

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce travail, nous nous sommes intéressées à l'ajout de la poudre de cresson alénois (*lepidium sativum*) dans un aliment essentiel, qui est le camembert, lequel s'inscrit parmi les meilleures sources alimentaires de protéines ayant une digestibilité élevée. En conséquence, le présent travail constitue une contribution à une meilleure connaissance de la poudre de graines de cresson alénois (*lepidium sativum*) afin de promouvoir sa mise en valeur.

Également, notre étude consiste à un suivi du processus de fabrication du fromage à pâte molle de type «camembert», à base de lait de vache appliqué par l'unité « STLD ». Au cours de notre travail, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques (acidité, densité, test d'antibiotique) du lait cru destiné à la fabrication du fromage du produit fini « camembert » pour connaître leurs caractéristiques, ainsi que les analyses microbiologiques du camembert fabriqué (dénombrement de la flore totale et fécale ainsi les E.Coli) pour évaluer leur qualité microbiologique du produit fini.

L'analyse physicochimique de la poudre de la graine de cresson alénois (*lepidium sativum*) a donné les résultats suivants: une teneur en humidité de 20%, et 11,31% (pour une dilution 1/10 du folin) et 11,25% (pour une dilution 1/20 du folin) de poly-phénols. Ces teneurs sont conformes aux normes.

La teneur relativement faible en humidité 20% permet d'abaisser l'activité de l'eau et d'assurer un bon stockage du produit.

A la suite des différentes analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons du lait cru, nous avons obtenu des résultats conformes aux normes de l'entreprise (**Alais,1984 et Mietton et al,1994**), donc le lait cru utilisé dans la fabrication du camembert au niveau de l'unité est de bonne qualité et sur les échantillons du produit fini « camembert » nous avons obtenu des résultats conformes aux normes précisées par l'unité « STLD ».

A la suite des différentes analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons du fromage à pâte molle que nous avons fabriqué, les résultats obtenus montrent une charge moyenne en coliformes totaux (90 colonies au maximum), coliforme fécaux (9 colonies au maximum), et une absence totale des E.Coli.

La comparaison de ces résultats aux normes précisées par l'unité « STLD », nous permet de conclure que le fromage à pâte molle que nous avons fabriqué est de qualité hygiénique, et microbiologique acceptable et qu'il est de bonne qualité nutritionnelle.

Conclusion générale

Parallèlement, l'intérêt d'incorporation de la poudre de cresson alénois (*lépidium sativum*) ne se résume pas seulement dans l'activité anti-oxydante mais aussi d'apporter une amélioration gustative (goût aromatisé), ce qui va permettre aux consommateurs qui ne supportent pas le goût caractéristique des fromages au lait cru de vache d'en profiter de ses bienfaits.

Afin de savoir si l'incorporation des goûts aromatisés (poudre de cresson) ont été appréciés par les consommateurs, une évaluation sensorielle a été menée sur un panel constitué de 15 jurys, essentiellement, travaillant à l'unité « STLD ».

L'analyse sensorielle qualitative a montré que les fromages avec un grammage de 10, 20 et 30 gramme ont été les mieux appréciés par le panel de dégustateurs.

Toutefois, notre étude fait apparaître la complexité d'évaluer des fromages. Il faut tenir compte de l'aspect extérieur du fromage, de leur texture et de leurs couleurs. Un fromage s'évalue avec l'ensemble des sensations, il nous a fallu tenir compte de la texture séparément des autres critères, d'odeur, de saveur et de sensation rétro-olfactives.

A la lumière des résultats obtenus, il serait donc intéressant dans un prochain travail de compléter cette étude par :

- D'autres analyses physicochimiques de la poudre du cresson alénois (*lépidium sativum*) ;
- L'analyse microbiologique de la poudre de cresson alénois (*lépidium sativum*) ;
- D'un protocole expérimental bien établi et bien défini pour l'analyse sensorielle.

Références Bibliographiques

ABBAS A., DOBSON ADW. (2011). Yeasts and Molds | *Penicillium camemberti*. In: Editorin-Chief: John WF, editor. Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition). San Diego: AcademicPress. pp. 776-779.

ABDELHAOUI A. (1987). Analyses microbiologiques des produits laitiers, DES en microbiologies appliqué, Sétif.

