

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université M'hamed Bougara Boumerdes

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Département : Génie des procédées

Filière : Génie des procédées

Option : Génie alimentaire

THEME

**Contribution à l'étude physico-chimique et microbiologique du
fromage fondu pasteurisé de la L.F.B**

Présenté par : Selma BAZIZ

Soutenu le : **14/07/2019**

Jury :

Président : Mme. ANNOUS S.

Examineur : Mr. ZIDANI S.

Promoteur : Mme. TALANTIKIT S.

MAA

MCB

MCB

UMBB

UMBB

UMBB

Promotion 2018/2019

Résumé

Le fromage est un aliment de bonne qualité nutritionnelle mais rapidement périssable afin de vérifier s'il est propre à la consommation, deux types d'analyses sont effectuées, des analyses microbiologiques pour voir si le fromage est contaminé ou non, et des analyses physico-chimique en mesurant différents paramètres tel que le pH, la matière grasse, extrait sec...etc. ces analyses permettent de déterminer la qualité du produit.

Dans la présente étude, au niveau du laboratoire de contrôle de qualité de la laiterie et fromagerie de Boudouaou nous avons contrôlé la qualité microbiologique et physico-chimique de fromage fondu pasteurisé ainsi que les matières premières utilisées pour sa fabrication : l'eau de process, la poudre de lait, le fromage en bloc (EDAM), le cheddar et les sels de fonte.

Les résultats des analyses effectuées ont révélé que le fromage fondu pasteurisé fabriqué à la laiterie et fromagerie de Boudouaou L.F.B est de bonne qualité microbiologique et physico chimique.

Absract

Cheese is a food of good nutritional quality but perishable to see if it is suitable for consumption, two types of analysis are carried out, microbiological analyzes to see if the cheese is contaminated or not, and physicochemical analyzes. Chemical by measuring different parameters such as pH, fat, dry extract ... etc. these analyzes make it possible to determine the quality of the product.

In the present study, at the level of the quality control laboratory of Boudouaou, the microbiological and physicochemical quality of pasteurized processed cheese and the raw materials used for its manufacture have been checked : process water, milk powder, Ir bulk cheese (EDAM), cheddar cheese.

The results of the analyzes carried out revealed that the pasteurized processed cheese made at the Boudouaou L.F.B dairy and cheese factory is of good microbiological and physicochemical quality.

ملخص

الجبن غذاء ذو جودة غذائية جيدة ولكنه قابل للتلف لمعرفة ما إذا كان مناسباً للاستهلاك، يتم إجراء نوعين من التحليلات، تحليلات ميكروبيولوجية لمعرفة ما إذا كانت الجبنة ملوثة أم لا، والتحليلات الفيزيائية والكيميائية. الكيميائية عن طريق قياس المعلمات المختلفة مثل الرقم الهيدروجيني، والدهون، واستخراج الجاف ... الخ هذه التحليلات تجعل من الممكن تحديد جودة المنتج.

في هذه الدراسة، على مستوى مختبر مراقبة الجودة في بودواو، تم فحص الجودة الميكروبيولوجية والفيزيائية للجبن المعالج المبستر والمواد الخام المستخدمة في تصنيعها: معالجة المياه، مسحوق الحليب، معظم الجبن (EDAM)، جبنة شيدر.

كشفت نتائج التحليلات المنجزة أن الجبن المطبوخ المبستر المصنوع في مصنع Boudouaou L.F.B للألبان والجبن ذو جودة ميكروبيولوجية وفيزيائية جيدة.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu, tout puissant qui m'a donné la volonté afin de compléter et d'achever ce modeste travail.

Je remercie toute ma famille pour son soutien moral et son encouragement, en particulier ma maman Houria et mon frère Haider qui m'ont beaucoup aidé tout le long de mon parcours, je vous suis très reconnaissante et je n'oublierai jamais ce que vous avez fait pour moi.

Je tiens à exprimer mes remerciements à **Mme. Talantikit ma** promotrice de m'avoir encadré

Je tiens aussi à remercier **Amina Younes** qui a été présente tout le long de mon stage pratique à la laiterie et fromagerie de Boudouaou, et pour son orientation, ses précieux enseignements et ses conseils avisés.

