

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'agronomie

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de
Master en Science de la nature et de la vie
Option : Transformation et conservation des produits agricoles

Thème

**Etude de la stabilité d'un fromage fondu au cours du
stockage réfrigéré au niveau de la laiterie-fromagerie de
BOUDOUAOU**

Réalisé par : Mr BRAHIMI Massinissa
Mr KAHIL Salim Abdeslam

Encadré par : Mme LAMMI S. Maitre assistante à l'UMMTO

Présenté devant le jury :

Président : Mr AMIR Y. Professeur à l'UMMTO
Examineurs : Mme REMANE Y. Maitre assistante à l'UMMTO
Mr FERDJI K. Chargé de cours à l'UMMTO

Promotion 2015-2016

Remerciements

Nous remercions le bon Dieu de nous avoir donné la volonté et le courage de réaliser ce travail

On commence par exprimer notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements à **Madame LAMMI S.** Maitre assistante à l'UMMTO, qui nous a honorés en acceptant de diriger notre travail, pour ses encouragements, ses conseils, sa disponibilité et surtout pour sa patience dans la correction de ce mémoire. On a été satisfait de votre qualité exceptionnelle de bonne enseignante. Merci de nous avoir guidés avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour les corrections de ce manuscrit. On ne peut que sincèrement vous exprimer notre respect et notre gratitude.

On tient à remercier **Mr AMIR Y.** Professeur à l'UMMTO, pour avoir accepté la présidence du jury de notre soutenance,

Mme REMANE Y. Maitre assistante à l'UMMTO et **Mr FERDJI K.** chargé de cours à l'UMMTO d'avoir accepté d'examiner et de juger notre modeste travail, qu'ils trouvent ici toutes nos expressions respectueuses.

Nos remerciements s'adressent également à tout le personnel de la Laiterie-Fromagerie de BOUDOUAOU, qui nous a permis de réaliser ce mémoire dans des conditions appropriées.

On leur souhaite beaucoup de prospérité

Dédicaces

Je dédie le fruit de ce modeste travail comme un geste de
gratitude à :

Mes très chers parents, qui m'ont soutenu, encouragé pour
que je puisse mener à bien mes études, et qui attendent ce jour
avec impatience.

Mes sœur.

Ma petite nièce : Ritege

Les familles : kahil et abdlaziz

Ma très chère amie : sofia

Mn binôme : massi

Mes enseignants et mes amies de l'étude. A tout ceux qui ont
contribué à la réalisation de
ce travail

Salim KAHIL

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents qui m'ont toujours soutenu aussi bien
psychologiquement que financièrement

A mes frères et sœurs : Aghiles, Kenza, Imane, Yousra

A toute la famille Brahimi

A mon Binôme : Salim

A tous les étudiants avec lesquels j'ai partagé ces longues
années d'études

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin a la
réalisation de ce mémoire

Massinissa BRAHIMI

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1
Revue bibliographique	
1. Généralités sur le fromage	2
1.1. Définition	2
1.2. Historique	2
1.3. Production et échange internationaux	3
1.4. Classification des fromages	4
2. Le fromage fondu	5
2.1. Définition	5
2.2. Historique et origine	5
2.3. Les différents types de fromage	6
2.4. Compositions et valeur nutritionnelle	6
2.4.1. Composition	6
2.4.2. Valeur nutritionnelle	6
2.5. Les constituants du fromage fondu	7
2.5.1. Les matières premières	7
a. Cheddar	7
b. Poudre de lait	7
c. Eau de process	8
d. Sels de fonte	8
e. Matière grasse végétale	9
f. Autres matières premières	9
3. Technologie du fromage fondu	11
3.1. Processus de fabrication	11
3.1.1. Nettoyage de la surface des fromages	11
3.1.2. Découpage et broyage du fromage de fonte	11
3.1.3. Pesage et mélange des ingrédients	11
3.1.4. Traitement thermique du mélange	11
a. Pasteurisation	11
b. Péptisation ou échange d'ions	11
c. Hydratation	12
d. Crémage	12
3.1.5. Conditionnement du fromage	12
3.1.6. Refroidissement	12
3.1.7. Etiquetage	12
3.1.8. Stockage et commercialisation	12

3.2. Les défauts de fabrication du fromage fondu	13
3.2.1. Défauts constaté au moment de la fonte	14
3.2.2. Défauts constaté durant le stockage du fromage fondu	16
3.2.3. Défauts d'origine microbienne	16
a. Gonflement	16
b. Défauts de saveurs	17
c. Autres défauts	17
3.3. Les microorganismes du fromage fondu	17
3.3.1. Les microorganismes pathogènes	17
3.3.2. Les bactéries témoins d'une contamination fécale	18
3.3.3. Les microorganismes altérant la qualité marchande	18
3.4. Les paramètres de contrôle de la qualité du fromage fondu	19

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1. Objectif de l'étude	21
2. Présentation de l'unité L.F.B	21
3. Protocole expérimentale	22
3.1. Echantillonnage	
a. Echantillonnage du cheddar et de la poudre de lait	21
b. Echantillonnage de l'eau de process	21
c. Echantillonnage des sels de fonte	22
d. Echantillonnage du produit fini conservé	22
3.2. Analyses microbiologique	22
a. Cheddar, poudre de lait, produit fini	22
b. Eau de process	29
c. Contrôle de l'ambiance	31
d. Contrôle du personnel	31
3.3. Analyses physicochimiques	31
a. Analyse de la poudre de lait	31
b. Analyse du produit fini et du cheddar	33
c. Analyse de l'eau de process	34
d. Analyse des sels de fonte	35

Résultats et discussion

1. Analyses physicochimiques	36
1.1. Analyse physicochimique du cheddar	36
1.2. Analyse physicochimique de la poudre de lait	37
1.3. Analyses physicochimique de l'eau de process	38
1.4. Analyses physicochimique des sels de fonte	40
1.5. Analyses physicochimique du produit fini stocké	41
2. Analyses microbiologiques	43
2.1. Analyse microbiologique du cheddar	43

2.2. Analyse microbiologique de la poudre de lait	44
2.3. Analyse microbiologique de l'eau de process	45
2.4. Contrôle du personnel	45
2.5. Contrôle de l'air ambiant	46
2.6. Contrôle de la stabilité microbiologique du produit fini conservé	47
Conclusion et perspectives	48
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

Abs : absence

FMAT : Flore Aérobic Mésophile Totale

L.F.B : Laiterie Fromagerie Boudouaou

Km: kilomètre

Kg: kilogramme

g: gramme

h: heure

ml: millilitre

C°: degrés Celsius

PCA: Plate Count Agar

UFC: unité formant colonie

BCPL : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol

D/C: double concentration

S/C : simple concentration

Min: minute

DLC: Date Limite de Consommation

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne

AFNOR : Association Française de Normalisation

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétra-Acétique

PH : potentiel d'hydrogène

≤ : inférieur ou égale

% : pourcentage

Liste des figures

Figure N° 1 : composition générale du fromage fondu	7
Figure N° 2 : diagramme de fabrication du fromage fondu	13
Figure N° 3 : schéma de l'échantillonnage effectué sur le produit fini conservé	22
Figure N° 4 : schéma de préparation des dilutions	23
Figure N° 5 : recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	24
Figure N° 6 : recherche de <i>Staphylococcus aureus</i>	25
Figure N° 7 : recherche de <i>Clostridium botulinum</i>	26
Figure N° 8 : dénombrement de la flore aérobie mésophile totale	27
Figure N° 9 : recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau	29
Figure N° 10 : résultats des analyses physicochimiques du cheddar	35
Figure N° 11 : résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait	37
Figure N° 12 : résultats des analyses physicochimiques de l'eau de process	38
Figure N° 13 : résultats des analyses physicochimiques des sels de fonte	39
Figure N° 14 : résultats des analyses physicochimiques du produit fini conservé	41

Liste des tableaux

Tableau N° 1 : principaux pays exportateur et importateur de fromage	2
Tableau N° 2 : influence des sels de fonte sur la qualité physicochimique et organoleptique du fromage fondu	9
Tableau N° 3 : défauts de fabrication du fromage fondu	14
Tableau N° 4 : défauts constaté durant stockage du fromage fondu	16
Tableau N° 5 : résultats des analyses physicochimique du cheddar	35
Tableau N° 6 : résultats des analyses physicochimique de la poudre de lait	36
Tableau N° 7 : résultats des analyses physicochimique de l'eau de process	37
Tableau N° 8 : résultats des analyses physicochimique des sels de fonte	39
Tableau N° 9 : résultats des analyses physicochimique du produit fini conservé	40
Tableau N° 10 : résultats des analyses microbiologique du cheddar	43
Tableau N° 11 : résultats analyses microbiologique de la poudre de lait	43
Tableau N° 12 : résultats des analyses microbiologique de l'eau de process	44
Tableau N° 13 : résultats des analyses microbiologiques du personnel	45
Tableau N° 14 : résultats des analyses microbiologiques de l'air ambiant	45
Tableau N° 15 : résultats des analyses microbiologique du produit fini stocké	46

Introduction

Aujourd'hui, l'industrie agro-alimentaire occupe une place importante dans le monde. Le consommateur recherche des aliments sains, faciles à préparer pour satisfaire ses besoins.

Le lait par sa grande qualité nutritionnelle, a toujours été considéré comme un aliment à part entière, mais sa consommation a souvent été limitée en raison de sa grande instabilité. L'irrégularité de la production, par son caractère saisonnier et la grande fragilité du produit a incité les producteurs à développer des formes d'apport des éléments essentiels du lait ; c'est ainsi que sont apparues les premières préparations fromagères (MAHAUT et *al*, 2000).

Le fromage constitue une forme ancestrale de conservation des protéines, de la matière grasse, ainsi que d'une partie du calcium et du phosphore, dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme ou presque par toutes les régions du globe.

Il existe une très grande variété de fromage, selon la nature du lait et les technologies mises en œuvre (MAHAUT et *al*, 2000). Le fromage fondu est une préparation beaucoup plus récente, qui a permis une stabilisation bien plus poussée des protéines laitières, tout en conservant plus ou moins l'aspect d'un fromage (BOUTONNIER, 2000).

L'une des préoccupations majeures de l'humanité depuis ses origines, a été de conserver ses aliments de façon à se nourrir en tout temps. Or les développements microbiens représentent le principal risque sanitaire d'une part, et la plus importante cause de détérioration des aliments d'une autre part (BOURGOIS, 1996).

Dans notre pays, la fabrication du fromage fondu est maintenant une industrie florissante. En matière de goût, de qualité, de texture et de composition, une large gamme de fromage fondu est élaborée. De plus, ce produit est très apprécié par le consommateur algérien, en particulier les enfants.

A cet effet, nous nous sommes intéressés à travers ce travail, au fromage fondu, fabriqué au niveau de la Laiterie - Fromagerie de BOUDOUAOU (L.F.B) et conditionné sous forme de portions ; par l'analyse de certains paramètres physicochimiques et microbiologiques du produit fini, prélevé à différentes intervalles à partir de la date de sa fabrication; dans le but d'évaluer sa stabilité au cours du temps.

Revue bibliographique

1. Généralités sur les fromages

1.1. Définition

Dans la conception traditionnelle, le fromage est le résultat de la coagulation du lait par un ensemble d'enzymes coagulantes, connues sous le nom de présure, suivie de l'élimination partielle du lactosérum (égouttage). Ce qui donne un caillé, qui est à l'origine du fromage (ECK et GILLIS, 1997).

Le fromage, selon la norme Codex, est le produit affiné ou non, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé et dans lequel, le rapport protéines de lactosérum/caséines, ne dépasse pas celui du lait (VIGNOLA, 2002).

1.2. Historique

La première occurrence de l'utilisation d'un fromage comme aliment est inconnue. Les ethnologues tiennent la preuve que l'homme connaît depuis longtemps le phénomène de coagulation du lait depuis la découverte, sur les rives du lac Neuchâtel, de moules à cailler datant de 5000 ans avant J-C.

Cependant, l'origine exacte de la transformation du lait en fromage est incertaine. On s'entend pour dire que le fromage serait originaire du Sud-ouest asiatique et daterait d'environ 8000 ans. Les romains auraient stimulé le développement de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 avant J-C. et 300 après J-C. Leur influence s'est reflétée dans l'étymologie. En effet, le mot latin *caseus*, signifiant fromage, est la racine qui donnera le mot caséine en français, nom qui désigne les protéines coagulables du lait (ST-GELAIS et TIRARD-COLLET, 2002)

1.3. Production et échanges internationaux de fromages

Les grandes régions de production des fromages se trouvent dans l'ouest de l'Europe (Basse-Normandie, pays de la Loire, Bretagne) et dans l'est (Lorraine).

Le commerce extérieur en 2007, est positif avec un solde de 352 000 tonnes. Les entreprises laitières françaises ont produit 1 897 000 tonnes de fromage (hors fromages fondus), les fromages au lait de vache représentent 91% des volumes produits, les fromages de chèvre 5% et les fromages de brebis 3%, ces proportions correspondent respectivement aux chiffres suivants :

- 1 722 000 tonnes au lait de vache (hors fromages fondu),
- 88 000 tonnes au lait de chèvre,
- 60 000 tonnes au lait de brebis.

Les exportations de fromages augmentent en 2007 de 4%, avoisinant les 600 000 tonnes. Ce commerce demeure avant tout européen avec 86,2%. Les importations n'augmentent quant à elles que de 3%, principalement vers 3 pays : Allemagne (28%), pays bas (23%), et Italie (18%).

Pour l'Algérie, la production locale du secteur laitier en général a augmenté de 24 %, ces dernières années. Les algériens ont un régime alimentaire riche en produits laitiers, ce qui explique que la production laitière est le principal segment du secteur de la transformation. Mais l'Algérie est loin d'être auto-suffisante en matières premières de produits laitiers. Les importations de fromage permettent de pallier aux besoins qui sont loin d'être satisfaits par la production locale (ANONYME₁, 2010).

Les principaux pays importateurs et exportateurs du fromage, en l'an 2002 sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : principaux pays exportateurs et importateurs de fromage (ANONYME₂, 2009)

Principaux importateurs	Importation en tonne en 2002	Principaux exportateurs	Exportation en tonne en 2002
Allemagne	427 443	Allemagne	502 012
Italie	298 871	France	497 040
Royaume-Uni	277 277	Pays-Bas	449 496
Belgique	230 027	Nouvelle-Zélande	260 099
Japon	198 245	Danemark	236 011
France	195 020	Australie	206 742
Etat unis	187 727	Italie	165 303
Pays-Bas	136 812	Belgique	128 780
Russie	129 301	Irlande	108 872
Espagne	111 272	Royaume-Uni	82 154
Danemark	77 507	Etats- Unis	55 260
Grèce	68 428	Suisse	49 907

1.4. Classification des fromages

Les fromages sont classés en six familles :

a. Fromages à pâte fraîche

Ce sont des fromages à égouttage obtenus par centrifugation ou filtration. Ils subissent essentiellement une fermentation lactique sous une action légère de la présure, ils ne sont pas affinés. Leur taux d'humidité est élevé. Il varie entre 70% à 75%.

b. Fromages à pâte molle

Ce sont des fromages obtenus par action de la présure, qui subissent un affinage après la fermentation lactique, mais dont la pâte n'est ni cuite ni pressée. L'égouttage est lent et réalisé par un simple découpage et éventuellement un brassage. Leur taux d'humidité est moyen et varie entre 50% et 55%.

c. Fromages à pâte pressée

Ce sont des fromages obtenus par l'action de la présure, qui subissent un affinage après la fermentation lactique, et qui sont obtenus par égouttage avec découpage du caillé, brassage et pression. Leur taux d'humidité est entre 45% et 50% ou entre 35% et 40% pour les pâtes cuites ou pressées.

d. Fromages à pâte persillée

Ce sont des pâtes demi-fermes : elles sont caractérisées par une coagulation assez rapide d'un laitensemencé, suivi d'un égouttage mécanique. Familièrement appelés «Bleu», ces fromages doivent leur nom à la moisissure qui persille leur pâte et leur donne cette saveur.

e. Fromages de chèvre

Les fromages de chèvre sont uniques. Ceci est dû à la saveur particulière du lait. On les trouve regroupés aussi bien en produits frais qu'en fromages moelleux ou au contraire, extrêmement secs, ayant donc subi des traitements très différents.

f. Fromages fondus

C'est le résultat de la fonte d'un ou de plusieurs fromages pressés ou à pâte cuite, ayant subi un traitement thermique avec addition éventuelle d'autres produits laitiers (lait liquide ou en poudre, beurre, crème) (LUQUET, 1990).

2. Le fromage fondu

2.1. Définition

C'est un produit obtenu par le mélange de fromages de différentes origines et à différents stades d'affinage avec des sels de fonte. Ce mélange est broyé puis chauffé sous agitation constante, jusqu'à l'obtention d'une masse homogène qui est conditionnée dans un emballage protecteur. L'incorporation d'autres matières d'origine laitières et d'ingrédients aromatiques est autorisée (ECK et GILLIS, 2006).

2.2. Historique et origine

Le fromage fondu est un produit laitier moderne, puisque il a été inventé en SUISSE vers 1910, par la société GERBER à Thun.