AFNOR, 2000- Norme AFNOR XP V 09-500- « direction générale pour la réalisation d'épreuve hédonique en laboratoire d'évaluation sensorielle ou en salle de conditions contrôlées impliquant des consommateurs »- Aout 2000

AFNOR. (1985). Contrôle de qualité des produits laitiers-analyses physiques et chimiques, 3^{ème} édition : 107-121-125-167-251.

AI JABRI N. (2002). Gestion de la qualité dans la filière lait au Maroc. Thèse de magistère, CIHAM / IAMM. Montpellier, 66 p.

ALAIS C., LINDEN G. et MICLO L. (2008).Biochimie alimentaire, Dunod 6emeédition. Paris. Pp : 86-88.

ALAIS C. (1975).Sciences du lait. Principes des techniques laitières. Edition Sepaic, Paris.

Alais. (1984). Science du lait : Principe des Techniques laitières. Ed. Sep. Paris.

AOUADHI S. (2010). Atlas des risques de la phytothérapie traductionnelle étude de 57 plantes recommandées par les herboristes (TUNISIE).

ARABA A. (2006).Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA- Transfert de technologie en agriculture – Ministère de l'agriculture, du développement rurale et des pêches maritimes. Royaume du Maroc.

ARIF K., AMARITA F., SPINNLER H.E.et BONNAMERP. (2003). Catabolism of volatile sulfur compounds precursors by *Brevibacteriumlinens*and *Geotrichumcandidum*, twomicroorganisms of the cheeseecosystem. J Biotechnol 105: 245-253.

AUCLAIR J., ACCOLAS JP. (1983). Use of thermophiliclactic starters in the dairyindustry. Antonie Van Leeuwenhoek 49: 313-326.

BERESFORD T. et WILLIAMS A. (2004). The Microbiology of Cheese Ripening – Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition, Volume 1: General Aspects, Éd. Fox P., McSweeney P., Cogan T., Guinee T., Academic Press.

BERGERE J.L. et LENOIR J. (1997). Les accidents de fromagerie et les défauts des fromages, édition Tec & Doc, pp : 509-543.

BLANC B. (1982). Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. International dairy journal, 62. Pp : 350-395.

BOIS. (2004). Détermination de l'humidité. ED : AFNOR. 3P

BOUTONNIER J.L. (2008). Matière grasse laitière Composition, organisation et Propriétés. Dans Techniques de l'ingénieur, Traité Agroalimentaire (F 6320), Paris.

CAYOT P. et LORIENT D. (1998). Structures et Techno fonctions des Protéines du Lait. Edition Tec et Doc Lavoisier. Paris.

CERNING J., GRIPON J., C., LAMBRET G., LENOIR J. (1987). Les activités biochimiques de *Penicillium* utilisés en fromagerie. Lait 67: 3-39.

CHAMPIGNY P.L. (2011). Biocompatibilité des bactéries lactiques probiotiques et d'affinage avec des mycètes du camembert isolées de laits de terroir québécois, mémoire présenté à la faculté des études supérieures de l'université Laval, 90 pages.

DEBRY G. (2001). Lait, nutrition et santé. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.

DEFORGES J., DERENCE E., ROSSET R. et SERRAND M. (1999). Maîtrise de la chaîne du froid des produits laitiers réfrigérés. Edition Cemagref. Tec et Doc, Paris.

ECK A. (1984). Le fromage .technique et documentation. Edition Lavoisier, paris. Pp:101-249.

FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO Alimentation et nutrition n°28.

FELIX D. (1998). Evaluation sensorielle, manuelle méthodologique- deuxième édition- Edition. Lavoisier, pp 9, 106.

FERCHICHI M., HEMME D. et BOUILLANE C. (1986). Influence of oxygen and pH on methanethiol production from L-methionine by *Brevibacterium linens* CNRZ 918. Appl Environ Microbiol 51: 725-729.

FLEET GH. (1999). Microorganisms in food ecosystems. *Int J Food Microbiol* 50: 101-117.

FROC J., GILIBERT J., DALIPHAR T. et DURAND P. (1988). Composition et qualité technologique des laits de vaches Normandes et Pie-Noires. 1. Effet de la race. *INRA Prod.Anim.*, 1, 171-177.