Je tiens aussi également à présenter mes sincères remerciements à **Mme. Chahed Farida et** aux employés de la L.F.B pour leur disponibilités, collaborations, leurs compétences

J'adresse aussi ma vive reconnaissance à tous mes enseignants de l'UMBB pour la formation qu'ils m'ont donnée, ainsi qu'aux membres de jury qui ont accepté de juger mon travail.

Enfin, je remercie très sincèrement toutes les personnes ayant participé de pré ou de loin à l'accomplissement de ce travail.



Dédicaces

A ma chère mère Houria

A mon cher père Mahdi

A mon cher frère Haider

A ma chère famille de près et de loin

A mes oncles Saïd, Mohamed et à ma tante Zineb

A ma grand-mère Ayi

**A mon fiancé Oussama et ma belle-mère Nabila ainsi qu'à toute
ma belle famille**

**A mes cousins et cousines Meriem, Wissem et Mohamed, et à ma
meilleure amie Amel**

A toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment

Et a tous ceux que j'ai oublié de mentionner

**Je leur dédie ce travail, et qu'il soit un sentiment de
reconnaissance**

Fidèlement Selma

Table des matières

Introduction	1
<i>PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	
CHAPITRE I : Généralités sur le lait	
I.1. Définition	3
I.1.1. Définition alimentaire	3
I.1.2. Définition réglementaire.....	3
I.2. Composition chimique du lait	3
I.2.1. L'eau	4
I.2.2. La matière grasse	4
I.2.3. Les glucides du lait	5
I.2.4. Les minéraux du lait.....	5
I.2.5. La matière azotée du lait	5
I.2.6. Les vitamines du lait	6
I.2.7. Les enzymes du lait.....	7
I.3. Les dérivés du lait.....	8
I.3.1. La crème	8
I.3.2. Le beurre (industrie beurrière).....	8
I.3.3. Le Lben	8
I.3.4. Le yaourt.....	8
I.3.5. Le lait en poudre	8
I.3.6. La fromage.....	9
 CHAPITRE II : Généralités sur le fromage	
II.1. Définition du fromage.....	11
II.2. Constituants du fromage	11
II.2.1. La teneur en eau et extrait sec complémentaires	11
II.2.2. La matière grasse	12
II.2.3. Les protéines.....	12
II.2.4. Les glucides.....	12
II.2.5. Les minéraux	13
II.3. Technologie des fromages.....	14
II.3.1. La coagulation du lait	14
II.3.2. L'égouttage.....	15
II.3.3. Le moulage	16

II.3.4. Le salage.....	16
II.3.5. L'affinage	16
II.4. Caractéristiques physicochimiques des différentes classes de fromages	17
II.5. Les grandes familles de fromage	17
II.5.1. Fromages frais	17
II.5.2. Fromages à pâte pressée.....	18
II.5.3. Fromages à pâte dure	19
II.5.4. Fromages à pâte filées.....	19
II.5.5. Fromages à pâte molle, à croûte lavée ou fleurie	19
II.5.6. Fromages fondus	20

CHAPITRE III : Le fromage fondu

III.1. Aperçu historique et économique du fromage fondu dans le monde et en Algérie.	21
III.1.1. Aperçu historique	21
III.1.2. Importance économique du fromage fondu dans le monde	21
III.1.3. importance économique du fromage fondu en Algérie	22
III.2. Caractéristiques et valeur nutritionnelle.....	22
III.2.1. Définition	22
III.2.2. Classification.....	22
III.2.3. Classification selon la forme	23
III.2.4. Valeur nutritionnelle.....	24
III.3. Matières premières de la technologie de la spécialité Fromagère « fromage fondu pasteurisé »	25
III.3.1. Fromage fondu pasteurisé	25
III.3.2. Matières premières et composition du fromage fondu pasteurisé	25
III.4. Processus de fabrication du fromage fondu pasteurisé à la laiterie et fromagerie de Boudouaou (L.F.B)	26
III.5. Défauts de fabrication	28
III.6. Contrôle de la qualité	29
III.6.1. Qualité de la matière première	29
III.6.2. Qualité en cours de fabrication	29
III.6.3. Qualité du produit fini	30

PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE I : analyses microbiologiques du « fromage fondu »

I.1. L'échantillonnage pour le fromage en bloc, cheddar et produit fin	32
I.1.1. Les germes recherchés pour cette denrée et leur dénombrement	32
I.1.2. Dénombrement des coliformes totaux	32
I.1.3. Dénombrement des coliformes fécaux	33
I.1.4. Dénombrement des Staphylococcus aureus	34
I.1.5. Recherche des salmonelles	36
I.2. L'échantillonnage pour la poudre de lait	37
I.2.1. Les germes recherchés pour cette denrée et leur dénombrement	37
I.2.2. Dénombrement des entérobactéries	37
I.2.3. Recherche et dénombrement des staphylococcus aureus et des salmonelles	38
I.3. L'échantillonnage pour l'eau de process	38
I.3.1. Les germes recherchés pour cette denrée et leur dénombrement	38
I.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux	38
I.3.3. Recherche dénombrement des clostridium sulfito-réducteur	39
I.3.4. Recherche des salmonelles	40

CHAPITRE II : analyses physico-chimique du « fromage fondu »

II.1. Objectif	41
II.2. Analyse physico-chimique pour le fromage en bloc, cheddar et produit fini (fromage fondu pasteurisé)	41
II.2.1. Détermination du pH	41
II.2.2. Détermination de l'extrait sec	41
II.2.3. Détermination de la teneur en eau (l'humidité)	42
II.2.4. Détermination de la teneur en matière grasse (méthode acido-butyrométrique)	42
II.2.5. Détermination de la teneur en matière grasse dans la matière sèche (MG/MS)	42
II.3. Analyse physico-chimique pour la poudre de lait (matière première)	43
II.3.1. Détermination du pH	43
II.3.2. Détermination de l'extrait sec	43
II.3.3. Détermination de la teneur en matière grasse (méthode acido-butyrométrique)	43
II.4. Analyse physico-chimique pour les sels de fonte	43
II.4.1. Détermination du pH	43

II.5. Analyse physico-chimique pour l'eau de process	44
II.5.1. Détermination du pH	44
II.5.2. Détermination titres alcalimétriques TA et TAC	44
II.5.3. Détermination du titre hydrotimétrique TH	45
II.5.4. Détermination du dosage des ions du chlore (chlorure)	45

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE I : résultats et discussion relatifs au analyses microbiologiques

I.1. Matière première.....	47
I.1.1. La poudre de lait à 26%.....	47
I.1.2. Le cheddar	47
I.1.3. Le fromage en bloc (EDAM).....	48
I.1.4. L'eau de processs.....	48
I.2. Produit fini	49

CHAPITRE II : résultats et discussion relatifs au analyses physico-chimiques

II.1. Matière première	50
II.1.1. Le fromage de fonte (cheddar)	50
II.1.2. Le fromage en bloc (EDAM)	51
II.1.3. La poudre de lait	52
II.1.4. Les sels de fonte	53
II.1.5. L'eau de process	54
I.1. Produit fini (fromage fondu pasteurisé)	55
Conclusion générale.....	56