En 1911, la société suisse GERBER est la première qui a commercialisé un fromage fondu à base d'emmental. Un procédé inventé par WALTER Gerber et FRITZ Setter permet de transformer la pâte finement granuleuse en une émulsion stable. Le but est d'obtenir des fromages de longue conservation. Avec les dernières années de la grande guerre, commence alors l'industrialisation de ce nouveau type de fromage.

Quelques années plus tard (1917), des américains utilisèrent une solution d'un mélange citrates/ ortho phosphates, mélange qui facilitera la fonte du cheddar et permettra un développement important du fromage fondu aux USA. Simultanément, les frères Graf créèrent à Dole la première usine de fabrication de fromage en Europe. Mais ce n'est qu'en 1930 qu'un très grand progrès fut obtenu grâce à l'utilisation de poly phosphates de sodium linéaire ; ces sels de fonte vont permettre de fondre efficacement les fromages à pâte pressées cuites. Ceci est à l'origine du développement important du fromage fondu.

Actuellement, le fromage fondu est fabriqué dans le monde entier, dont environ la moitié aux USA. Au sein de l'union Européenne, 70 établissements produisent le fromage fondu selon des techniques ultramodernes. La France produit 10^5 tonnes dont 50% sont exportées vers 150 pays dans des destinations lointaines telles que le Moyen-Orient, l'Afrique et l'Asie (données 1995) (ECK et GILLIS, 2006).

2.3. Les différents types de fromage fondu

Selon CHEMACHE (2011), ces produits issus de la fonte de fromages peuvent être regroupés en cinq familles, classées ici par ordre chronologique d'apparition :

-Fromage fondu type bloc : le traitement thermique subi est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée et une bonne tranchabilité, comparable à celle d'un fromage classique. Sa teneur en matière sèche est élevée. Il est fondu partiellement ou totalement à partir de citrate de sodium ;

-Fromage fondu type coupe : Moins ferme que le bloc, il n'en est pas pour autant tartinable. Il contient trois à quatre points de moins de matière sèche que le précédent. Ce qui le rend plus

agréable à la dégustation. L'élasticité parfois recherchée, n'est pas toujours souhaitable en raison de la formation de fils qui rendent le conditionnement délicat sur les machines classiques.

-*Fromage fondu tartinable* : C'est le processus de crémage qui permet en partie de régler la consistance du produit fini et de lui conférer une certaine tartinabilité. Ces produits peuvent être aromatisés et conditionnés en emballages souples (portions) ou rigides (pot, barquette, tubes) ;

-*Fromage fondu toastable* : Il se présente généralement sous forme de tranche adaptée à une utilisation dans les *cheeseburgers*. Ce produit doit refondre rapidement sans carbonisation superficielle, comme une tranche d'emmental par exemple. Ce qui exige une préservation importante de la structure protéique des matières premières.

-*Fromage fondu thermostable* : A l'inverse du précédent, c'est un fromage fondu qui ne doit pas fondre lorsqu'on le soumet à une nouvelle source de chaleur. Il subit un crémage très poussé. Ces préparations peuvent être appertisées et, à des températures élevées. Les cubes de fromages fondus doivent rester intacts après la stérilisation.

2.4.Composition et valeur nutritionnelle

2.4.1. Composition

Selon ECK et GILLIS (1997), les fromages fondus sont de vrais bâtisseurs de l'organisme avec leurs protéines, sels minéraux, vitamines et éventuellement de la matière grasse.

❖ Protéines

Les fromages fondus sont des aliments très riches en protéines qui proviennent de la caséine modifiée dont une partie importante se trouve dégradée et solubilisée en oligopeptides et acides aminés.

❖ Glucides

Les fromages affinés sont particulièrement dépourvus de glucides car la faible quantité de lactose restant dans le caillé après égouttage est transformée en acide lactique au cours de l'affinage. Il en est de même dans les fromages fondus additionnés de lactose et d'acide citrique au cours de la fabrication.

❖ Lipides

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. Les lipides du lait (triglycérides, phospholipides) se trouvent dans le fromage sous forme d'émulsions. Ce qui les rend plus digestibles.

❖ Minéraux

Le fromage fondu apporte à l'organisme des minéraux comme le potassium, calcium, phosphate, magnésium et sodium.

2.4.2. Valeur nutritionnelle

D'après FEIBERG (2002), le fromage fondu comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles essentielles des produits laitiers qui le composent (figure N°01). Il apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire. Il ne nécessite aucune préparation. C'est un excellent moyen d'apporter à notre corps les éléments énergétiques et structuraux nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux et vitamines).

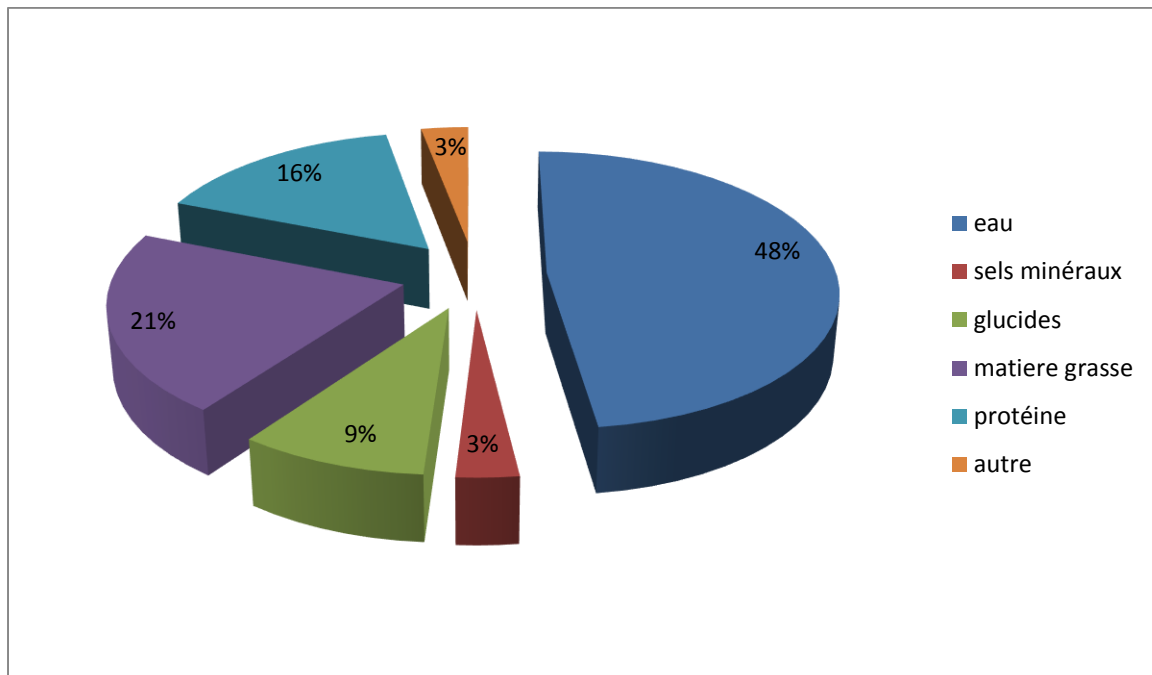


Figure N° 1 : Composition générale du fromage fondu (FEINBEG, 2002)

2.5. Les constituants du fromage fondu

2.5.1 Les matières premières utilisées

Les matières premières utilisées dans la fabrication du fromage fondu sont :

a. Le Cheddar (fromage de fonte)

Le cheddar est un fromage d'origine anglaise. C'est le plus fabriqué dans le monde, à partir de lait cru pasteurisé. Il se conserve pendant une durée allant de six semaines à trois mois.

C'est un fromage à pâte dure et de bonne conservation. Il se présente sous forme cylindrique ou en blocs parallèles de dimension et de poids variables. Il peut présenter une croûte dure et lisse de couleur allant de paille pale à paille foncée jusqu'à orange et peut être recouverte de cire enveloppée d'une toile (LUQUET, 1985).

b. La poudre de lait

C'est un produit laitier obtenu à partir d'un lait cru, ayant subi une déshydratation par la chaleur (180°C) ; permettant ainsi une longue conservation. La durée de conservation est environ 3 ans pour la poudre de lait écrémé, tandis qu'elle est de 6 mois maximum pour la poudre de lait entier (CAROLE et VIGNOLA, 2002).

On répartit les poudres de lait en trois groupes:

- La poudre de lait entier (26% de matière grasse) ;
- La poudre de lait demi-entier (22% de matière grasse) ;
- La poudre de lait écrémé (0% de matière grasse)

c. Eau de process

L'eau est l'un des paramètres physico-chimiques, jouant un rôle déterminant dans la fabrication de tous les produits alimentaires. L'humidité des fromages est généralement faible à cause de l'ajout des poudres. Par conséquent, l'eau va solubiliser et disperser les protéines et émulsionner les matières grasses. Cette eau doit être exempte de micro-organismes et de contaminants chimiques, tel que le nitrate (GERMAN, 1976).

d. Les sels de fonte

En 1929, la société JOHA.BENCKISER a déposé un brevet pour l'emploi de poly-phosphates dans la fabrication de fromage fondu. Ces sels sont actuellement réputés dans le monde entier et universellement appréciés.

Les sels de fontes sont des additifs de base employés dans la fabrication des fromages fondus. Ils permettent la réalisation du processus de la fonte. Ils agissent comme des émulsifiants et permettent de donner au produit fini une texture homogène (LUQUET, 1987).

Il existe plusieurs sels de fontes autorisés par la réglementation, qui contribuent à la diversification de la gamme des fromages fondus.

Actuellement, les types des sels de fontes utilisées sont le EMIPRO-90SS et 92BL. Ils ont l'aspect d'une poudre blanche hygroscopique, conditionnée en sachets de 25 kg, stockés dans des endroits secs. Ils présentent une bonne capacité d'échange d'ions et une forte réaction de crémage.

Le pH de EMIPRO-90SS est de 8,7 à 9,2 et est composé de poly-phosphates de sodium alimentaires. Le pH de EMIPRO-92BL est de 8,5 à 9,5 et est composé de phosphates et de poly-phosphates de sodium alimentaires (DANIMEX, 2002).

d1. Les propriétés des sels de fonte

➤ Le pouvoir complexant ou chélatant :

Les sels de fontes ont l'aptitude de fixer des cations pour former des complexes solubles. En effet, ils vont extraire le calcium du réseau protéique et permettre son «déverrouillage» sous une forme favorable à son hydratation. Les protéines débobinées vont jouer le rôle émulsifiant à l'interface des globules gras et permettre la formation de l'émulsion (BOUTONNIER, 2000).

➤ Le pouvoir tampon :

Ajuster le pH du fromage fondu constitue une étape importante dans le procédé de fabrication. Les différents sels de fonte permettent par leur pouvoir tampon, de maintenir le pH du produit à la bonne valeur.

➤ **Effet bactériostatique :**

Les phosphates possèdent un effet bactériostatique qui ralentit le développement des micro-organismes (ECK et GILLIS, 2006).

d2. Les différents sels de fonte

Il existe principalement trois types, qui influencent différemment la qualité du fromage fondu (LUQUET, 1990)

- ✓ Les ortho phosphates ;
- ✓ Les poly-phosphates;
- ✓ L'acide citrique.

Tableau N° 2 : Influence des sels de fonte sur la qualité physico-chimique et organoleptique du fromage fondu (BERGER, 1985).

Propriétés	Citrates	Ortho-phosphates	Poly-phosphates
Echange d'ion	+	+	++
Variation du pH	++	++	+
Crémage	0	0	++
Changement de la couleur	+	0	0
Influence sur le gout	++	+	0
Influence sur la conservation	0	0	++

0 : aucune réaction ; + : réaction normale ; ++ : forte réaction.

e. La matière grasse végétale

Selon ECK et GILLIS (1997), l'incorporation de matières grasses laitières est fréquente pour ajuster la teneur finale en matière grasse du produit et lui conférer des qualités organoleptiques, notamment aromatiques agréables. Elle se fait essentiellement sous forme de beurre, de crème, de matière grasse laitière anhydride ou autres présentations commerciales.

f. Autres matières premières

✓ **Colorants :**

Ils sont essentiellement utilisés pour conférer au produit une couleur jaune orangée. Il s'agit essentiellement de la bixine et de carotène (CHAMBRE et DAURELLE, 2006).

✓ **Hydro colloïdes :**

Il s'agit de polymères glucidiques utilisés pour améliorer la consistance, la stabilité et éviter toute exsudation d'eau. Parmi les gommes les plus utilisées : les carraghénanes, et les gommes xanthane (ECK et GILLIS, 2006).

✓ **Aromes :**

Certains fromages fondus sont aromatisés par l'apport d'ingrédients aromatiques d'origines animale (jambon, crustacés, poisson, crevette,...) ou végétale (épice, fruits, légumes,...) (ECK et GILLIS, 2006).

✓ **Les agents conservateurs :**

Sont des substances dont l'effet direct retarde ou empêche d'indésirables modifications microbiologiques dans les denrées alimentaires, en particulier leur altération

Selon BOURGOIS et COULDE (1996), on peut définir un additif conservateur comme une substance non consommée normalement en tant que denrée alimentaire, que l'on incorpore à un aliment en vue d'accroître sa stabilité dans la mesure où elle dépend des microorganismes.

Les conservateurs chimiques doivent assurer :

- L'innocuité de l'aliment par l'inhibition de la multiplication des micro-organismes pathogènes éventuellement présents (Salmonelles, *Clostridium*, Staphylocoques, moisissures diverses) et de la production de toxines, mais ne sont utilisés qu'avec des doses faibles, conformément à la norme.
- La stabilité organoleptique de l'aliment par l'inhibition des microorganismes d'altération.

Ils ne peuvent donc pas rendre sain un produit qui ne l'était pas, ni améliorer la qualité d'un mauvais produit, mais conserve les caractéristiques initiales de produit plus longtemps qu'à l'ordinaire. Ils sont particulièrement utiles pour allonger la durée de conservation des produits alimentaires.

Selon ECK et GILLIS (2006), ces conservateurs sont des agents anti-moisissures (acide sorbique, acide propénoïque, et leurs sels), et inhibiteurs des germes (nisine).

3. Technologie du fromage fondu

3.1. Processus de fabrication

3.1.1. Nettoyage de la surface des fromages

Cette opération consiste à un déshabillage manuel du bloc de cheddar de son film plastique puis se débarrasser évidemment, à l'aide d'un couteau ou grattoir, des moisissures qui se manifestent sur la surface (BOUTONNIER, 2000).

3.1.2. Découpage et broyage du fromage de fonte

Les fromages de fonte doivent subir un broyage. Cette technique s'effectue à l'aide d'une machine spéciale «broyeur». Le fromage sort du broyeur sous forme d'un long spaghetti (LUQUET, 1985).

3.1.3. Pesages et mélange des ingrédients

Une fois le broyage est terminé, les différents lots de fromages sont pesés et mis dans de grandes machines «cuiseurs», avec les autres ingrédients. Les sels de fonte pesés sont incorporés soit à l'état sec soit, sous forme de solution (LUQUET, 1985).

3.1.4. Traitement thermique du mélange

Le traitement thermique se fait dans des cuiseurs, avec un brassage simultané. Ces pétrins traditionnels à double parois assurent un chauffage par injection indirecte sous vide, réalisant ainsi une pasteurisation du fromage à 85-90°C pendant 5 à 10 minutes (LUQUET, 1985).

En terme physico-chimique, la fonte se caractérise par l'obtention d'une émulsion aussi stable que possible, selon des étapes :

a. La pasteurisation

C'est une opération qui consiste à chauffer les produits sous la pression atmosphérique à des températures inférieures ou égales à 100°C durant un temps précis par passage entre les plaques chauffantes. Cette méthode est appliquée à certains produits pour assurer momentanément la conservation sans altérer les caractères organoleptiques (odeur, saveur, couleur,...). La température utilisée est suffisante pour détruire les micro-organismes pathogènes (BRAINER *et al.*, 2007).

b. La péptisation ou échange d'ions

Le fromage naturel est constitué par un grand nombre de granules de caillé. Chaque caillé est un agrégat de caséine, obtenue par réticulation des molécules de paracaseinate, grâce à des ponts de calcium. Pour un échange d'ions (calcium-sodium), provoqué par les sels des fontes qui complexent le calcium et transforment le paracaseinate de calcium en paracaseinate de sodium, passant en solution homogène thermostable (BOUTONNIER, 2000).

c. Hydratation

Le processus d'hydratation ou de «gonflement» aboutit à une édification de la consistance. C'est à ce moment-là qu'a lieu la phase de «crémage».

d. Crémage

Le crémage est un phénomène physico-chimique caractérisé par une absorption d'une quantité d'eau au niveau de chaque particule protéique provoquant ainsi le gonflement et l'apaisement de la pâte et aussi, une modification des liaisons chimiques qui ont lieu pendant le chauffage (GAUCHERON, 2004).

3.1.5. Conditionnement du fromage fondu

Le conditionnement est réalisé à l'aide de machines à très grande vitesse (de plusieurs centaines de portions par minute). Ces machines emballent le fromage fondu, à chaud et le mettent dans des feuilles d'aluminium laquées. Ces portions sont emballées par la suite manuellement dans des boîtes en carton, contenant 8 ou 16 portions de forme triangulaires.