GAUTIER J.A. (1961). Fiche techniques d'analyse bromatologique. Paris, société d'enseignement supérieur, p 365.

GELAIS-ST D., TIRAD C.P., BELONGER G., COUTURE R. et DRAPEAU R. (2002). Fromage in science et technologie du lait, transformation de lait. Edition, Vignola C. Ecole polytechnique de Montréal, Pp 599.

GORDON B. et LOISEL W. (1991). Dosage des protéines. Dans : Multon J.L., Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agronomiques. Vol 4, 2ème édition, Tec& Doc, Lavoisier, Paris.

GOURSAUD J. (1985). Composition et propriétés physico-chimiques. Dans Laits et Produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.

GOY D., HÄNI J.P., WECHSLER D. et JAKOB E. (2005). Valeur de la teneur en caséine du lait de fromage *Growth characteristics of Brevibacterium, Corynebacterium, Microbacterium, and Staphylococcus* spp. Isolated from surface-ripened cheese. *Appl Environ Microbiol* 73: 7732-7739.

GUIGNARD J. et DUPONT L. (2004). Botanique systématique. Masson, Paris. 13ième édition.

GUIRAUD J. et GALZI P. (1980). Les analyses microbiologiques dans les industries alimentaires. ED. Usine nouvelle, Paris.

GUIRAUD. (1998). Microbiologie alimentaire. Technique d'analyses microbiologiques. Ed, Dunod.

INGE. (1997). Lingerie centrée sur la- rapport issu des technologies clés, disponible au centre de documentation du ministère de l'industrie, de la poste et des télécommunications, 1997, pp 17-19, 29-49.

- IQBAL H., MONEEB R., ULLAH R., ZIA M., KHAN N., ALI KHN F. (2011) :** phytochemicals screening and antimicrobialactivities of selectedmedicinal plants of khyberpakhtunkhwapakistanafrikan journal of pharmacy and pharmacology vol, pp 746-750.
- JANSEN P. (2007).** PROTA Network Office Europe, Wageningen University, P.O. Box 341, 6700 AH Wageningen, Netherlands.
- JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCH.et BRULE G. (2007).** Science des aliments : Biochimie-microbiologie-procédés-produits, Vol 2 : technologie des produits alimentaires, Tech & Doc, paris, Pp456.
- JENCY M., CHAIRMANB B., ANITA R.J. et SHIFA J. (2013) :** international journal of pharmacy and pharmaceutical science, 634-637.
- KANDLER O. (1983).** Carbohydrate metabolism in lacticacidbacteria. Antonie VanLeeuwenhoek 49: 209-224.
- LARPENT J.P. (1990).** Lait et produits laitiers non fermentés. Dans Microbiologie alimentaire. (Bourgeois C.M., Mescle J.F.et Zecca J.) Tome 1 : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. Edition Tec et Doc. Lavoisier. Pp : 201-215.
- LAWRENCE RC., CREAMER LK., GILLES J. (1987).** Texture developmentduringcheeseripening. J DairySci 70: 1748-1760.
- LE JAOUEN J.C. (1993).** Guide national des bonnes pratiques en production fromagère fermière. Paris, 1 éd.: Institut de l'élevage.145-154.
- LECLERQC-PERLAT MN., BUONO F., LAMBRET D., LATRILLE E. et SPINNLER H.(2004).**Controlled production of Camembert-type cheeses. Part I: Microbiological andphysicochemical evolutions. J DairyRes 71: 346-354.
- LENOIR J., LAMBERT G., SCHMIDT J.L., et COLLETTE T. (1983).** Elaboration d'un fromage : Le camembert. Revue pour la science.
- LUQUET F. M. (1985).** Lait et produits laitiers - Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle à la laiterie. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris.
- LUQUET F.M. (1990).** Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. EtDoc., 2ième édition, Lavoisier, Paris.
- LUQUET. (1990).**lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre.Tome 2.Edition Technique et Documentation, Lavoisier, paris, France.

M.I.A.A. (2015). Le Marché des Industries Alimentaires en Algérie 2015. L'ESSENTIEL DE L'AGROALIMENTAIRE ET L'AGRICULTURE N°97 Novembre / Décembre 2015.

MADJI A. (2009).Séminaire sur les fromages AOP ET IGP.INAT. Tunisie.