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition chimique moyenne du lait de vache.....	4
Tableau 2 : Teneurs des différents minéraux dans le Lait.....	5
Tableau 3 : Composition vitaminique moyenne du lait	7
Tableau 4 : Variation de la composition du lait en fonction de l'espèce	7
Tableau 5 : classification des fromages en fonction des opérations de fabrication	10
Tableau 6 : Teneur en eau des fromages	11
Tableau 7 : Teneur protéique des fromages.....	12
Tableau 8 : Caractérisation de différentes catégories de fromages par effet de pH et Aw	17
Tableau 9 : Production mondiale de la spécialité fromagère entre 1995 et 2000 (en milliers de tonnes).....	21
Tableau 10 : Evolution des importations des fromages en Algérie entre 1995 et 1998 (en tonnes)	22
Tableau 11 : Classification des fromages fondus	23
Tableau 12 : Composition du fromage fondu.....	24
Tableau 13 : Origines possibles de défauts de fabrication et remèdes possibles à envisager.....	28
Tableau 14 : Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait.....	47
Tableau 15 : Résultats des analyses microbiologiques du cheddar.....	47
Tableau 16 : Résultats des analyses microbiologiques du fromage en bloc (EDAM).....	48
Tableau 17 : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process.....	49
Tableau 18 : Résultats des analyses microbiologiques du produit fini (fromage fondu pasteurisé)	49
Tableau 19 : Résultats des analyses physico-chimique du fromage de fonte « cheddar »	50
Tableau 20 : Résultats des analyses physico-chimique du fromage en bloc(EDAM).....	51
Tableau 21 : Résultats des analyses physico-chimique de la poudre de lait.....	52
Tableau 22 : Résultats des analyses physico-chimique des sels de fonte	53
Tableau 23 : Résultats des analyses physico-chimique de l'eau de process	54
Tableau 24 : Résultats des analyses physico-chimique du produit fini	55

Liste des figures

Figure 1 : Processus de fabrication du fromage fondu pasteurisé au niveau de la L.F.B.....	31
Figure 2 : Résultats des analyses physico-chimique du cheddar	50
Figure 3 : Résultats des analyses physico-chimiques du Fromage en bloc (EDAM).....	51
Figure 4 : Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait	52
Figure 5 : Résultats des analyses physico-chimiques des sels de fonte	53
Figure 6 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process	54
Figure 7 : Résultats des analyses physico-chimiques du produit fini	55

Liste des abréviations

Abréviation	Définition
TB	Taux Butyreux en g/Kg
ANP	Apport Non Protéique
PPNC	Pâte Pressée Non Cuite
NNS	Azote non sédimentable
HTST	High Temperature Short Time
UHT	Ultra High Temperature
pH	Potentiel d'hydrogène
Aw	Activité de l'eau
Ca	Calcium
NaCl	Chlorure de sodium
NH3	Ammoniac
CO2	Dioxyde de carbone
H2O	Eau
Kg	kilogramme
t	tonne
g	gramme
l	litre
ml	millilitre
mm	millimètre
h	heure
trs	Tours
H	Biotine
°C	Degré Celsius
T°	Température
EPT	Eau Peptonée Tamponnée
MG	Matière Grasse
ES	Extrait Sec
EST	Extrait Sec Total
ESD	Extrait Sec Dégraissé
J.O.A	journal officiel Algérien
B.L.M.T	bouillon lactosé mannitolé tamponné
V.R.B.G	gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre
S.F.B	bouillon sélénite F

Introduction Générale

Introduction générale :

Le fromage a toujours été une valeur sûre de l'alimentation humaine. C'est le résultat d'une transformation du lait très ancienne puisque des écrits témoignent de sa fabrication quelque trois mille ans avant notre ère en basse Mésopotamie. Source précieuse de protéines, le fromage a été l'un des premiers moyens de conservation du lait, matière première rapidement périssable. Les types de fromages ont rapidement gagné de l'intérêt du fait de leurs caractéristiques organoleptiques agréables, ils constituent ainsi une alternative intéressante à la consommation du lait, chacun ayant sa spécification. Ils varient par la nature du lait, par la teneur en matière grasse et par leur mode de préparation. Parmi les types de fromage qu'on peut trouver : les fromages frais, à pâtes pressées, à pâtes dures, à pâtes filées, les fromages à pâte molle, à croûte lavée ou fleurie, ainsi que les fromages fondus (**BEGUERIA, 1999**)

Plusieurs procédés ont été développés afin de prolonger la durée de vie du fromage. 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 au produit fini l'aspect d'un fromage (**BEGUERIA, 1999**)

La qualité de la production fromagère repose essentiellement sur le contrôle physico-chimique et microbiologique tout au long des étapes de fabrication. Prendre connaissance des conditions de croissance de ces microorganismes et des risques qu'ils impliquent pour le consommateur, ce qui est important pour mettre en place des mesures de prévention efficace (**BEGUERIA, 1999**)