3.1.6. Refroidissement

Après le conditionnement, il y a la réfrigération. Les boîtes rondes en carton contenant les portions, sont disposées dans des cartons rectangulaires (ils portent environ 40 boîtes), qui seront placés dans des chambres de refroidissement, sous une température de 8 à 10°C.

Le refroidissement doit se faire rapidement, mais sans trop de brutalité pour éviter des condensations d'eau qui pourraient se produire à l'extérieur de l'emballage (LUQUET, 1990).

3.1.7. L'étiquetage

Selon GAILING et LOCH (2000), l'étiquetage est la première catégorie de mentions qui permet au consommateur, de connaître les principales caractéristiques du produit :

- L'indication du responsable de commercialisation du produit ;
- La DLC : date limite de consommation ;
- DLUO : date limite d'utilisation optimale ;
- Le mode de conservation et de préparation ;
- Indication de lot de fabrication et de la masse ou du volume ;
- Et enfin, la liste des ingrédients utilisés.

3.1.8. Stockage et commercialisation

Le stockage se fait dans des chambres à basses températures (4°C) pendant 1 à 2 jours et commercialisé par commande.

Le processus de fabrication du fromage fondu est résumé dans la figure 2 :

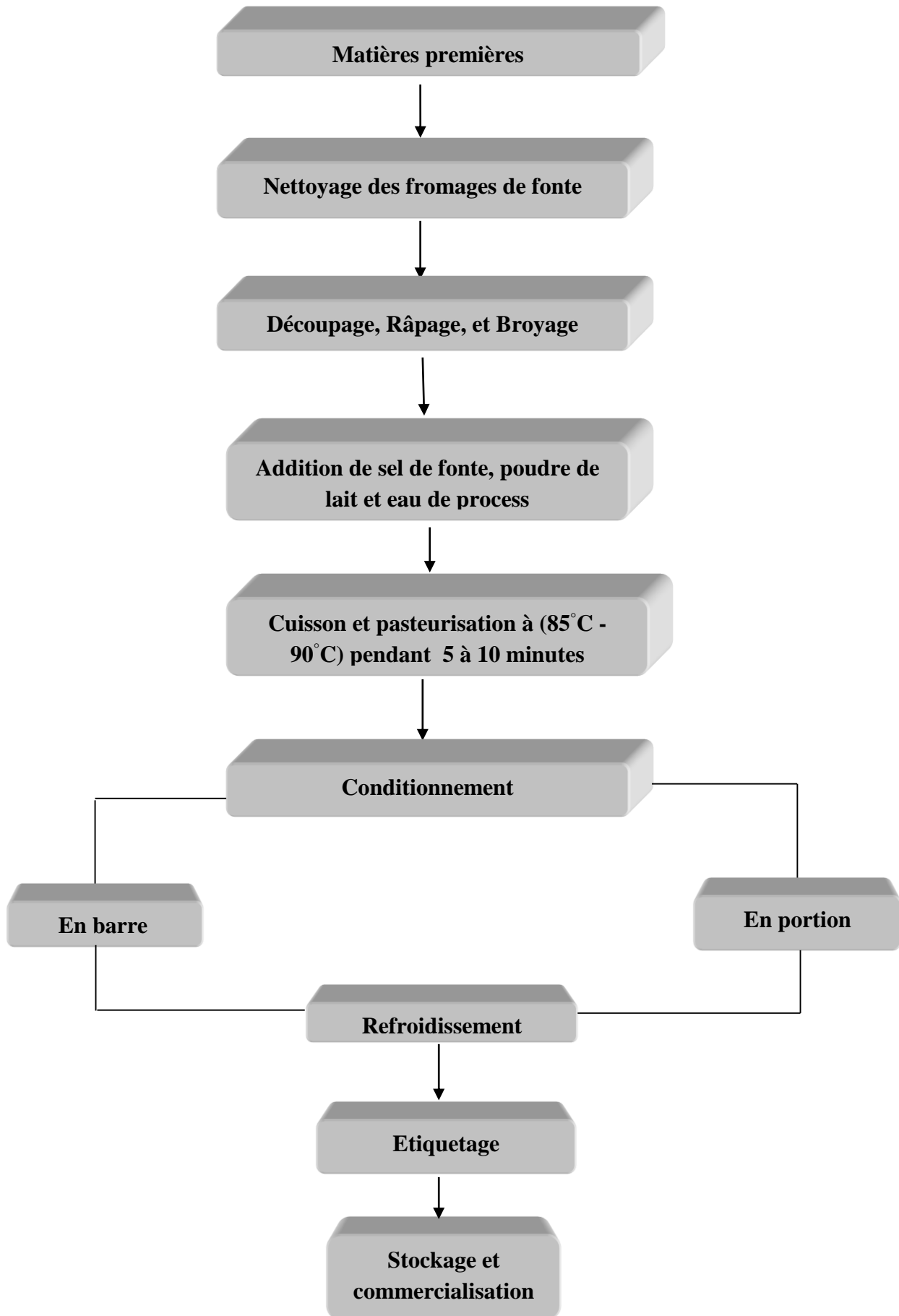


Figure 2 : Diagramme de fabrication du fromage fondu (LUQUET, 1990).

3.2. Les défauts de fabrication du fromage fondu

3.2.1. Défauts constatés au moment de la fonte

Les erreurs de la fabrication du fromage fondu et leurs corrections, sont représentées dans le tableau N° 3

Tableau N° 3 : Défaut de fabrication de fromage fondu (BERGER, 1985).

Aspect de la pate	Origine possible	Remède conseille
1. La pâte n'est pas homogène et apparait légèrement coagulée.	<p>-La valeur du pH est trop basse. On ne peut malheureusement pas dire de combien, car tout dépend de la matière première employée.</p> <p>Un emmental ; par exemple a une teneur en calcium plus grande et nécessite un pH plus élevé qu'un cheddar plus pauvre en calcium.</p> <p>-On a employé trop peu de sels de fonte ; là également, il est impossible de quantifier ce sous-dosage, car tout dépend du genre de fromage ; de son degré d'affinage ; de sa MG et de sa teneur en calcium.</p> <p>-Le temps de fonte a été trop court.</p>	<p>-Augmenter la valeur du pH.</p> <p>-Augmenter la dose de sels de fonte.</p> <p>-Augmenter le temps de fonte.</p>
2. Le fromage fondu est trop liquide	<p>-La matière première est trop jeune et n'arrive pas à crémer ou, à l'inverse, trop vieille et ne gonflera plus.</p> <p>-Le sel de fonte employé n'a pas les facteurs crémants voulus.</p> <p>-Le mélange contient trop d'eau soit par l'ajout ou par la condensation.</p> <p>-L'apport d'eau a été fait en une seule fois.</p> <p>-Il n'a pas utilisé de pré fonte.</p>	<p>-Si possible mélanger à la matière première jeune une autre moyennement affinée.</p> <p>-Changer de sel de fonte pour un autre crémant d'avantage.</p> <p>-Vérifier le décompte de l'eau et l'abaisser.</p> <p>-Faire l'ajout d'eau en 2 ou 3 fois.</p> <p>-Ajouter du pré fonte entre 3 et 8%</p>

<p>3. A l'ouverture du pétrin, la pâte est trop brillante et trop claire.</p>	<p>-La valeur du pH est trop élevée.</p>	<p>-Réduire la valeur du pH</p>
<p>4. A l'ouverture du pétrin, la pâte forme des fils au niveau du brasseur, défaut que l'on retrouvera au bec de la machine de conditionnement.</p>	<p>Mauvais crémage dû à : -Trop peu de pré fonte. -L'emploi d'un sel de fonte non adéquat. -Un sous-dosage en sel de fonte. -Une vitesse trop lente du brasseur. -Un ajout d'eau en une fois. -Une température de fonte trop courte.</p>	<p>-Augmenter la pré-fonte. -Choisir le sel de fonte approprié. -Augmenter la condensation des sels. -Augmenter la vitesse de brasseur. -Ajouter l'eau en 2 ou 3 fois.</p>
<p>5. A l'ouverture du pétrin, la pâte a l'aspect d'un pudding très épais.</p>	<p>-La pâte a subi un crémage trop violent, d'où sur-crémage. Après un stockage d'environ 4 semaines, on remarquera une exsudation d'eau.</p>	<p>-Réduire les sels de fonte de 0.2 à 0.3%. -Réduire la pré-fonte. -Réduire le temps de fonte. -Réduire la vitesse du brasseur. -Prendre des sels à crémage moyen.</p>
<p>6. A l'ouverture du pétrin, la pâte est relativement épaisse et apparait mal liée.</p>	<p>-La valeur du pH est trop faible.</p>	<p>-Augmenter la valeur de pH.</p>

3.2.2. Les défauts constatés durant le stockage du fromage fondu

Les défauts constatés durant le stockage sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° 4 : Défauts constatés durant le stockage du fromage fondu (BERGER, 1985).

Aspect de la pate	Origine possibles	Remède conseillé
1- Le fromage a un gout prononcé de fromage.	Cela tient la plus part des cas, à un emploi massif des fromages trop vieux, et/ou une valeur du pH très élevée.	-si possible, mélanger la matière première à un fromage plus jeune, réduire la quantité de sel de fonte, en remplaçant la différence par du citrate de sodium qui a la faculté de couvrir des goûts indésirables.
2. le fromage fondu présente des points blancs	-Cristaux de tyrosine provenant de l'utilisation de fromage trop affiné. -Emploi d'un sel de fonte qui n'est pas entièrement dilué, au moment du processus de fonte, ce qui provoque la formation des cristaux. -Trop ou trop peu de sel de fonte.	-L'apport trop important de fromage sur raffiné est à réduire. -N'employer que des sels de fonte à grand pouvoir de solubilité. -Ajuster la quantité de sels de fonte.
3. Le fromage fondu est parsemé de trous.	Soit de provenance bactériologique ou tout simplement un oubli de vide au moment de la fonte.	Faire très attention au vide et surtout l'actionner une minute avant la fin de la fonte.

3.2.3. Les défauts d'origine microbienne

On peut les classer en deux catégories :

- Les altérations se traduisant par un défaut de texture : le gonflement.
- Les altérations se traduisant par un défaut de saveur : amertume et goût de rance.

a. Les gonflements

C'est un accident de fabrication particulièrement grave. Il se traduit par la présence de nombreux yeux dans le fromage, principalement près de la surface. Les germes responsables sont divers. Assez rarement, il s'agit de bactéries coliformes ou de levures gênées par l'absence de lactose.

Plus souvent ce sont des sporulés anaérobies qui interviennent ; parmi lesquels, le *Clostridium tyrobutyricum*, capable de se développer à partir des lactoses.

Toutefois, la cause de gonflement la plus fréquente, reste encore la présence massive de bactéries propionique. Au-delà de 10 000 germes par gramme de fromage, le gonflement apparait et le produit évolue dans des conditions rappelant l'affinage du Gruyère.

Signalons enfin qu'on préconise, pour lutter contre le gonflement butyrique, l'addition au moment de la fonte, d'une culture sur lait de Streptocoques producteurs de nisine (ROGER et VEISSERE, 1979).

b. Les défauts de saveur

MAHAUT *et al.* (2000), signalent que ce type d'altération a plusieurs origines, parmi lesquelles celles d'origine bactérienne. Elles sont souvent dues au métabolisme de ces micro-organismes. En effet, certains germes (bactéries lactiques) produisent de manière tardive des enzymes lipolytiques et des enzymes protéolytiques. Les enzymes lipolytiques développent le goût de rance dans le fromage. Alors que les enzymes protéolytiques conduisent à un défaut assez fréquent : «l'amertume». Ce dernier est le résultat de l'accumulation de peptides de petite taille très hydrophobe, des acides aminés, ou des amides.

c. Autre défauts

MAHAUT *et al.* (2000), signalent qu'en général, ce sont les levures et les moisissures qui sont responsables de ces types d'altérations. Elles ne possèdent pas de pouvoir pathogène, mais leur développement, dans le fromage peut causer des altérations du produit. Principalement ce sont les gonflements qui se produisent, alors que certains genres d'altération se traduisent par l'apparition des odeurs, des couleurs, ou des goûts anormaux.

3.3. Les micro-organismes du fromage fondu

On peut les diviser en trois classes :

3.3.1. Les micro-organismes pathogènes

- **les Salmonelles**

Les bactéries du genre *Salmonella*, appartiennent à la famille des *Enterobactérieceae*. Bien que leur présence dans les produits laitiers pasteurisés soit rarissime, elles sont responsables de très graves toxi-infections alimentaires. Elles provoquent, le plus souvent une gastro-entérite d'évolution rapide ainsi que les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes (BOURGEOIS, 1990).

- ***Staphylococcus aureus***

Les Staphylocoques produisent un grand nombre de substances diffusibles, ou associées à la paroi «les entérotoxines» (JOFFIN et JOFFIN, 2003).

Bactéries commensale de la peau et des muqueuses des mammifères et des oiseaux. Synthétisent de nombreuses enzymes et toxines (entérotoxines), responsables de leur virulence. Mais elles sont détruites par une pasteurisation. Par contre, l'entérotoxine produite au cours de la multiplication du germe dans l'aliment est thermostable et peut être présente sous forme active dans les aliments. Alors que toutes formes viables de la bactérie ont disparu. C'est la toxine qui provoque l'apparition des symptômes (intoxination) (BRANGER *et al.*, 2007).

3.3.2. Les bactéries témoins d'une contamination fécale

- **Les Coliformes**

Témoins d'une contamination souvent d'origine humaine, responsable de gonflements et de mauvais goûts, ils peuvent aussi être responsables des toxi-infections causées par l'agent *Escherichia coli*.

- **Les *Clostridium* sulfito-réducteur :**

Les *Clostridium* correspondant à la famille des *Clostridiaceae*, Gram +, anaérobies stricts, commensaux de l'intestin, telluriques, réduisant les sulfites en sulfures (JOFFIN et JOFFIN 2003).

Ils peuvent poser des problèmes sanitaires par leurs pouvoirs pathogènes, ainsi que des défauts technologiques par leurs capacités à sporuler.

- a) *Clostridium botulinum*

Cette espèce est susceptible de contaminer des produits alimentaires, soumis à un processus de conservation inadéquat ; ce qui provoque chez l'homme et les mammifères une neuro-intoxication appelée botulisme (GUIRAUD et ROSEC, 2004)

- b) *Clostridium perfringens*

Ce sont les contaminants les plus fréquents des produits alimentaires tels que les fromages. Ils provoquent chez l'homme et l'animal une septicémie (GUIRAUD et ROSEC, 2004)

- **Les Streptocoques**

Selon AIT ABDLOUAHAB (2001), la présence des Streptocoques dans le fromage est un indice de contamination fécal, entraînant très souvent une très forte protéolyse.

3.3.3. Les micro-organismes altérant la qualité marchande

Ce sont les levures et les moisissures qui sont responsables de ce type d'altération. Dans le domaine laitier, on retrouve des levures nuisibles responsables de certaines dégradations détectées par des odeurs d'alcool, par un gonflement des emballages qui est dû à la production de gaz et par le limonage. Même si les levures ne sont pas pathogènes, la dégradation des aliments qu'elles causent est un indice de la présence d'autres micro-organismes pathogènes. Elle est certainement un indice de mauvaises pratiques et de fabrication (MANFRED et NICOLE, 2002).

La plupart des denrées alimentaires au cours de leur préparation et surtout au cours du stockage, sont susceptibles d'être détériorées par les moisissures. Parfois l'altération des denrées aboutit à une modification de la valeur nutritionnelle du produit, à l'apparition de saveurs indésirables, à une modification du caractère organoleptique

Les moisissures saprophytes contaminant les aliments, les dégradent au point de vue qualitatif. Certaines sont toxigènes et libèrent dans l'aliment des mycotoxines qui représentent un grave danger du point de vue sanitaire tel que les intoxications aiguës. (GUIRAUD, 1998).

3.4. Les paramètres de contrôle de la qualité du fromage fondu

Aujourd'hui, la qualité est l'objectif recherché dans tous les domaines ; le but vers lequel doivent tendre toutes les entreprises agro-alimentaires.

Certainement, pour avoir un produit fini qui satisfait bien le consommateur, il faut évaluer sa qualité en réalisant différentes analyses (BOUTONNIER, 2000).

Le contrôle est effectué à toutes les étapes de fabrication et du conditionnement.

➤ **Contrôle physico-chimique :**

Les contrôles physico-chimiques sont des contrôles qui consistent à surveiller les volumes, les doses et la température de stockage.

De plus, le contrôle de l'emballage, les proportions des ingrédients et le poids pendant toute la chaîne de fabrication jusqu'au stade de la commercialisation.

➤ **Contrôle bactériologique :**

Les contrôles bactériologiques sur les fromages visent :

D'une part, à vérifier l'absence des germes pathogènes et la présence en nombre limité de micro-organismes indicateurs d'hygiène.