MAHAUT M., ROMAIN J., BRUL G. (2000).Initiation à la technologie fromagère Tec & Doc, Lavoisier, paris. Pp :81-82-86-88.

MAHAUT M., JEANTET R. et BRULE G. (2000).Edition Technique et Documentation, Lavoisier, paris. Pp : 222-246.

MAHAUT M., JEANTET R. et BRULE G. (2000).Initiation à la technologie fromagère. Tec & Doc, Lavoisier, paris.

MAIRE R. (1967). La flore de l'Afrique du Nord. Encyclopédie biologique, Vol 12-13, Paris.

MAKHLOUF M. (2015). Performance de filière laitière locale par le renforcement de la coordination contractuelle entre les acteurs : cas de la wilaya de tizi ouzo, Algérie. Thèse de doctorat : agronomie option économie rurale. Tizi ouzo, UMMTO, 345p.

MARCHIN S. (2007). Dynamique de la micelle de caséines : caractérisation structurale. Thèse INRA/ AgrocampusRennesrie. Edition, AgroscopeLiebfeld-Posieux. Groupe de discussions Gruyère N°27f

MARTIN B. et COULON J.B. (1995). Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages.il influence des caractéristiques des laits de troupeaux et des pratiques fromagères sur les caractéristiques du reblochon de Savoie fermier, lait, 75, 133-149.

MATHIEU J. (1998). Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.

MATHIEU J. (1998).Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.

MIETTON B. (1990). Les technologies pâte molle et dérivés ; in « lait et produits laitiers,Vache, brebis, chèvres ». vol2 Ed.LUQUET, technique et documentation, Lavoisier, paris.

MINISTERIEL DU 30 MARS. (1994). Critères microbiologiques auxquels doivent satisfaire les laits de consommation et les produits à base de lait lors de leur mise sur le marché. *Journal officiel* du 21 avril 1994, 5883.

MIRANDA G. et GRIPON J.C. (1986). Origin, nature and technological significance of proteolysis in milk. *International dairy journal*, n°66. Pp:1-18.

MISTRY V.V., BROUK M.J., KASPERSON K.M. et MARTIN E. (2002). Cheddar cheese from milk of Holstein and Brown Swiss cows. *Milchwissenschaft*, 57, 19-23.

MORRISAY P.A. (1995). Lactose chemical and physicochemical properties dans : *Developments in dairy chemistry 3*. (FOX PF). Elsevier, London

MOUNIER J, REA MC, O'CONNOR PM, FITZGERALD GF, COGAN TM. (2007).

PETRANXIENE et LAPIED. (1981). la qualité bactériologique du lait et des produits laitiers. ED. Tec et Doc. .Lavoisier, Paris.

PIERRICK. (2013). Ce document intitulé « *Lepidium sativum* - Définition » issu de *Journal des Femmes Santé* (sante-medecine.journaldesfemmes.com), Réalisé en Collaboration avec des professionnels de la santé et de la médecine.

POUGHEON S. (2001). Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse doctorat d'état en médecine Vétérinaire, université Paul Sabatier de Toulouse, France.

RAMET J.P. (1985). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection FAO Alimentation et nutrition n°48.

REMEUF F., LENOIR J. et DUBY C. (1989). Etude des relations entre les caractéristiques physicochimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. *Lait* 69.

ROOSITA R., FIET GH. (1996). The occurrence and growth of yeasts in Camembert and blue-veined cheeses. *Int J Food Microbiol* 28: 393-404.

ROUDAUT H. et LEFRANCQ E. (2005). Alimentation théorique. Edition Sciences des Aliments.

SPINNLER HE., GRIPON JC. (2004). Surface Mould-Ripened Cheeses. In: Fox PF, McSweeney PL, Cogan TM, Guinee TP, editors. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 3rd ed. pp. 157-174.

ST-GELAIS D. TIRARD-COLLET P. (2002). Chapitre 6: Fromage; Vignola C, editor. Montréal: Presses internationales Polytechnique. 600 p.

TINGUELY. et PERDODET. (1990). Préparation du lait; in « lait et produits laitiers. Vache, brebis, chèvre ». Ed. LUQUET, Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

VIGNOLA C.L. (2002). Science et technologie du lait : Transformation du lait. Ecole de polytechnique de Montréal (Québec).