La présente étude s'inscrit dans ce cadre. Elle vise à évaluer la qualité d'un fromage fondu, pour cela nous avons mené les actions suivantes :

- Dans la partie I, nous allons présenter une synthèse bibliographique sur les connaissances actuelles relatives du fromage fondu, mais en passant par certaines généralités du fromage ainsi que du lait matière première pour la fabrication du fromage.
- Dans la deuxième partie, nous allons faire une étude expérimentale comportant une analyse microbiologique pour le dénombrement des germes suivants :
 - Les coliformes totaux et fécaux.
 - Les staphylocoques aureus.
 - Les salmonelles
 - Les clostridium sulfito- réducteur
 - Les entérobactéries

Suivi, d'une analyse physico-chimique de certains paramètres qui sont :

- Extrait sec.
- Matière grasse.
- pH.
- Matière grasse / matière sèche.
- Teneur en humidité.
- Chlorure.

➤ Dans la troisième partie, nous allons présenter et discuter les résultats obtenus lors du contrôle.

**PARTIE I :
SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE**

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE LAIT

CHAPITRE I : Le lait, la matière première de la fabrication fromagère

I.1. Définitions

I.1.1. Définition alimentaire

Selon (**GOURSAUD, 1985**), le lait est un liquide sécrété par les glandes mammaires de femelles mammifères telles que la vache, la chèvre et la brebis, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant. Ce dernier est un liquide de composition complexe, opaque blanc mat, plus ou moins jaunâtre selon la teneur de la matière grasse en β carotènes. Il a une odeur peu marquée, mais caractéristique. Son goût, variable selon les espèces animales, est agréable et douceâtre.

I.1.2. Définition réglementaire

En 1909, le lait destiné à l'alimentation humaine a été défini par le Congrès International de la Répression des Fraudes, comme étant le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum. (**GOURSAUD, 1985**) Très tôt l'accent fut mis sur la qualité sanitaire du lait et l'état de bonne santé des animaux, comme en témoigne cette définition.

La réglementation européenne réserve la dénomination "lait" exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ou soustraction. S'ils ne proviennent pas de l'espèce bovine, l'origine du lait et des produits laitiers doit être spécifiée : lait/fromage de chèvre, lait/fromage de brebis (**DAVID et FORTE, 1998**).

I.2. Composition chimique du lait

L'aptitude d'un lait à la transformation fromagère est étroitement liée à la nature de ses constituants. Il faut noter l'importance de l'eau et la valeur modeste de la matière sèche totale. Plus, cette dernière sera élevée, plus le lait sera riche et meilleur sera le rendement fromager. La composition chimique du lait de vache est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Composition chimique moyenne du lait de vache (GOURSAUD., 1985)

Composants	g/l	Extrêmes
Eau	902	
Glucides lactose	49	40-60
Matière grasse	39	25-45
Lipides	38	25-45
Phospholipides	0.5	
Composée liposolubles	0.5	
Matière azotée	33	25-45
Caséines	28	25-45
Protéines solubles	4.7	
Azote non protéique	0.3	
Matière saline	9	7-10
Biocatalyseurs (vitamines, enzymes ..)	traces	
Gaz dissous	≤5% du volume	
Matière sèche totale	130	
Poids total	1032	

I.2.1. L'eau

L'eau est le constituant le plus important en quantité du lait. Elle représente environ le 9/10 du produit, et conditionne l'état physique des autres constituants, en intervenant dans l'émulsion de la matière grasse et la dispersion des micelles de caséine lors de la transformation. 75 à 90% de cette eau se retrouvent dans le lactosérum. De plus, l'eau intervient dans le développement bactérien et les altérations du lait (**AMIOT et Al., 2002**).