D'autre part, à contrôler l'absence des germes d'incidences technologiques défavorables. Il s'agit des spores, des levures, ainsi que des micro-organismes tels que les coliformes, Staphylocoques et Salmonelles (BOURGEOIS et LEVREAU, 1990).

➤ **Contrôle organoleptique du produit fini :**

Les propriétés organoleptiques sont mentionnées dans l'ordre chronologique de jugement comme suit :

- L'apparence (forme, couleur) relevant de la vision.
- Flaveur (arôme et saveur) relevant de l'odeur et du goût.
- La texture (résistance à la mastication) relevant de la mastication (BOURGEOIS et LEVREAU, 1990).

➤ **Contrôle du personnel :**

Le personnel joue un rôle important dans la qualité microbiologique du produit fini. Ce rôle peut éventuellement être néfaste, par la transmission ou par la prolifération de micro-organismes par voie manuelle ou suite à des erreurs de manipulation, de stockage ou de nettoyage (BOURGEOIS et LEVREAU, 1990).

Matériel et méthode

1. Objectif de l'étude

Ce travail a pour objectif d'évaluer la stabilité d'un fromage fondu, par la mesure de certains paramètres physicochimiques et microbiologiques au niveau de la chaîne de fabrication et à différents intervalles de sa date de production.

A cet effet, nous avons adopté la démarche expérimentale suivante :

- Mesurer certains paramètres physicochimiques et microbiologiques au cours de la chaîne de fabrication du fromage fondu ;
- Effectuer des prélèvements sur le produit fini et réaliser différentes analyses.

Pour atteindre notre objectif, nous avons effectué un stage pratique d'une durée d'un mois et demie au niveau de la laiterie - fromagerie de Boudouaou (L.F.B) dans la wilaya de BOUMERDES.

2. Présentation de l'unité L.F.B.

a) Description de l'unité

La Laiterie-Fromagerie de Boudouaou (L.F.B) appartient au groupe industriel pour la production du lait (G.I.P.LAIT)

Cette unité a commencé sa production en 1978. Sous une ancienne appellation ONALAIT, elle s'étend sur une superficie de cinq hectares. Elle est située à l'entrée de la ville de Boudouaou « Wilaya de Boumerdes » à environ 40 km d'Alger.

b) Organisation administrative

L'effectif de la Laiterie Fromagerie de Boudouaou est de 320 agents répartis comme suit :

- Cadres dirigeants ;
- Cadres supérieurs ;
- Cadres moyens ;
- Maîtrise
- Exécution.

c) Production de l'unité

L'unité de L.F.B assure la production de :

❖ Lait de consommation

- Lait pasteurisé
- L'ben pasteurisé

❖ Produits laitiers

- Fromage fondu stérilisé
 - Boîtes de 200 g type ANP
 - Boîtes de 200 g type collectivités
- Fromage fondu pasteurisé
 - Fromage fondu en portion « boîtes de 8 à 16 portions »

- Fromage fondu en barre « boîte de 1 kg »
- Fromage à pâte pressée
 - Fromage type EDAM « boule de 1kg »
- Poudre de lait instantanée
 - Sachet de 200g
 - Sachet de 10g et 19g
 - Sachet de 250g

d) Capacité installée

❖ **Lait de consommation**

- Lait pasteurisé : 280 000 litres par jours (en 2x8h)
- L'ben pasteurisé : 20 000 litres par jour (en 2x8h)

❖ **Produits laitiers**

- Fromage fondu pasteurisé : 6 tonnes/jour (en 2x8h)
- Fromage fondu stérilisé : 5 tonnes/jours (en 1x8h)
- Fromage pâte pressée type EDAM : 2,8 tonne/jour (en 2x8h)
- Poudre de lait instantanée : 1,5 tonne/jour (en 2x8h)

3. Protocol expérimental

3.1. Echantillonnage

Au cours de notre étude expérimentale, les méthodes d'échantillonnage ainsi que les protocoles d'analyses physico-chimique et microbiologique utilisés, ont été tirées à partir des fiches techniques au niveau de L.F.B.

Dans les différents tests physico-chimique et microbiologique, nous avons pris 5 unités d'échantillonnage pour chaque produit analysé.

a. Echantillonnage du cheddar et de la poudre de lait

Le prélèvement du cheddar et de la poudre de lait se fait dans des conditions aseptiques et de manière aléatoire, à partir de 5 blocs pour le cheddar et de 5 sacs fermés pour la poudre de lait. Cela se fait au sein de l'atelier de fabrication du fromage, selon les étapes suivantes :

- Désinfecter la surface au niveau de la zone de prélèvement avec une flamme ;
- Enfoncez une sonde stérile dans le produit à proximité de la flamme ;
- Retirez la sonde et déposez l'échantillon dans un flacon stérile à l'aide d'un couteau stérile et toujours à proximité de la flamme ;
- On répète l'opération jusqu'à l'obtention d'au moins 25 grammes d'échantillons.

b. Echantillonnage de l'eau de process

Dans l'atelier de fabrication du fromage, le prélèvement de l'eau de process se fait comme suit :

- Désinfecter le robinet avec de l'alcool et par flambage ;

- Laisser couler un certain volume d'eau ;
- Prélever à proximité d'une flamme le volume désiré dans un flacon stérile.

c. Echantillonnage des sels de fonte

Dans des boîtes de pétri stérile, une certaine quantité de sels de fonte est prélevée.

d. Echantillonnage du produit fini conservé

L'échantillonnage du produit fini est effectué au niveau de la salle de stockage.

En vue d'évaluer la stabilité de la qualité microbiologique et physicochimique du fromage fondu, produit par l'unité L.F.B et conservé à 4°C, nous avons effectué des prélèvements à différents intervalles à partir de la date de sa fabrication, comme le montre le schéma suivant :

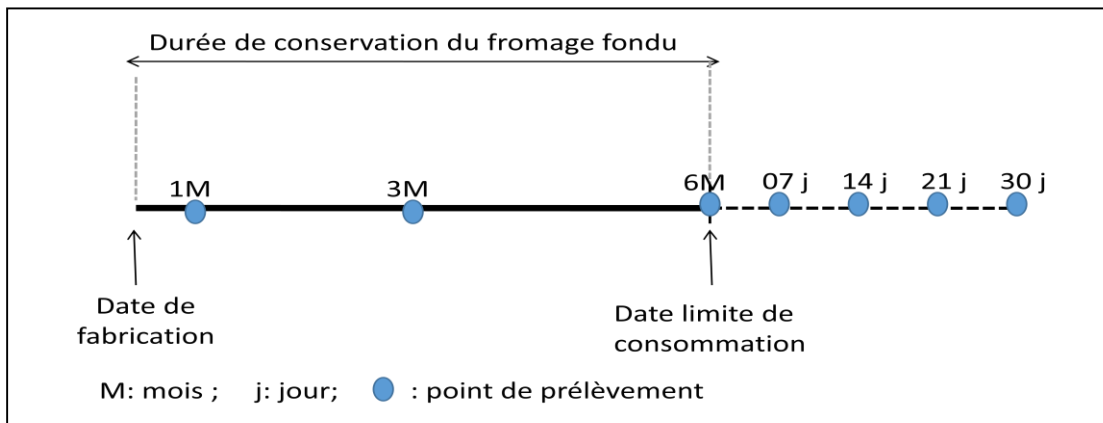


Figure N° 3 : Schéma de l'échantillonnage effectué sur le produit fini conservé à 4°C.

À partir des boîtes de fromage fondu qui correspondent aux dates déterminées, 05 portions ont été prélevées d'une façon aléatoire, pour subir les différentes analyses.

3.2. Analyses microbiologiques

a. Cheddar, poudre de lait et produit fini

➤ Préparation des dilutions

La préparation des dilutions pour les produits solides (cheddar, poudre de lait et produit fini) est réalisée comme suit (voir Figure N° 4):

- Introduire aseptiquement 25 grammes du produit à analyser dans un flacon contenant 225 ml d'eau physiologique stérile et bien homogénéiser ce mélange, pour obtenir une suspension mère qui correspond à la dilution 10^{-1} .

-A partir de la suspension mère, on prélève aseptiquement à l'aide d'une pipette Pasteur, un volume de 1 ml, qu'on introduit dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. Après homogénéisation, on obtient la dilution 10^{-2} . De la même façon on obtient la dilution 10^{-3} .

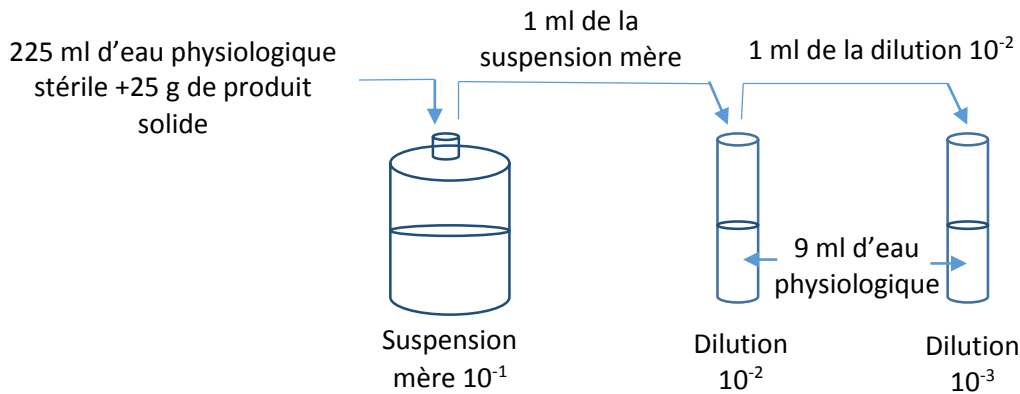


Figure N° 4 : Schéma de la préparation des dilutions

a1. Les germes recherchés

a1.1. Les coliformes

Les coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ils sont aérobies facultatifs. Ce sont des bactéries qui vivent principalement dans les intestins. La présence de ces bactéries hors intestin traduit une contamination fécale (LAURENT *et al.*, 1998).

- **Principe**

Les coliformes se distinguent des autres entérobactéries par leur aptitude à transformer le lactose. Leur détection consiste à incuber l'échantillon à 37° C pendant 24 à 48h. Pour cela, on utilise des milieux de culture contenant du lactose comme source de carbone et d'énergie.

- **Mode opératoire**

A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1 ml correspondant à une dilution dans une boîte de pétri vide et stérile préparée et identifiée à cet usage. Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose désoxycolate fondue puis refroidie à 45°C. Faire ensuite des mouvements circulaires en forme de 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger avec la gélose. Laisser solidifier sur la paillasse. Les boîtes seront incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures pour les coliformes totaux et à 44°C pendant 24 à 48 heures pour les coliformes fécaux.

- **Lecture**

Le résultat positif est traduit par l'apparition de colonies de couleur rouge cerise. On retient les boîtes contenant un nombre de colonies compris entre 30 et 300.

Les résultats sont exprimés en UFC par gramme de produit selon la formule suivante :

$$X=N.(1/D).(1/V)$$

X : nombre de germes par gramme de produit ;
 N : nombre de colonies ;
 V : volume de l'inoculum ;
 D : facteur de dilution.

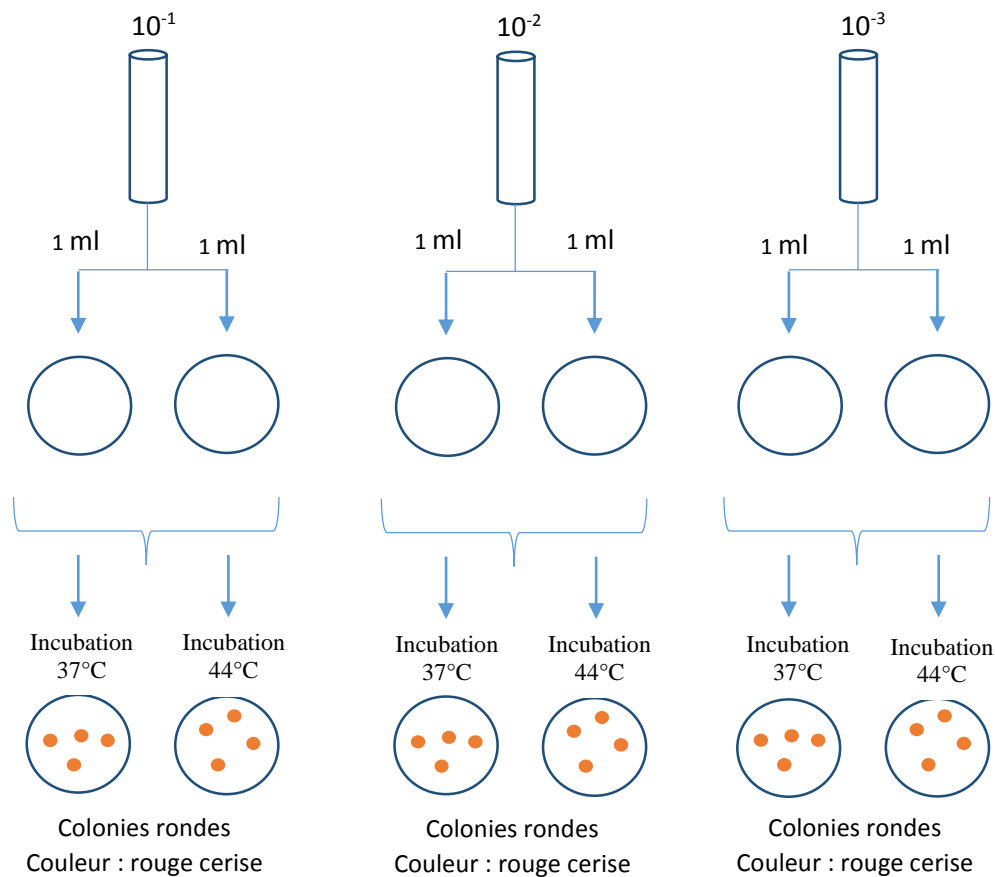


Figure N° 5 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (produits solides)

a1.2. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus appartient à la famille des *Micrococaceae*. C'est une espèce anaérobie facultative possédant une catalase. Cette espèce est aussi oxydase-, immobile et non sporulée (LAURENT *et al.*, 1998). Elle est capable de produire une enterotoxine, qui est l'agent causal des intoxications alimentaires (JOFFIN et JOFFIN, 2003).

- **Principe**

Selon JOFFIN et JOFFIN (2003), le dénombrement de *Staphylococcus Aureus* est réalisé sur milieu Baird Parker, qui contient du jaune d'œuf. Il est composé aussi de tellurite (dioxyde de tellure). Le tellurite est un inhibiteur dont le tellure noir sert d'indicateur.

- **Mode opératoire**

Transférer à l'aide d'une pipette stérile 0,1 ml des dilutions décimales à la surface de la gélose Baird Parker et l'étaler soigneusement. Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48 heures.

- **Lecture**

Le résultat positif est traduit par l'apparition de colonies noires (réduction de tellure) entourées d'un halo clair. Ce halo résulte de la protéolyse des protéines du jaune d'œuf. Les colonies de *Staphylococcus aureus* ont un aspect brillant.

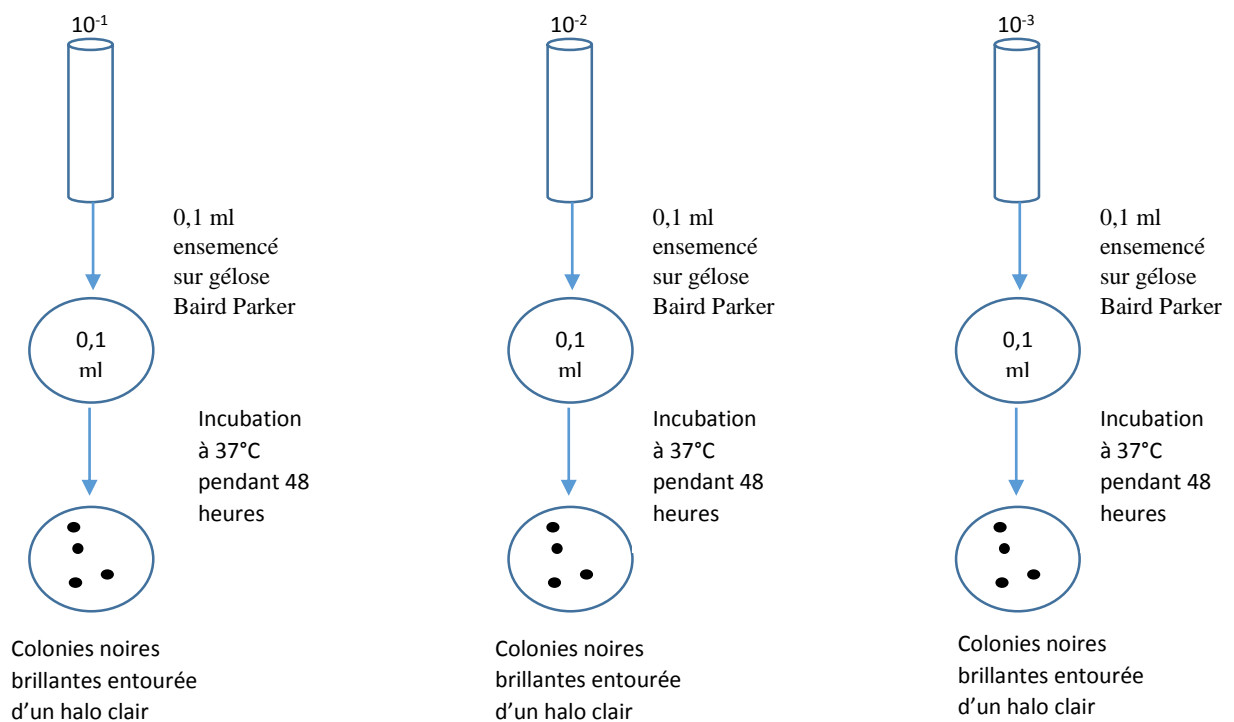


Figure N° 6: Recherche de *Staphylococcus aureus*

a1.3. Clostridium sulfito-réducteur

Les *Clostridium* sont de gros bacilles à Gram+. Ils sont anaérobies strictes et sporulés (LEYRAL et VIERLING, 2001).