Site web :

<http://inpn.mnhn.fr>. Document téléchargé le 22 avril 2009.

<http://www.complements-alimentaires.com/cresson-alenois>.

<https://costus-santé.fr/produit/graines-de-cresson-pures/>.

<http://www.fao.org/docrep/004/T0755F/T0755F03.htm>

www.fao.org/input/download/standards/218/CXS_276f.pdf

Annexe 01

Tableau n° 14 : Matériels utilisés au niveau du laboratoire du socle Tamda e l'université Mouloud Mammeri Tizi ousou

Appareillages et Equipements	Verreries	Additifs et réactifs
- Etuve - Spectrophotomètre UV Visible - Dessiccateur - Bain marie - Agitateurs métalliques	- Eprouvettes graduée - Tubes à essais - Pipette 5, 10, 25 ml - erlenmeyers - béchers	- Méthanol - Acide gallique - Eau distillée - Folin-Ciocalteu

Tableau n° 15 : Matériels utilisés au niveau du laboratoire de la laiterie STLD de DBK

Appareillages et Equipements	Verreries	Milieux de cultures	Additifs et réactifs
-Bain marie - Balance de Précision -Butyromètre GERBER - Centrifugeuse - Dessiccateur - Hotte poste de sécurité - Bec benzène à alimentation de gaz - Etuve (30C°,44C°) - Réfrigérateur - lactoscanne - Thermo-lactodensimètre.	-Pipette pasteur - Flacon en verre - Capsule - Boites pétries en plastique - Béchers	- VRBL	- L'eau physiologique - Acide sulfurique - alcool iso-amylque - Hydroxyde de sodium - Phénolphtaléine - Alcool

Annexe 02

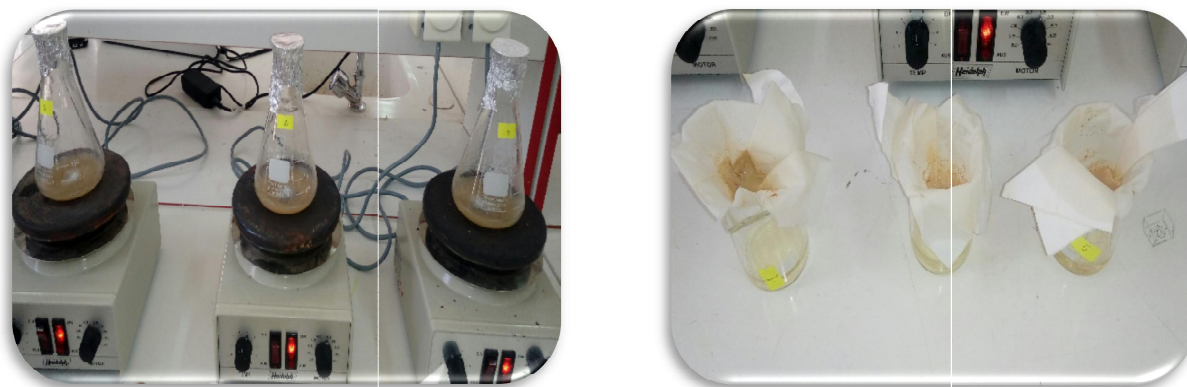


Figure 29 : préparation des filtrats à doser par le spectrophotomètre UV visible (originale 2018)

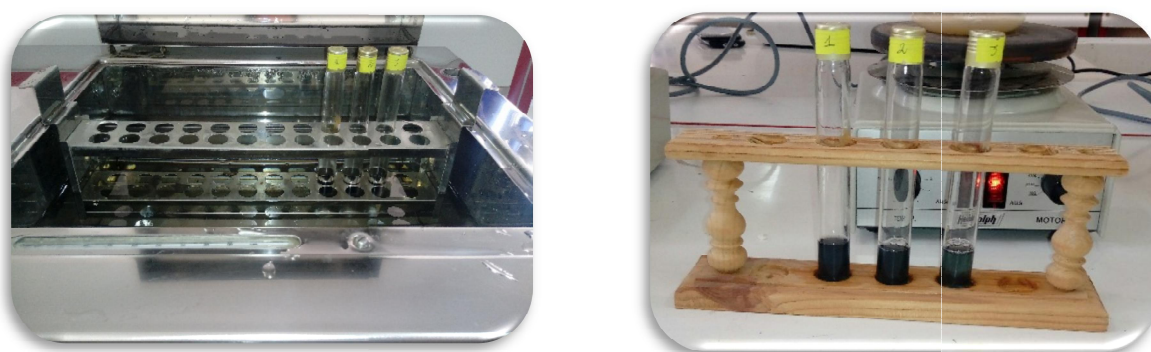


Figure 30 : les filtrats après l'ajout du Folin-Ciocalteu, incubés dans le bain marie (originale 2018)