I.2.2. La matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre (**LUQUET, 1985**). Elle est sous forme de globules gras (visible au microscope optique) en émulsion dans la phase aqueuse du lait, et est constituée par 98,5% de glycérides (esters d'acide gras et de glycérol), 1% de phospholipides polaires et 0,5% de substances liposolubles cholestérol, hydrocarbures et vitamines A, D, E, et K (**GOURSAUD, 1985**). Une émulsion est une dispersion de fines gouttelettes d'une substance liquide dans un autre liquide. Suivant la nature de la phase dispersée, on distingue les émulsions de matière grasse dans l'eau (le lait) des émulsions d'eau dans la matière grasse (le beurre). La stabilité de l'émulsion est due à la présence d'une enveloppe lipido-protéique chargée négativement (**BOUTONNIER, 2008**). Le diamètre du globule gras est variable (0,1 à 20 mm, le diamètre moyen du globule gras du lait de vache est : 3 à 5 mm), il diminue du début à la fin de la lactation tandis que le nombre de globules gras augmente au cours d'une traite, un globule gras est donc plus gros en fin de traite de début de lactation (**BOUTONNIER, 2008**). Essentiellement la matière grasse participe à la consistance des pâtes et à leur flaveur.

I.2.3. Les glucides du lait

D'après (**MATHIEU, 1999**), Les sucres du lait sont principalement du lactose, diholoside réducteur, et quelques oligosaccharides (2%). C'est aussi le composé prépondérant de la matière sèche totale. Sa teneur s'élève en moyenne à 50g par litre. Ce dernier est un sucre soluble dans le lait et fermentescible qui sera transformé en acide lactique sous l'action des lactases des ferments. Et il sera en grande partie entraîné dans le sérum, lors de l'égouttage du caillé. L'acide lactique une fois libéré offre la possibilité de mettre en évidence l'acidité d'un lait et d'apprécier l'activité de la flore lactique. Cette acidité augmente aussi sous l'effet des ferments, qui sont essentiellement nécessaires à l'abaissement du pH lors de la maturation.

I.2.4. Les minéraux du lait

Les minéraux jouent un rôle important dans l'organisation structurale des micelles de caséine, ils sont souvent impliqués dans le mécanisme physiologiques (régulation nerveuse ou enzymatique, contraction musculaire ...) (**BRULE, 1987**) et (**GUEGUEN, 1979**). Les principaux minéraux présents dans le lait sont présentés dans le tableau 2, mise à part, de nombreux autres qui sont présents à l'état de traces et qui se retrouvent en faible quantité dans ce dernier tel que : manganèse, bore, fluor, silicium, brome, molybdène, cobalt, baryum, titane, lithium et probablement certains autres (**BRULE, 1987**). Les minéraux sont répartis entre l'état soluble, sous la forme d'ions ou de sels, et l'état colloïdal, associés à la micelle de caséine (**AMIOT et AL., 2002**).

Tableau 2 : Teneurs des différents minéraux dans le Lait (AMIOT et AL., 2002).

Minéraux	Teneur en (mg/kg)
Sodium(Na)	445
Magnésium(Mg)	105
Phosphore(P)	869
Chlore(Cl)	958
Potassium(K)	1500
Calcium(Ca)	1180
Fer(Fe)	0.50
Cuivre(Cu)	0.10
Zinc(Zn)	3.80
Iode(I)	0.28

I.2.5. La matière azotée du lait

La matière azotée du lait englobe deux groupes, les protéines et les matières non protéique qui représentent respectivement 95% et 5% de l'azote minéral du lait (**BRULE, 1987**). Les protéines se répartissent en deux phases : une phase micellaire et une phase soluble. La phase micellaire représente la caséine totale (environ 80% des protéines du lait) du lait. Elle est formée par quatre protéines individuelles :

- Alpha-caséines ou caséines α_1 36% et α_2 10%.
- Beta-caséine ou caséine β 34%.
- Kappa-caséine ou caséine κ 13%.
- Gamma-caséines ou caséine μ 7% (produit de la protéolyse de la β -caséine) (BRULE, 1987).