Ces germes sont parmi les bactéries commensales de l'intestin, ou les bactéries saprophytes du sol. Ils sont considérés comme témoins de contamination fécale (JOFFIN et JOFFIN, 2003)

- **Principe**

La recherche des *Clostridium* sulfito-réducteur s'effectue par le dénombrement des formes sporulées. Le milieu sélectif pour la croissance de ces bactéries est la gélose viande-foie, additionnée d'alun de fer et sulfite de sodium. Les *Clostridium* sulfito-réducteurs ont la capacité

de réduire les sulfites en sulfure qui vont précipiter avec les ions de fer. Ce qui s'exprime par l'apparition de colonies noires.

- **Mode opératoire**

A partir de chaque dilution, on introduit 5 ml dans deux tubes vides et stériles et également 1 ml dans un 3^{ème} tube qui va être complété par la suite avec 4 ml d'eau physiologique stérile. Ces trois tubes sont portés au bain marie à 80°C pendant 10 minutes afin d'éliminer les formes végétatives et ne laisser que les spores. Les tubes sont aussitôt refroidis à l'eau de robinet avant de faire couler aseptiquement la gélose viande foie fondue et refroidie à 45°C, additionnée de 5 ml de sulfite de sodium et 2 ml d'alun de fer. Les tubes sont refroidis à l'air ambiant et incubés à 37°C pendant 72 heures.

- **Lecture**

Les colonies de clostridium sulfito-réducteur apparaissent de couleur noir. Le résultat s'exprime par le nombre de spores par ml ou g de produit.

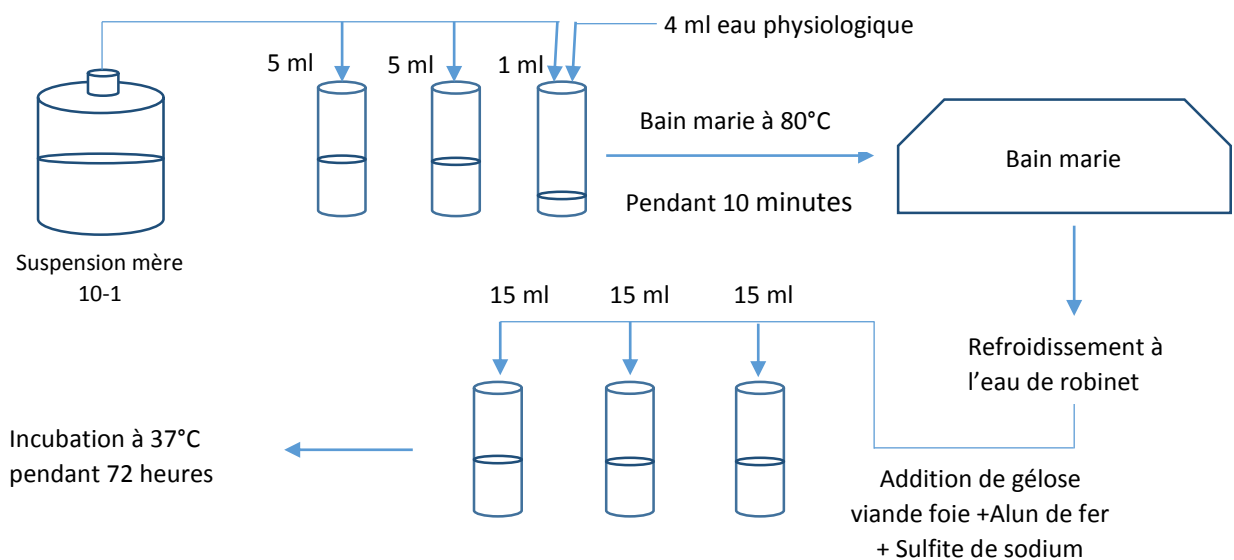


Figure N° 7 : Recherche des Clostridium sulfito-réducteur

a1.4. La flore totale aérobie mésophile

On compte tous les microorganismes présents dans l'aliment (JOFFIN et JOFFIN, 2003)

- **Principe**

Un volume connu de la suspension mère et de la dilution est incorporé dans le milieu solide PCA. On compte après étuvage à la température choisie, le nombre de colonies (JOFFIN et JOFFIN, 2003).

• **Mode opératoire**

A partir de chaque dilution décimale, porter aseptiquement 1 ml dans 3 boîtes de pétri stériles. Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose PCA fondue puis refroidie à 45°C. Faire ensuite des mouvements circulaires en forme de 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger avec la gélose. Laisser solidifier sur paillasse. Les boîtes seront incubées à 30°C pendant 72 heures.

• **Lecture**

Retenir les boîtes contenant un nombre de colonies compris entre 30 et 300. Les résultats sont exprimés en UFC par g de produit selon la formule suivante :

$$X=N.(1/D).(1/V)$$

X : nombre de germes par gramme de produit ;

N : nombre de colonies ;

V : volume de l'inoculum ;

D : facteur de dilution.

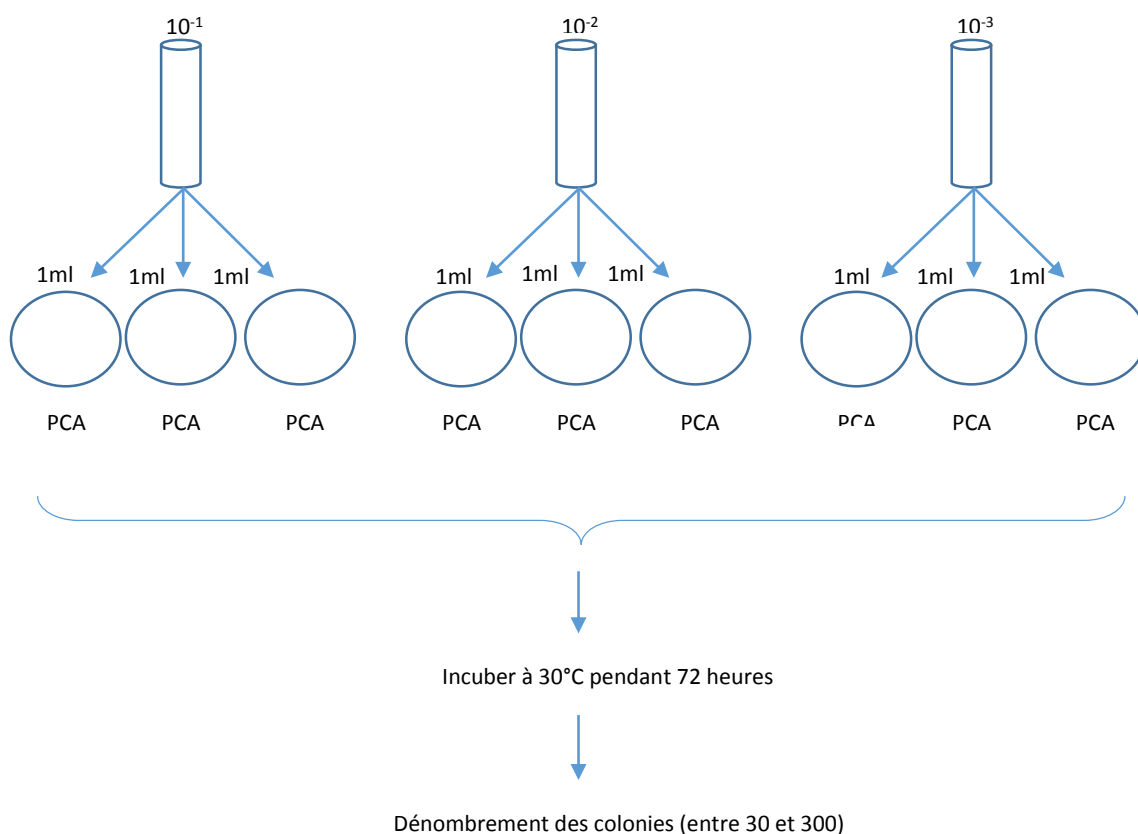


Figure N° 8 : Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.

b. Eau de process

L'analyse microbiologique de l'eau de process est la même que celle de la poudre de lait, cheddar et le produit fini. Sauf qu'il existe deux différences concernant la recherche et le dénombrement des coliformes.

b 1. Test de présomption des coliformes

- **Principe**

La recherche des coliformes totaux est réalisée sur le milieu B.C.P.L ; qui contient du lactose, peptone et pourpre de bromocresole. Ce dernier, joue le rôle d'un indicateur de pH. La production de gaz sera due à la fermentation du lactose qui s'accompagnera d'un virage de la couleur de l'indicateur (JOFFIN et JOFFIN, 2003).

- **Mode opératoire**

- Nous ensemençons 5 tubes à essai du B.C.P.L à double concentration (D/C) et on met dans chaque tube 10 ml d'eau à analyser.
- On prend 5 tubes de B.C.P.L à simple concentration (S/C) et on met dans chaque tube 1 ml d'eau à analyser.
- On met 50 ml d'eau à analyser dans un flacon de 50 ml de B.C.P.L.

Les flacons et les tubes sont munis d'une cloche de Durham. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

- **Lecture**

Le résultat positif est traduit par l'apparition d'un trouble bactérien accompagné d'un virage du milieu du violet au jaune et dégagement d'un gaz à 1/10 du volume de la cloche.

b 2. Test de confirmation des coliformes

- **Mode opératoire**

A partir d'un tube positif du test précédent, on prend aseptiquement 1 ml du contenu de ce dernier. On dépose ce volume dans un autre tube de B.C.P.L contenant une cloche de Durham. De la même façon, on introduit le même volume dans un tube contenant le milieu Schubert. L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures.

- **Lecture**

Le résultat positif est traduit par un dégagement du gaz (au moins 1/10 du volume de la cloche) et l'apparition d'un anneau rouge à la surface du milieu après l'addition du réactif du Kovac.

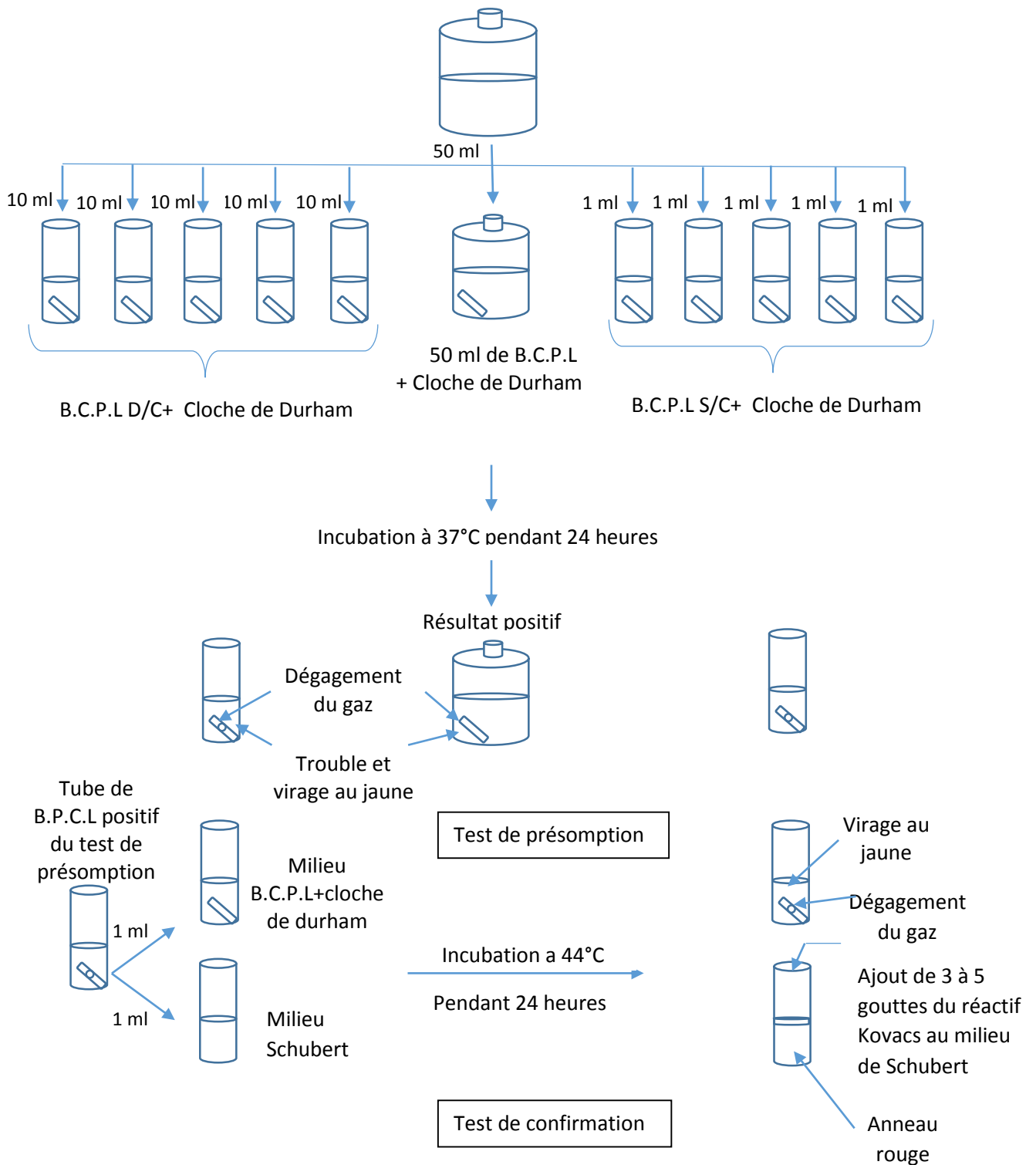


Figure N° 9 : Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau

c. Contrôle de l'ambiance

Le contrôle de l'ambiance, se fait par la disposition des boîtes de pétri ouvertes dans les locaux (conditionneuse, cuiseur). Les boîtes de pétri contiennent le milieu PCA utilisé pour cultiver la flore aérobique mésophile totale. Les particules en suspension dans l'air se développent par sédimentation à la surface des milieux. Après quelques minutes d'exposition à l'air, les boîtes sont fermées et incubées à une température de 30°C pendant 72 heures. Après étuvage les colonies sont dénombrées.

d. Contrôle du personnel

Le contrôle de l'hygiène du personnel manipulateur a été fait sur deux personnes qui sont en contact direct avec le produit : le manipulateur de la matière première (cheddar) et le manipulateur des boîtes avant le remplissage (emballage). Ce contrôle permet d'avoir une idée sur l'hygiène des manipulateurs.

L'échantillonnage est réalisé à l'aide d'écouvillons stériles humidifiés avec de l'eau physiologique. On fait passer les écouvillons sur la paume des mains, entre les doigts, les revers des mains et sur les extrémités des angles. Les écouvillons sont ensuite plongés dans l'eau physiologique stérile qui sera par la suiteensemencée.

3.3. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques sont réalisées sur toutes les matières premières utilisées pour la fabrication du fromage fondu, ainsi que sur le produit fini.

La méthode d'échantillonnage des matières premières et produits finis est la même que celle effectuée pour les analyses microbiologiques sans prendre en compte les conditions stérile

a. Analyse de la poudre de lait

Pour réaliser cette analyse, une solution de poudre de lait doit être préparée. Cette étape est appelée la reconstitution du lait.

➤ Préparation de la solution

On fait dissoudre 10g de la poudre de lait dans 100 ml d'eau distillée et on homogénéise. On laisse la solution au repos pendant environ 1 heure.

1. Mesure du pH

Le pH mesure l'activité chimique des ions H^+ en solution aqueuse. Il mesure aussi l'acidité ou la basicité d'une solution.

• Mode opératoire

Après étalonnage, on introduit l'électrode du pH mètre dans un bécher qui contient la solution de la poudre de lait.

- **Lecture**

La valeur du pH est indiquée directement sur l'écran du pH mètre.

2. Détermination de la teneur en matière grasse

Elle correspond au pourcentage en masse de lipides exprimé en grammes de produit.

- **Principe**

Cette méthode est basée sur la dissolution du lait sec, à l'exception de la matière grasse, par l'acide sulfurique sous l'influence de la force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une petite quantité d'alcool iso amylique. La matière grasse se sépare (AMARGILIOS, 1986).