Figure 31 : préparation de la solution mère du fromage (originale 2018)

Annexe 03

Fiche de dégustation

Sexe : Echantillon N° :

Couleur :

☐

Blanc,

☐

Ivoire,

☐

Jaune pâle,

☐

Jaune d'or,

☐

Jaune paille,

Arôme :

☐

Lactique

☐

Torréfié

☐

Animaux

☐

Arômes particuliers(humidité, cave, moisi, aigre)

Goût :

☐

Amer

☐

Sucré

☐

Salé (fromage normalement salé)

☐

Acide

Dureté

☐

Mou

☐

Dur

Structure

☐

Onctueux

de la pâte

☐

Granuleux

Degré d'affinage

☐

Faible

☐

Moyenne

☐

Fort

- Mou: par opposition à « dur » ;
- Dur : qui offre une résistance à la mastication ;
- Granuleux : qui présente des petits grains :
- Onctueux: homogène quant à la structure.

Annexe 04

Le taux d'humidité de la poudre du cresson alénois

$$M.S (\%) = S / E. 100$$

$$M.S (\%) = 4.5 / 5.100$$

M.S : matière sèche en %

S : masse de creuset taré après séchage

E : masse de la matière végétale

$$H (\%) = 100 \% - M.S$$

$$H (\%) = 100 \% - 80$$

$$H (\%) = 20\%$$

H : taux d'humidité en %

M.S: Matière sèche en %

Résumé

La présente étude vise à évaluer l'impact de l'ajout de la poudre du cresson (*lipidium sativum*) dans la fabrication d'un produit fini « le fromage à pâte molle à base de lait de vache ». C'est pourquoi au préalable, cette poudre a été identifiée par des analyses physico-chimiques. Nous avons réalisés des mesures relatives aux caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait utilisé comme matière première.

La fabrication du fromage a été réalisée dans de bonnes conditions (matière première, hygiène, ...) ce qui a permis d'aboutir à un fromage de qualité microbiologique, organoleptique et nutritionnelle intéressante et nos résultats sont conformes aux normes précisées par l'unité « STLD » où cette expérimentation a été réalisée.

Dans ce sens, une place est accordée à l'analyse sensorielle pour ce type de produit. L'analyse sensorielle consiste à étudier d'une manière ordonnée et structurée les propriétés d'un produit afin de pouvoir le décrire, de le classer ou de l'améliorer d'une façon extrêmement objective et rigoureuse. Un panel de 15 personnes a été utilisé. Les résultats obtenus laissent suggérer une possibilité de la production d'un nouveau fromage à pâte molle épicé à la poudre du cresson alénois (*lipidium sativum*).

Mots clés : lait de vache, fromage à pâte molle épicé, la poudre du cresson alénois.

Summary

The present study aims at evaluating the impact of the addition of the powder of cress (*lipidium sativum*) in the manufacture of an end product “the soft cheese containing cow's milk”. This is why, this powder was identified by physicochemical analyzes. We carried out measurements relating to the physicochemical and microbiological characteristics of the milk used like raw material.

The manufacture of cheese was carried out under good conditions (raw material, hygiene,...) what made it possible to lead to a cheese of microbiological quality, organoleptic and nutritional interesting and our results are in conformity with the standards specified by unit “STLD” where this experimentation was carried out.

In this direction, a place is granted to the sensory analysis for this type of product. The sensory analysis consists in studying in a way ordered and structured the properties of a product in order to be able to describe it, to classify it or improve it in an extremely objective and rigorous way. A panel of 15 people was used. The results obtained let suggest a possibility of the production of a new soft cheese spiced with the powder of garden cress (*lipidium sativum*).

Key words: cow's milk, soft cheese spiced, powder of garden cress.