Une micelle de caséine contient environ 92 à 93% de protéine, la caséine, et 8% de minéraux

La partie minérale de la micelle comporte 90% de phosphate de calcium et 10% d'ions citrate et de magnésium (2,9% de Ca, 0,1% de Mg, 4,3 % d'ions phosphate, 0,5% d'ions citrate) (GUEGUEN, 1979). La présence de phosphate de calcium lié à la caséine est l'une des forces responsables de la stabilité de la structure des micelles de caséine (BRULE, 1987).

Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique et permettre la coagulation. Elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromage et en laits fermentés (GUEGUEN, 1979).

L'autre fraction protéique (environ 17%) du lait est présente dans le lactosérum. Les deux principales protéines sériques sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine (BRULE, 1987).

I.2.6. Les vitamines du lait

Les vitamines sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées, elles sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser. On les retrouve en très petite quantité dans les aliments (VIGNOLA, 2002).

D'après (JEANTET et Al., 2008), on répartit les vitamines en deux classes selon leur solubilité. Soit les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B, vit C, vit H, acide folique, niacine et niacinamide, acide pantothénique), se retrouvent en plus grande concentration dans le sérum, et les vitamines liposolubles (vit A, vit D, vit E, vit K) qui sont associées à la matière grasse. Par conséquent l'écémage du lait diminuera considérablement leur concentration. Par contre elles sont en plus grandes concentration dans les produits comme la crème et le beurre. Les différentes vitamines peuvent ressentir l'effet de la chaleur et de la lumière.

Le tableau suivant indique les différentes teneurs des vitamines dans 100 ml de lait :

Tableau 3 : Composition vitaminique moyenne du lait (AMIOT et AL., 2002)

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotènes)	40 µg/100ml
Vitamine D	2.4 µg/100ml
Vitamine E	100 µg/100ml
Vitamine K	5 µg/100ml
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2 mg/100ml
Vitamine B1 (thiamine)	45 µg/100ml
Vitamine B2(riboflavine)	175µg/100ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50µ g/100ml
Vitamine B12(cyanocobalamine)	0.45µg/100ml
Niacine et niacinamide	90µg/100ml
Acide pantothénique	350µg/100ml
Acide folique	5.5µg/100ml
Vitamine H(biotine)	3.5µg/100ml

I.2.7. Les enzymes du lait

Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes, la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (POUGHEON, 2001).

Le tableau suivant résume la variation de la composition du lait en fonction de l'espèce.

Tableau 4 : Variation de la composition du lait en fonction de l'espèce (C.E.L.P.C., 2000).

Constituants (g/l) / Espèce	Matière Sèche	Lactose	Caséines	Autres Matières azotées	Matières grasses	Matières salines
Vache	120-130	49-50	27-30	5-7	35-42	7-9
Chèvre	110-120	45-50	21-26	5-7	28-36	7-9
Brebis	170-200	45-50	45-50	9-12	70-80	10-12
Femme	120-130	70	10-12	5-6	32-40	3

I.3. Les dérivés du lait

I.3.1. La crème

La crème est une préparation alimentaire concentré issu par écrémage du lait, et beaucoup plus riche en matières grasses que celui-ci.

La crème est obtenue soit mécaniquement par centrifugation, soit naturellement par décantation du lait cru, et sert essentiellement à la fabrication du beurre qui est sa matière grasse mais elle est également commercialisée en tant que crème fraîche. **(PADILLA et GHERSI, 2001)**

I.3.2. Le beurre (industrie beurrière)

Le beurre est extrait de la crème du lait de vache.

- **Définition** : la dénomination « beurre » avec ou sans qualificatif est réservée exclusivement à une émulsion résultant du barattage de la crème ou du lait de vache qui sur 100g ne doit pas renfermer plus de 18g de matière non grasse dont 16g maximum d'eau **(PADILLA et GHERSI, 2001)**.
- **Composition** : Le beurre est composé de :
 - Eau : 16%.
 - Matière grasse : 82%.
 - Éléments non gras : 02%.