- **Mode opératoire**

A l'aide d'une pipette, on introduit dans un butyromètre GERBER, 10 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4), puis on ajoute 11 ml de la solution en question et 1 ml d'alcool iso amylique. On ferme le butyromètre et on agite un peu et on procède à une centrifugation pendant 10 min.

- **Lecture**

Les traits repérés (A) et (B) coïncidant avec l'extrémité inférieure de la colonne de la matière grasse et le point le plus bas du ménisque en haut de la colonne de la matière grasse sont notés.

$$MG\% = B - A$$

A : lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de MG

B : lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de MG

3. Détermination de l'extrait sec total (matière sèche)

Selon CROGUENEC *et al.*, (2008), l'extrait sec total ou matière sèche est l'ensemble de toutes les substances (matières organique et inorganique) qui, dans des conditions physiques déterminées, ne se volatilisent pas. Il s'agit du produit résultant de la déshydratation (élimination de l'eau) d'un composé solide ou liquide.

- **Principe**

Cela consiste à faire évaporer l'eau d'une prise d'essai afin de déterminer par la pesée, la quantité de matière sèche restante après dessiccation totale de la prise d'essai. Elle est habituellement indiquée en pourcentage de masse (AMARGILIOS, 1986).

- **Mode opératoire**

On règle la température du dessiccateur à 65 °C puis, on pèse 1,2 g de la poudre de lait et on l'étale uniformément sur une coupelle déjà tarée. On ferme le dessiccateur et on le met en marche.

4. Détermination de l'humidité de la poudre de lait

C'est la teneur en eau. L'humidité de la poudre de lait peut être directement calculée à partir de la teneur en matière sèche selon la formule suivante :

$$H = 100 - MS$$

H : teneur en humidité

MS : teneur en matière sèche

b. Analyse du produit fini et du cheddar

1. Mesure de pH

- **Mode opératoire**

On introduit l'électrode du pH mètre dans le fromage qui ne doit pas être chaud, à une température de 20°C.

- **Lecture**

La valeur du pH est indiquée directement sur l'écran de l'appareil

2. Détermination de la matière sèche

On suit le même mode opératoire que celui de la poudre de lait. Mais la température de dessiccation du fromage dans ce cas est réglée à 80°C.

- **Lecture**

La valeur de la teneur en matière sèche est lue en pourcentage sur l'écran de l'appareil.

3. Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique de Van Gulik

- **Principe**

Après la dissolution des protéines du fromage par l'addition de l'acide sulfurique, il se produit une séparation de la matière grasse par centrifugation dans le butyromètre. Cette séparation est favorisée par l'ajout d'une petite quantité d'alcool iso-amylique (AMARGILIOS, 1986).

- **Mode opératoire**

Dans un système de pesage adapté à un bouchon approprié, on pèse 3 g du fromage puis on ferme le col du butyromètre de Van Gulik. On ajoute de l'acide sulfurique jusqu'à ce que la

prise d'essai soit immergée. On met l'ensemble dans un bain marie à 65°C pendant 5 minutes. On retire et on agite pendant 10 secondes.

On répète l'opération de chauffage et d'agitation jusqu'à la dissolution totale du fromage et on retire l'ensemble du bain marie. Après avoir additionné 1 ml d'alcool iso-amylique, on ajuste le volume avec l'acide sulfurique jusqu'au repère de l'échelle du butyromètre.

On agite puis on procède à une centrifugation (1500 tours/min) pendant 10 minutes.

- **Lecture**

La teneur en matière grasse de l'échantillon est exprimée en pourcentage de masse en g pour 100 g de fromage.

c. Analyse de l'eau de process

1. Mesure du pH

Suivre le même le protocole que celui des autre produits analysés, puis lire la valeur du pH directement sur l'appareil.

2. Détermination du titre hydrol métrique (TH)

- **Principe**

C'est la détermination de la dureté de l'eau qui est due essentiellement aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . Cette méthode consiste au titrage molaire des ions de calcium et de magnésium avec une solution (EDTA). Le noir érichrome est utilisé comme un indicateur coloré. Il donne la couleur rouge foncé ou violette en présence des ions de calcium ou de magnésium (AMARGILIOS, 1986)

- **Mode opératoire**

Dans une fiole contenant 50 ml d'eau à analyser, on introduit 2 ml de la solution tampon (TK 10) et deux gouttes de l'indicateur coloré erichrome. Si la couleur vire vers le bleu, on arrête l'opération et on peut déduire que $\text{TH}=0^\circ \text{F}$. Si la couleur vire le violet, on procède à une titration ave EDTA jusqu'au virage bleu.

- **Méthode de calcul**

La dureté de l'eau est donnée en mol/L. selon l'équation suivante :

$$\text{TH} = 1000 * \text{C} * \text{V1} / \text{V2}$$

V1 : volume de la solution EDTA

V2 : volume de l'eau à analyser (50 ml)

C : concentration de la solution EDTA

d. Analyse des sels de fonte

1. Mesure du pH

• **Principe**

Le principe de cette méthode est basé sur la mesure du pH qui détermine l'acidité d'une solution renfermant 1 g de sel de fonte, entièrement dissout dans 100 ml d'eau distillée (AMARGILIOS, 1986)

• **Mode opératoire**

Dans une fiole, on fait dissoudre 1 g de sel de fonte dans 100 ml d'eau distillée et on agite la solution à l'aide d'un agitateur. Pour la mesure du pH, on prend une quantité de cette solution dans un bécher et on introduit l'électrode en verre du pH mètre

• **Lecture**

La valeur du pH est lue directement sur le pH mètre

Résultats et discussions

1. Analyses physicochimiques

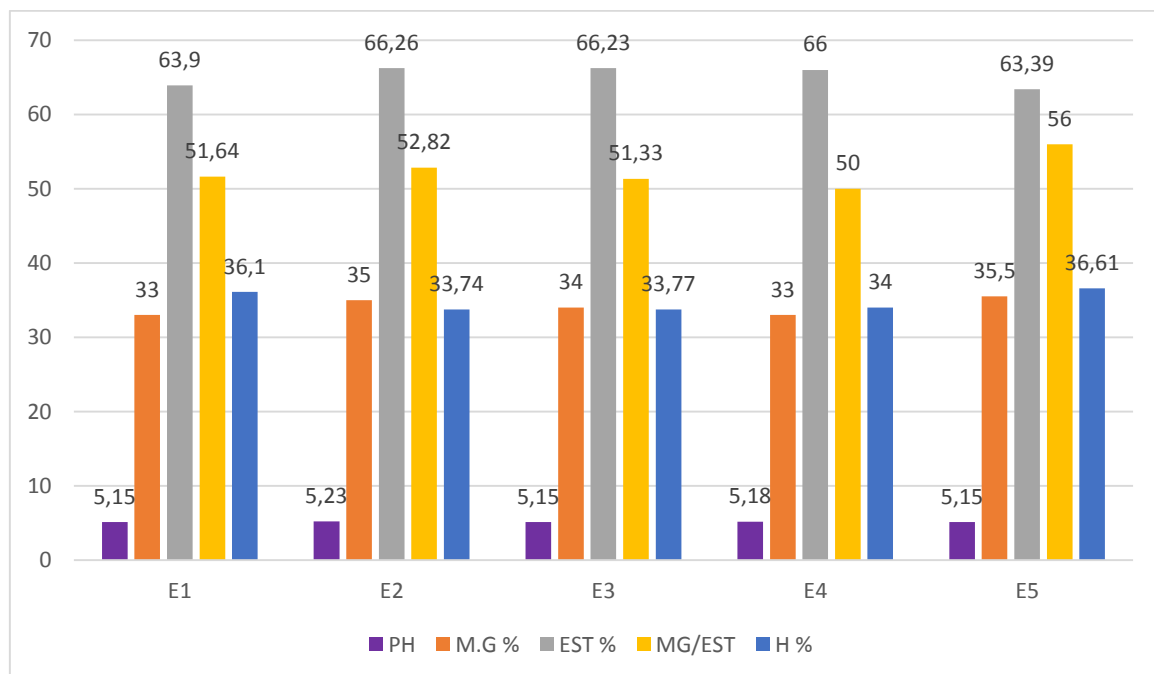
1.1. Analyses du cheddar

Les analyses physicochimiques du cheddar sont récapitulées dans le tableau N° 5

Tableau N° 5 : Résultats des analyses physicochimiques du cheddar (matière première)

Paramètre	Résultats					Moyenne	Ecart type	Norme AFNOR 1986
	E1	E2	E3	E4	E5			
pH	5,15	5,23	5,15	5,18	5,15	5,17	0,031	5,1-5,5
Matière grasse	33	35	34	33	35,5	33,7	1,09	30-38 %
Extrait sec totale	63,90	66,26	66,23	66,00	63,39	65,15	1,24	61-69 %
MG/EST	51,64	52,82	51,33	50	56	52,35	4,12	Min 50
Humidité	36,1	33,74	33,77	34	36,61	34,84	1,24	N.D %

MG : matière grasse. Min : minimum. N.D : non déterminé. E : unité d'échantillonnage



MG : matière grasse. EST : extrait sec totale. H : humidité. E : unité d'échantillonnage

Figure N° 10 : résultats de l'analyse physicochimique du cheddar (matière première)

D'après les résultats obtenus, nous constatons que tous les paramètres mesurés à savoir le pH, matière grasse, extrait sec total, rapport entre matière grasse et extrait sec total, sont conformes aux normes AFNOR 1986.

Les valeurs du pH se situent entre 5,15 et 5,23, avec une valeur moyenne de 5,17. La diminution du pH, s'observe lors d'une étape appelée maturation microbienne : les bactéries lactiques transforment le lactose en acide lactique (BRANGER, 2004).

L'extrait sec total présent dans le cheddar reste dans l'intervalle des normes avec une moyenne de 65,15 %.

Selon AFNOR 1986, la norme de la matière grasse est de 30 à 38%, alors que dans notre étude, on a obtenu une moyenne de 33,70. Ce qui est en parfaite concordance.

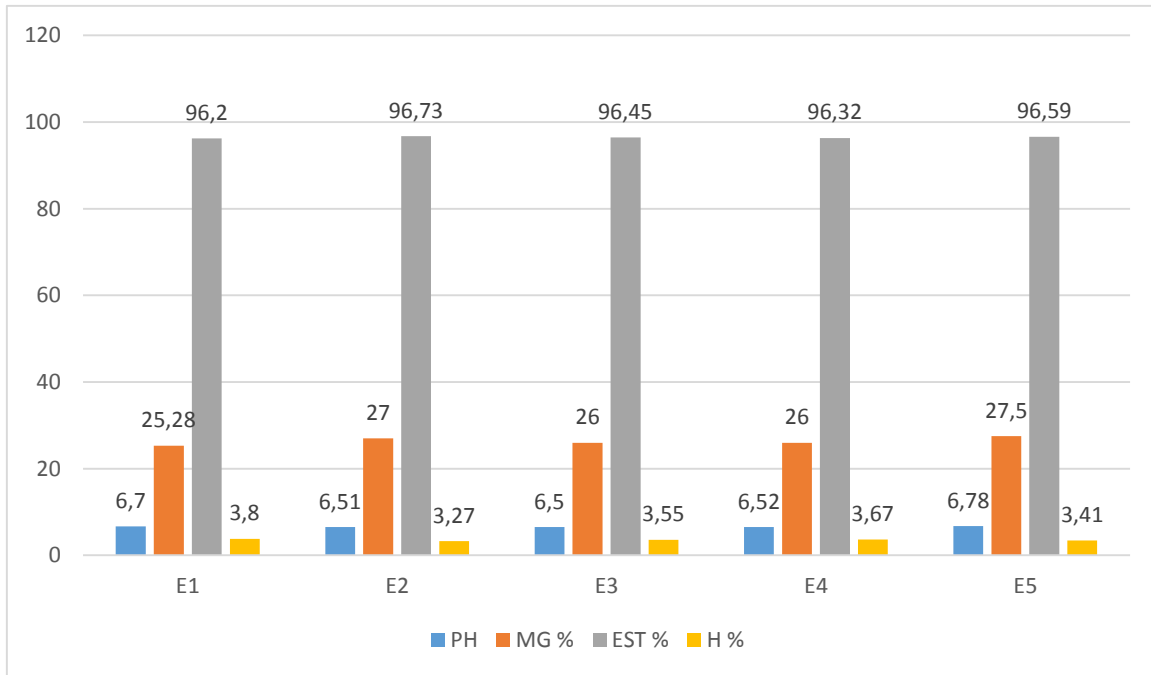
La teneur en matière grasse dans l'extrait sec total varie de 50% à 56%, avec une norme de 50% minimum, donc une valeur acceptable.

De ces résultats, on peut donc conclure que le cheddar utilisé dans la fabrication du fromage fondu au niveau de L.F.B est de bonne qualité physicochimique. Ce qui renseigne sur le respect des conditions de fabrication, de transport et de stockage.

1.2. Analyse de la poudre de lait 26 %

Tableau N° 6: Résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait

Paramètre	Résultats					Moyenne	Ecart type	Norme AFNOR 1986
	E1	E2	E3	E4	E5			
pH	6,70	6,51	6,50	6,52	6,78	6,60	0,25	6,5-6,6
Matière grasse	25,28	27	26	26	27,5	26,35	1,77	0-26%
Extrait sec totale	96,2	96,73	96,45	96,32	96,59	96,45	0,59	Min 96%
Humidité	3,8	3,27	3,55	3,67	3,41	3,54	0,60	Max 4%



MG : matière grasse. EST : extrait sec totale. H : humidité. E : unité d'échantillonnage

Figure N° 11: résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait

Les résultats ci-dessus, montrent que la valeur du pH des échantillons varie entre 6,50 et 6,78. Ces valeurs rentrent dans la limite d'acceptabilité avec une moyenne de 6,60.

Les résultats de l'extrait sec total varient entre 96,20 et 96,73. Ces valeurs sont conformes à la norme AFNOR 1986.

Les matières grasses trouvées dans les échantillons E1, E3 et E4 sont conformes à la norme AFNOR 1986. Par contre, on remarque une légère augmentation dans les échantillons E2 et E5.

Les résultats de l'humidité restent conformes aux normes pour des valeurs ne dépassant pas 3,8%.

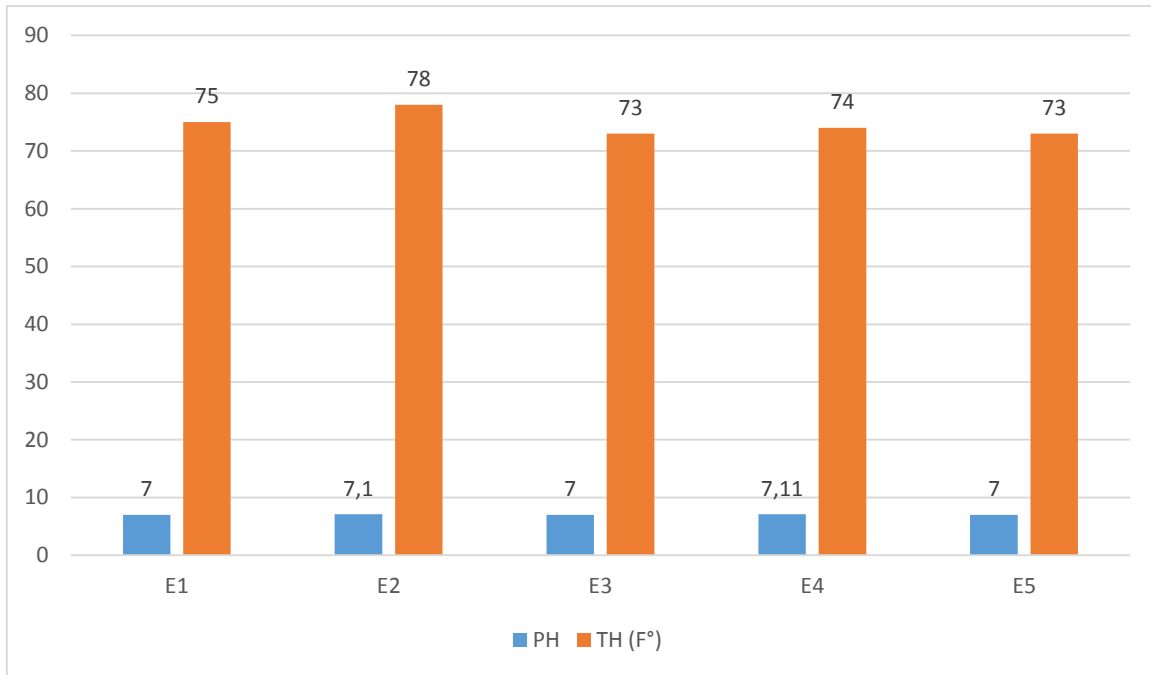
D'après le suivi des 5 échantillons, on peut conclure que la poudre de lait est de bonne qualité physicochimique.

1.3. Analyses de l'eau de process

Tableau N° 7 : résultats des analyses physicochimiques de l'eau de process

Paramètre	Résultats					Moyenne	Ecart type	Norme AFNOR 1986
	E1	E2	E3	E4	E5			
pH	7	7,1	7	7,11	7	7,04	0,12	6,5-8,5
TH (F°)	75	78	73	74	73	74,6	1,58	≤ 60 F°

E : unité d'échantillonnage. TH titre hydrométrique



E : unité d'échantillonnage, TH : titre hydrométrique

Figure N° 12: résultats des analyses physicochimiques de l'eau de process

Les résultats d'analyses effectuées sur l'eau utilisée dans la fabrication du fromage fondu montrent :

- Une valeur de pH comprise entre l'intervalle établie par la norme AFNOR 1986
- Les analyses du titre hydrométrique révèlent des valeurs élevées qui dépassent les normes (Max 60 F°) avec une moyenne de 74,6. Ce qui indique que l'eau de process utilisée au niveau de L.F.B est dure. Cette dureté peut être expliquée par la richesse de cette eau en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). En effet, selon MARGAT et ANDREASSIAN (2008), les sels de calcium et magnésium sont à l'origine des phénomènes d'entartrage (précipitation sous l'action de la chaleur du bicarbonate de calcium sous forme de carbonate insoluble qui se dépose en forme de tartre) sur les parois des appareillages et canalisations.

Cet entartrage est une source de nuisance importante à l'industrie agroalimentaire sur différents plans :

- Le calcaire est un excellent isolant en se fixant sur les canalisations et échangeurs thermiques. Il limite le transfert de chaleur avec le produit. Ce qui peut engendrer un traitement thermique insuffisant.
- Le calcaire sert de milieu de refuge pour les milieux organiques et amplifie le risque de développement microbien.
- La modification de la qualité organoleptique du produit fini

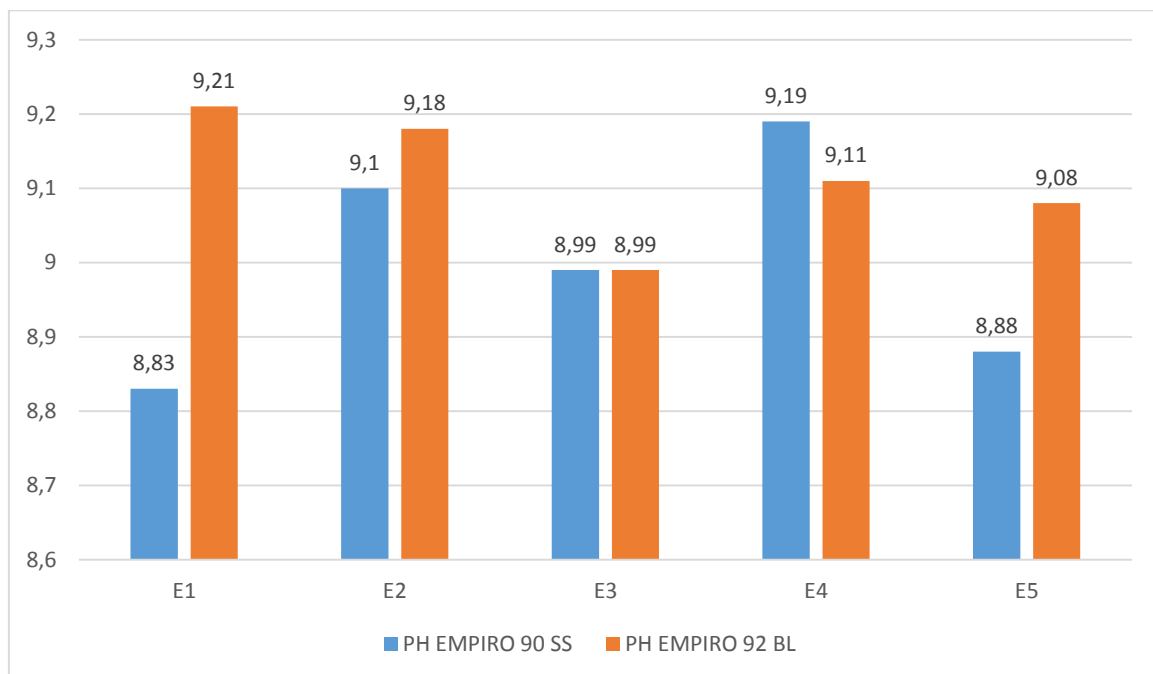
De ce fait un traitement reste à préconiser.

1.4. Analyse des sels de fonte

Tableau N° 8 : Résultats des analyses physicochimiques des sels de fonte

Paramètre	Résultats					Moyenne	Ecart type	Norme DANIMEX 2002
	E1	E2	E3	E4	E5			
pH : EMPIRO 90 SS	8,83	9,10	8,99	9,19	8,88	8,99	0,29	8,7-9,2
pH : EMPIRO 92 BL	9,21	9,18	8,99	9,11	9,08	9,11	0,17	8,5-9,5

E : unité d'échantillonnage. EMPIRO : marque des sels de fonte



E : unité d'échantillonnage. EMPIRO : marque des sels de fonte

Figure N° 13: résultats des analyses physicochimiques des sels de fonte

Les résultats d'analyses physicochimiques montrent que les valeurs du pH des sels de fonte EMPIRO 90 SS ET 92 BL sont conformes à la norme.

Il est important de savoir que l'ajustement du pH lors de la formulation du fromage fondu est une étape très importante. Cet ajustement permet d'obtenir un produit de consistance et sans variation dans le goût recherché. Pour cela, on utilise des sels à haut pouvoir tampon ou bien des sels correcteurs (citrate), à condition que la quantité des sels utilisée ne doit pas dépasser 2 à 3 % dans la formule du produit fini (ECK et GILLIS, 2006)

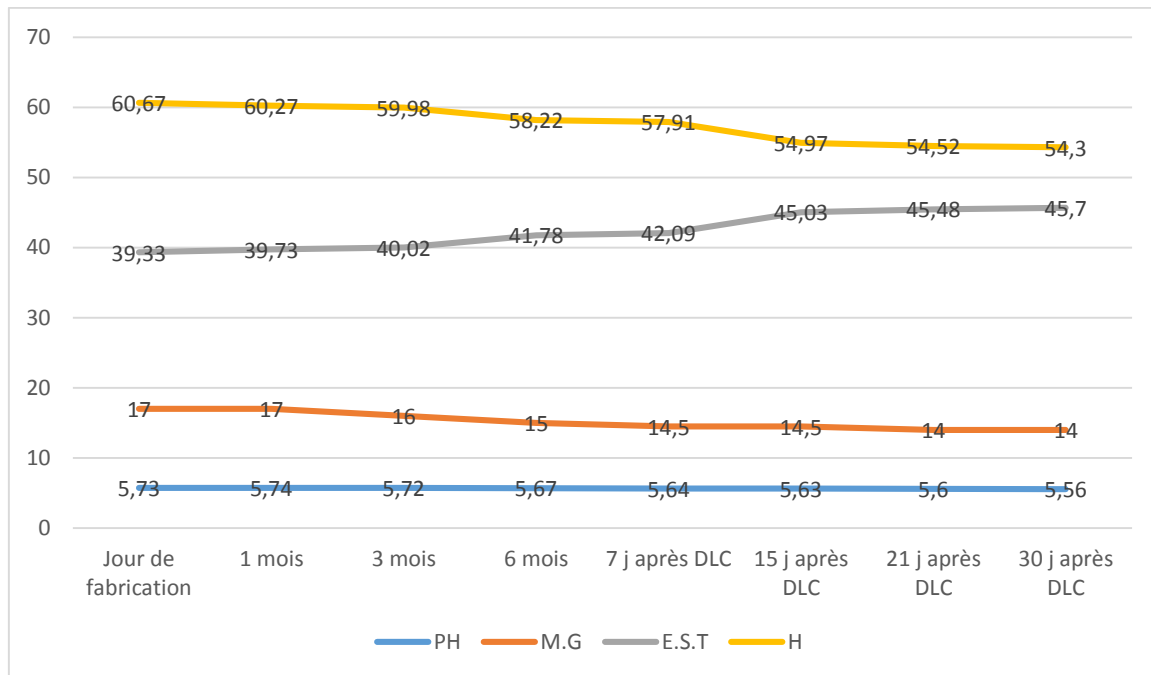
1.5. Analyse du produit finis conservé

Les résultats présentés dans le tableau sont les moyennes des 5 unités d'échantillonnage.

Tableau N° 9 : résultats des analyses physicochimiques du produit finis conservé

	pH	Matière grasse (%)	Extrait sec totale (%)	Humidité (%)
Jour de fabrication	5,73	17	39,33	60,67
1 mois	5,74	17	39,73	60,27
3 mois	5,72	16	40,02	59,98
6 mois (DLC)	5,67	15	44,78	55,22
7 jours après la DLC	5,64	14,5	45,03	54,97
15 jours après la DLC	5,63	14,5	45,09	54,91
21 jours après la DLC	5,60	14	45,48	54,52
30 jours après la DLC	5,56	14	45,70	54,30
Norme AFNOR 1986	5,60-5,85	16%±1	40%±1	N.D

DLC : date limite de consommation. MG : matière grasse. EST : extrait sec totale



MG : matière grasse. EST : extrait sec totale. H : humidité. DLC : date limite de consommation

Figure N° 14 : résultats des analyses physicochimiques du produit fini conservé

D'après les résultats, on constate :

-Une légère diminution du pH du jour de la date de fabrication jusqu'à la date limite de consommation, mais cela reste conforme à la norme exigée par AFNOR 1986. La diminution du pH se poursuit jusqu'à 30 jours après la date limite de consommation à une valeur qui se situe en dessous de la norme exigée par AFNOR 1986.

Cette diminution du pH est due probablement à l'activité des enzymes et bactéries thermorésistantes issues du cheddar qui ont résisté au traitement thermique lors de la fabrication du fromage fondu.

Cette acidification influence positivement sur la stabilité du fromage fondu en inhibant le développement de certaines bactéries pathogènes. Les bactéries responsables de la détérioration des aliments, d'intoxication alimentaire tolèrent rarement un pH inférieur à 4,5 et leur croissance est fortement ralentie entre 4,5 et 5,5 (ANONYME₃).

-Augmentation de l'extrait sec et perte d'eau aux cours de la durée du stockage. Ceci est dû à l'évaporation de l'eau du fromage fondu qui s'échappe des micropores de l'emballage en aluminium pour atteindre un équilibre avec l'humidité de l'air ambiant, ainsi que la diffusion des sels de fonte dans l'ensemble du produit durant le stockage.

Ce qui se traduit par une baisse de l'activité d'eau du produit qui agit favorablement à sa conservation et sa stabilité. Selon BAUER *et al.*, (2010), la durée de conservation d'un aliment est en relation directe avec son activité de l'eau. La température, le pH, la lumière, etc., sont certes des facteurs qui influencent cette durée de conservation. Mais l'activité de l'eau reste le paramètre le plus important dans le contrôle cinétique de la croissance des

microorganismes et des réactions chimiques et biochimiques qui peuvent se produire, de la fabrication jusqu'à sa consommation.

-Stabilisation de la teneur en matière grasse jusqu'à un mois de sa date de fabrication. Une diminution s'ensuit jusqu'à la date limite de consommation. Mais cela reste toujours dans la conformité de la norme exigé par AFNOR 1986. Au-delà de cette date, on constate une diminution de la teneur en matière grasse à des valeurs non conformes à la norme.

Cette diminution est engendrée par l'oxydation des lipides contenus dans le produit.

Selon JEANTET et *al.*, (2011), les principaux facteurs déterminant la durée de vie des lipides sont les réactions d'oxydation qui présentent une cause majeure de dégradation des aliments lors de leur conservation. Elles constituent souvent le facteur limitant de la conservation. La réaction d'oxydation des lipides est initiée entre des lipides le plus souvent polyinsaturés et l'oxygène.

Ce phénomène d'oxydation influence négativement sur la qualité organoleptique du fromage. En effet, d'après HENRI et JEAN-LOUIS (1992), le phénomène d'auto-oxydation (rancissement) des lipides insaturés, apparaît aux cours du stockage en présence d'air et d'oxygène. Ce qui constitue l'un des principaux facteurs de dégradation des aliments. Ce phénomène a une grande importance, car il provoque l'apparition de saveurs et odeurs variées et défavorables rendant alors les aliments inacceptables ou réduisent nettement leur durée de vie.

2. Analyses microbiologiques

Cette partie englobe tous les résultats d'analyses microbiologiques des matières premières et du fromage fondu conservé à 4°C.

2.1. Fromage de fonte (Cheddar)

Le cheddar est considéré comme une matière qui doit être toujours contrôlée avant la préparation de la fonte (Boutonnier, 2000). Les résultats de l'analyse microbiologique du cheddar sont mentionnés au tableau N° 10.

Tableau N° 10: Résultats des analyses microbiologiques du cheddar (matière première)

Germes recherchés	Résultats					Normes J.O.R.A 1998 (N°35)
	E1	E2	E3	E4	E5	
FMAT	0	0	0	0	0	0
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10²
C.sulfito-réducteur	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Abs : absence, C: clostridium, E : unité d'échantillonnage

Selon les résultats figurant dans le tableau N°10, nous constatons l'absence totale des germes pathogènes (*Staphylococcus aureus*, *Clostridium* sulfito-réducteur). On observe aussi l'absence des indicateurs de contamination fécale (coliformes totaux et fécaux), et FMAT

Les résultats observés sont conformes aux normes exigées par J.O.R.A 1998. Ce qui montre la bonne qualité microbiologique du fromage de fonte (cheddar) utilisé aux niveaux de la L.F.B

2.2.Poudre de lait

Les analyses microbiologiques réalisées sur la poudre de lait sont présentées dans le tableau N°11

Tableau N°11 : résultats des analyse microbiologiques de la poudre de lait (matière première)

Germes recherchés	Résultats					Normes J.O.R.A 1998 (N°35)
	E1	E2	E3	E4	E5	
FMAT	0	0	0	0	0	2.10⁵
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	1
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
C.sulfito-réducteur	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Abs : absence FMAT : flore mésophile aérobie totale, C : clostridium. E : unité d'échantillonnage

La poudre de lait par sa nature déshydratée, ne favorise pas la multiplication de la plupart des germes. C'est pour cela que nous constatons l'absence des germes pathogènes (*Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulique*) dans toutes les unités d'échantillonnages prélevées ainsi que les coliformes totaux, fécaux et FMAT.

2.3.Eau de process

Les résultats des analyses microbiologiques réalisées sur l'eau de process sont résumés dans le tableau N°12

Tableau N°12 : résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process

Germes recherchés	Résultats					Normes J.O.R.A 1998 (N°35)
	E1	E2	E3	E4	E5	
FMAT	0	0	0	0	0	<20
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	<10
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
C.sulfito-reducteur	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

E : unité d'échantillonnage. Abs : absence C : clostridium. FMAT : flore E : unité d'échantillonnage. Abs : absence C : clostridium. FMAT : flore mésophile aérobie totale

BOEGLIN (2000) signale que l'eau constitue un paramètre critique d'un point de vue microbiologique sur la qualité du fromage.

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau utilisée pour la fabrication du fromage fondu affirment qu'elle répond totalement aux normes du J.O.R.A 1998

2.4.Contrôle du personnel

Les analyses microbiologiques effectuées sur le personnel chargé de la production du fromage fondu, ont permis d'obtenir les résultats présentés dans le tableau N° 13

Tableau N° 13: résultats des analyses microbiologiques du personnel

Germes recherchés	Résultats					
	E1		E2		E3	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
FMAT	101	207	60	108	120	35
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	0
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

P1 : personne manipulateur des boîtes, P2 : personne manipulateur du cheddar. Abs : absence
 FMAT : flore aérobie mésophile totale. E : unité d'échantillonnage

En se référant aux résultats du tableau N° 13, on observe une absence totale des germes de contamination fécale (coliforme totaux et fécaux), du germe pathogène (*Staphylococcus aureus*).

Dans l'unité L.F.B, on remarque que les règles d'hygiène du personnel sont appliquées telles que le port des gants, des calottes et des bottes ; ainsi que la disponibilité de produits détergents pour le lavage des mains.

Seulement, on enregistre un nombre important des FMAT qui peuvent être transférés au produit fini. Cette présence pourrait être la conséquence de la négligence des mesures d'hygiène dans l'atelier de fabrication du fromage fondu au niveau de l'unité L.F.B par quelques employés, à savoir : le port des gants seulement par certain ouvriers.

2.5. Contrôle de l'air ambiant

L'analyse microbiologique de l'air ambiant a permis de résumer les résultats dans le tableau N° 14

Tableau N° 14: résultats des analyses microbiologique de l'air ambiant

Germes recherchés	Résultats									
	E1		E2		E3		E4		E5	
	CS	CD	CS	CD	CS	CD	CS	CD	CS	CD
FMAT	72	168	134	162	34	81	207	41	IND	31

FMAT : flore mésophile aérobie totale. CS : cuiseur. CD: conditionneuse.
 E: unite d'échantillonnage

L'air est un facteur de contamination important. De ce fait, les résultats de l'analyse microbiologique de l'air ambiant de l'atelier de fabrication au niveau du cuiseur et conditionneuse montrent une ambiance caractérisée d'une forte contamination par la flore aérobie mésophile totale.

Ces contaminations peuvent avoir plusieurs origines :

- L'absence des appareils de filtration d'air ;
- La fréquence de nettoyage des locaux qui est d'une fois par mois, semble insuffisante vue la sensibilité du produit à la contamination.

2.6. Contrôle de la stabilité du produit finis

Tableau N° 15: résultats des analyses microbiologiques du fromage fondu

	Résultats				
	FMAT	Coliforme totaux /g	Coliforme fécaux/g	<i>Staphylococcus aureus</i>/g	C.sulfito-reducteur
Jour de fabrication	0	0	Abs	Abs	Abs
1 mois	0	0	Abs	Abs	Abs
3 mois	0	0	Abs	Abs	Abs
6 mois (DLC)	0	0	Abs	Abs	Abs
7 jours après DLC	0	0	Abs	Abs	Abs
15 jours après DLC	0	0	Abs	Abs	Abs
21 jours après DLC	0	0	Abs	Abs	Abs
30 jours après DLC	0	0	Abs	Abs	Abs
Normes J.O.R.A 1998 (N°35)	0	10²	10	10²	1

C : clostridium. DLC : date limite de consommation

Selon COULON (2005), la qualité d'un fromage n'est pas seulement évaluée sur la base de sa composition intrinsèque au moment de sa fabrication ou à la sortie de la fromagerie, mais aussi sur sa capacité à être stable dans sa composition et ses qualités organoleptiques, pendant une certaine durée de conservation.

Les résultats du tableau N°15 indiquent:

- Une absence totale de tous les germes de la date de fabrication jusqu'à la date limite de consommation (6 mois).
- Une absence totale de tous les germes après 7 jours, 15 jours, 21 jours et 30 jours de la date de limite de consommation.

L'absence totale des microorganismes permet de déduire la salubrité du fromage fabriqué à l'unité L.F.B. Par conséquent, ce fromage ne présente aucun risque du point de vue microbiologique pour la santé du consommateur. Même s'il en consomme ce fromage 1 mois après sa date limite de consommation.

Dans l'ensemble, le fromage fondu reste stable au cours de sa durée de conservation suite à l'interaction de plusieurs paramètres:

- Traitement thermique appliqué pendant le processus de fabrication (85°C pendant 5 à 10 minutes) qui vise à éliminer la flore banale et pathogène ;
- Effet bactériostatique des sels de fonte qui peuvent ralentir très nettement la multiplication des microorganismes ;
- Innocuité des matières premières (cheddar, poudre de lait, eau de process) ;
- Respect des bonnes conditions de stockages (4°C) ;
- Une activité de l'eau faible qui se situe entre 0,5 et 0,6, représentant une teneur limite pour le développement des microorganismes ;
- pH acide du fromage fondu qui limite la prolifération de la plupart des bactéries pathogènes.
- Utilisation de conservateurs dans la fabrication du fromage fondu de l'unité L.F.B, contribue au maintien d'une bonne qualité microbiologique du produit

L'effet synergique de l'ensemble de ces paramètres permet au fromage fondu d'avoir une stabilisation d'une longue durée.

Conclusions et perspectives

En général, le fromage fondu demeure le principal produit issu de la seconde transformation du lait. Connu comme aliment de valeur nutritionnelle non négligeable et comme source de plaisir gustatif, des études scientifiques confirment de plus en plus, que c'est un excellent produit alimentaire.

Du fait de son importance alimentaire et économique, on s'est intéressé dans cette étude à l'évaluation de la stabilité du fromage fondu fabriqué au niveau de la laiterie fromagerie de BOUDOUAOU. Pour cela, nous avons analysé le produit fini conservé à différentes dates de sa fabrication en le comparant à un produit fini nouvellement fabriqué, du point de vue microbiologique et physicochimique. Mais aussi par le suivi de la chaîne de fabrication dès la réception de la matière première jusqu'au produit fini, contribuant à l'évaluation de la qualité de ce dernier.

Les résultats que nous avons obtenus permettent d'avancer les déductions suivantes :

Sur le plan microbiologique :

On observe l'absence des microorganismes pathogènes concernant les matières premières et le produit fini conservé, même un mois après la date limite de consommation ; cela révèle la salubrité du fromage fondu et sa stabilité du point de vue microbiologique. Mais en ce qui concerne l'air ambiant et le personnel, la présence des FMAT avec un nombre très élevé peuvent présenter une source de contamination non négligeable.

Sur le plan physicochimique :

Les résultats sont conformes aux normes pour les matières premières ; sauf pour l'eau de process qui est d'une qualité médiocre vue sa dureté qui pourrait influencer négativement la qualité organoleptique du produit. Pour le produit fini conservé, on a enregistré les résultats suivants :

- Une valeur de pH inférieure à la norme à partir de 21 jours après la date limite de consommation ;
- Une valeur de matière grasse inférieure à la norme après la date limite de consommation (6 mois) ;
- Une valeur de l'extrait sec total qui traduit une perte d'humidité, supérieure à la norme après trois mois de la date de fabrication ;

Ces changements physicochimiques au cours du stockage notamment la diminution du pH et le taux d'humidité permettent de prolonger la durée de conservation du fromage fondu.

D'après les résultats observés durant notre étude, on peut conclure que le fromage fondu présente une très bonne stabilité pendant une longue période et est sans danger pour le consommateur même à un mois de la date limite de consommation. Sauf pour la matière grasse qui s'oxyde progressivement et génère des peroxydes qui sont des composés cancérogènes lorsqu'ils sont consommés régulièrement.

Pour que l'unité de L.F.B puisse fabriquer un fromage fondu de bonne qualité nutritionnelle, qui se conserve pendant une longue durée (au-delà de 6 mois), sans qu'il soit un danger pour le consommateur, on recommande ce qui suit :

- Le recours à la démarche HACCP en tant que moyen de prévention assurant la salubrité des aliments ;

- La sensibilisation des employés aux respects des règles d'hygiènes par l'établissement de programmes et des séances de formations ;

- L'installation d'un système de filtration de l'air ;

- Le renforcement de la fréquence de nettoyage et la désinfection régulière du matériel, équipements et locaux ;

- L'installation d'une station de purification de l'eau pour résoudre le problème de la dureté.

Références bibliographiques

- AFNOR. (1986).**: (Association Française de Normalisation).
- ANONYME₁, (2010).** Article dans le journal EL WATAN (12/07/2010)
- ANONYME₂, (2009).** Fromage, Microsoft Encarta 2007 Etude DVD, Microsoft corporation.
- ANONYME₃:**<http://www.guide-des-aliments.com/dietetique/Information/Microorganismes/AC-Bacteries-des-aliments.html>
- AIT ABDELOUHAB N. (2001).** Microbiologie alimentaire. Office de publication universitaire
- AMARGILIOS. (1986).** Contrôle de la qualité des produits laitiers. Analyses physico-chimiques. Edition AFNOR, 3^{ème} édition, Lavoisier, paris.
- BERGER W. KLOSSTERMEYER H. MEERKENICH K. UHLMANN G. (1991).** La fabrication du fromage fondu, Bkladenburg. Ladenburg, Allemagne.
- BERGER W. (1985).** JOHA. Les sels de fontes, propriétés et emploi, schruttmacher moderne produkt.
- BOURGEOIS C-M. LEVREAU J-Y. 1990.** Technique d'analyse et de contrôle dans l'industrie agro-alimentaire, 2^{ème} éd, Lavoisier, Paris.
- BOURGOIS C-M. (1996).** Microbiologie alimentaire .Tome 1. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. 2^{ème} édition, Lavoisier, paris.
- BOUTONNIER J-I. (2000).** Fabrication du fromage fondu, Technique de l'ingénieur
- BAUER J. BADOUD R. LOLIGER J, ETOURNAUD A. (2010).** Science et technologie des aliments, principes de chimie des constituants et de technologie des procédés. Lavoisier, Paris.
- BRANGER A. 2004 :** Fabrication de produits alimentaires par fermentation, technique de l'ingénieur.
- BRANGER A. ROUSTEL S. RICHER M. 2007.** Microbiochimie et alimentation. Vol 1. Edition Educagri.
- BRAINER A. MADELEINE RICHER M. ROSTEL. S. 2007.** Alimentations et processus technologique. Sécurité et contrôle microbiologique, Edition Educ agri.
- BOEGLIN. J (2000).** Contrôle des eaux douces et de consommation humaine, Edition Technique de l'ingénieur.
- CHAMBRE ET DAURELLES. (2006).** Le fromage de la science à l'assurance qualité 3^{ème} édition. In (fromage), édition Eck et Gillis, Technique et documentation Lavoisier, paris.
- CHEMACHE L. (2011).** Qualité de deux spécialités fromagères fabriqué et commercialisé en Algérie. Thèse magister, Université Mentouri Constantine.
- COULON J-B. (2005).** Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. Unité de recherches sur les herbivores, Theix, INRA.

CROGUENNEC T. JEANTET R. BRULE G. (2008). Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Edition Tec & Doc, Lavoisier. Paris

DANIMEX. (2002). Fiches techniques des sels de fontes. (Information produit). DANIMEX FOOD A/S. Ryttervangen 17323GIVE, Danemark.

ECK A. GILLIS J. (1997). Le fromage: de la science a l'assurance qualité. Edition Tec & Doc, Lavoisier, Paris,

ECK A. GILLIS J. (2006). Le fromage de la science à l'assurance qualité. 3^{ème} édition technique et documentation. Lavoisier, paris.

FEIBERG M. (2002). Répertoire générale des aliments. Tome 2 : Produits laitiers, 2^{ème} édition. Tech & doc, Lavoisier, Paris.

GERMAN.COLAS L. ROQUET J. (1976). Le traitement des eaux. Edition Dunod, paris.

GAUCHERON F. (2003). Minéraux et produits laitiers. Tech & Doc, Lavoisier, paris.

GUIRAUD J-P. 1998- Microbiologie alimentaire. Microbiologie des principaux Produits laitiers. Edition DUNOD, Paris.

GUIRAUD J-P. ROSEC J-P. (2004). Pratique des normes en microbiologie alimentaire. AFNOR.

HENRY D. JEAN LOUIS Q. (1992). Alimentation et nutrition humaine. Édition ESF

JEANTET R. BRULE G. DELAPLACE G. (2011). Génie des procédés appliqué à l'industrie laitière, 2^{ème} édition, Lavoisier.

JOFFIN C. JOFFIN J-N. (2003). Microbiologie alimentaire. Biologie et Technique, 5^{ème} édition, CRDP Aquitaine

J.O.R.A. (1998): Journal Officiel de la République Algérienne.. N°35

LUQUET. F-M. (1985). Laits et produits laitiers, Les laits. De la mamelle à la laiterie. Tome1. Tech & doc. Lavoisier, paris

LUQUET. F-M. (1990).Lait et produits laitiers Vache, Brebis, Chèvre. Transformation et Technologies. Tome 2. Tech & doc. Lavoisier, paris.

LAURENT S. FEDERIGHI M. JOUVE J-L. (1998). Manuel de bactériologie alimentaire, polytechnica, Paris.

LEYRAL G. VIERLING E. (2001). Microbiologie et toxicologie des aliments. Hygiène et sécurité alimentaires, 3^{ème} édition. Edition bordeaux, CRDP Aquitaine.

MAHAUT M. JEANTET R. BRULÉ G. (2000).Initiation à la technologie fromagère, Tech et doc, Paris.

MANFRED M. NICOLE M. (2002). Sécurité alimentaire du consommateur. Sciences et techniques agroalimentaires sciences et techniques agroalimentaires.2^{ème} édition. Tec & Doc Lavoisier. Paris

MARGAT J. ANDRESSIAN V. (2008). L'eau, Idée reçue. Édition Le cavalier bleu.

ROGER V. (1979). Technologie du lait : Constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3^{ème} édition. Edition Maison Rustique. Paris

ST-GELAIS D. TIRARD C. (2002). Fromage, in Science et technologie du lait transformation du lait coordonnateur Vignola C. Fondation de technologie laitière du Québec

VIGNOLA C. (2002). Science et technologie du lait. Transformation du lait. Edition presses internationales polytechniques, Fondation de technologie laitière du Québec.

Annexes

Annexe 1 : Matériel et réactifs utilisés

Matériels	réactifs et additifs	Milieux de culture
<p>➤ Matériels</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pipette pasteur • Pipette gradué de 1ml, 10 ml • Boites de pétri • Tube à essai en verre • Eprouvette • Flacon en verre • Balance analytique • Bec benzène • Etuves • Agitateur • Bain marie • Sonde en métal inoxydable • Butyromètre • PH-mètre • Centrifugeuse • Becher • Dessiccateur <p>➤ Matériels biologique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cheddar • Poudre de lait • Sel de fonte • Eau de process • Produit fini (Fromage fondu) 	<p>➤ Réactifs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acide sulfurique • Alcool iso-amylque • Noir erichrome • Solution EDTA • solution tampon (TK 10) • réactif de Kovacs <p>➤ Additifs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alun de fer • Telluritede potassium 	<p>➤ Milieux de culture</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol(B.P.C.L) à double concentration (D/C) et à simple concentration (S/C) • Milieu Schubert • Eau physiologique • Gélose Désoxycholate • Milieu Baird Parker • Gélose Plant-Count-Agar (P.C.A) <p>❖ La composition de ces milieux est présentée dans l'annexe 2</p>

Annexe 2 : Composition des milieux de cultures utilisées**Gélose: Plant Count Agar (PCA)**

Peptone.....	5 g
Extrait de levure.....	2,5 g
Glucose.....	1 g
Agar.....	15 g
Eau distillé.....	10 ³ ml
Ph=7	

Gélose: Viande Foie

Base viande foie.....	20 g
Glucose.....	0,75 g
Sulfite de sodium.....	1,2 g
Carbonate de sodium.....	0,65 g
Alun de fer et d'ammonium.....	0,5 g
Agar.....	11 g
Eau distillé.....	10 ³ ml
Ph= 7,4	

Gélose:Baird Parker

Hydrolysate tryptique de caséine.....	2 g
Extrait de viande de bœuf.....	5 g
Extrait de levure.....	1 g
Pyruvate de sodium.....	10 g
Chlorure de lithium.....	5 g
Glycocolle.....	12 g
Agar.....	20 g

Eau distillé.....10³ ml

Gélose : Désoxycolate

Proteose peptone.....10 g

Lactose.....10 g

Desoxycholate.....5 g

Citrate de sodium.....5 g

Chlorure de sodium.....2 g

Agar.....15 g

Rouge neutre.....3 g

Eau distillé.....10³ ml

Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol (BCPL)

Peptone.....5 g

Extrait de viande.....3 g

Lactose.....5 g

Pourpre de bromocresol0,025 g

Milieu : Schubert

Tryptophane.....0,2 g

Acide glutamique.....0,2 g

Sulfate magnésium.....0,7 g

Citrate de sodium.....0,5 g

Sulfate d'ammonium.....0,4 g

Chlorure de sodium.....2 g

Peptone.....10 g

Mannitol.....75 g

Phosphate disodique.....4 g
Phosphate monosodique.....6 g
Eau distillé.....10³ ml

Eau physiologique :

Chlorure de sodium.....9 g
Eau distillé.....10³ ml

Résumé

Notre travail consiste à suivre la stabilité du fromage fondu fabriqué à la Laiterie-Fromagerie de Boudouaou, par l'analyse de certains paramètres physicochimiques et microbiologiques du produit fini, prélevé à différents intervalles à partir de la date de sa fabrication ; nous avons aussi procédé au contrôle microbiologique et physicochimique des matières premières pour vérifier leur innocuité.

Les analyses microbiologiques ont révélé une bonne stabilité du fromage fondu, même après un mois de sa date limite de consommation et une conformité pour les matières premières ; cependant, une importante contamination de l'air ambiant et les mains du personnel a été constatée. Concernant les analyses physicochimiques, on a enregistré une conformité pour les matières premières ; en revanche, des modifications ont été décelées pour le produit fini conservé à la réfrigération, notamment la matière grasse, le pH et l'extrait sec total.

A la fin, il s'est avéré que le fromage fondu fabriqué à la Laiterie-Fromagerie Boudouaou, présente une bonne stabilité et il est possible d'élargir sa date limite de consommation si quelques paramètres seront contrôlés et améliorés.

Mots clés : fromage fondu, stabilité, qualité, conservation, date limite de consommation.

Abstract

Our job is to monitor the stability of processed cheese manufactured at the Laiterie Fromagerie-Boudouaou, by the analysis of some physicochemical and microbiological parameters of the finished product, taken at different intervals from the date of manufacture; we also conducted microbiological and physico-chemical control of raw materials to ensure their safety.

Microbiological analyzes showed good stability melted cheese, even after a month's use-by date and compliance for raw materials; however a substantial contamination from ambient air and the hands of staff was noted. On the physicochemical analyzes, there was a line for raw materials; However, changes were found in the finished product kept in refrigeration, including fat, pH and total solids.

In the end, it turned out that the cheese made Laiterie Fromagerie-Boudouaou, has good stability and it is possible to extend its use-by date if some parameters will be monitored and improved.

Keywords: cheese, stability, quality, conservation, use-by date.