I.3.3. Le Lben

C'est un produit lacté classé dans la catégorie « lait fermenté » très répandu en Algérie ou il est consommé aussi bien à la campagne qu'en ville **(Touati, 1990)**. Il est fabriqué à partir du lait de vache, de brebis ou de chèvre. Le lait subit une acidification spontanée par sa flore originelle jusqu'à coagulation. Le caillé obtenu est introduit dans la calebasse (une outre faite en peau de chèvre) ou il subit une forte agitation ou barattage, un certain volume d'eau chaude ou froide suivant la température ambiante est ajouté **(Belbeldi, 2012)**.

I.3.4. Le yaourt

C'est un lait coagulé obtenu par fermentation lactique, due à *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* ensemencés simultanément. Ces deux micro-organismes doivent se retrouver vivants et abondants dans le produit final, qui au moment de la vente au consommateur, ne doit pas contenir moins de 0,7g d'acide lactique pour 100g de lait **(Conte, 2008)**.

I.3.5. Le lait en poudre

Les laits en poudre sont des produits résultant de l'élimination partielle de l'eau du lait, et l'évaporation autant que possible de sorte que l'eau est perdue et de lait devient une poudre **(Kherbouche, 2014)**.

I.3.6. Le fromage

Le fromage, produit frais ou affiné, est obtenu par égouttage après coagulation du lait, de la crème, du lait écrémé ou partiellement écrémé (**PADILLA et GHERSI, 2001**).

- **Classification** : Elle se fait en fonction :
 - De la teneur en matière grasse (fromage maigre, gras, etc.).
 - De l'origine animale (fromage de chèvre, vache, etc.).
 - Du mode de fabrication (KEILING).

Ainsi on distingue :

- Le fromage à pâte fraîche ou fromages blancs : Ils sont obtenus par caillage acide. Ces derniers, sont très humides (60 à 80% d'eau) et consommés en l'état ou additionnés de sel, sucre, d'arômes, d'herbe, Etc. Exemple : « Petit suisse ».
- Le fromage à pâtes pressées : à croûte moisie, croustillée lavée.
- Le fromage à pâtes fermes non cuites : à croûte lavée.
- Le fromage à pâtes fermes cuites : à croûte avec ouverture, à croûte sans ouverture « Beaufort ».
- Le fromage à pâtes molles : à croûte fleurie comme le « Camembert », à croûte lavée définies, à croûte non définies et à croûte séchée.

**Tableau 5 : classification des fromages en fonction des opérations de fabrication
(PADILLA et GHERSI ,2001)**

Pâte			Opération	Exemples
Fromage frais ou a pate fraiche			Ce sont des fromages à égouttage obtenu par centrifugation et filtration. Ils subissent essentiellement une fermentation lactique	-petite suisse -fromage demi-sel
Fromage à Pâte molle		A croute lavée	Ce sont des fromages obtenus par action de la présure qui subissent un affinage après la fermentation lactique. Mais la pâte a molle ni cuite ni pressé l'égouttage est long ; réalisé par simple découpe et éventuellement un brassage	-munster -livarot -pont l'évêque
		A croute moisie		-camembert -brie -carre de lest
		Persillé (à moisissures internes)		Roquefort et autres « bleu
Fromage à pâte pressée	Non cuite	Pate fermenté non cuite	Ce sont des fromages obtenus par action de la présure ; qui subissent un affinage après la fermentation lactique ; sont obtenus par un égouttage avec découpage du caillé, brassage et pression	Cantal
		A croute lavée		Saint Paulin ; reblochon
		A croute moisie		Saint-Paulin ; Tomme de Savoie
		A croute artificielle		EDAM
	cuite	Avec ouverture		Emmenthal comte
		Sans ouverture		beaufort
		très dure (très brassée)		cheddar
Fromages fondus			Il s'agit de préparation issue de la fonte de fromage généralement à pâte pressée	Les fromages en portions

CHAPITRE II :

Généralités sur le fromage

CHAPITRE II : Généralités sur le fromage

II.1. Définition du fromage

Dans la réglementation française, la dénomination "fromage" désigne un produit fermenté ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait qui peut être partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur en matière sèche du produit doit être au minimum de 23 g pour 100 g de fromage, à l'exception de certains fromages frais (C.D.L.C., 1988).

II.2. Constituants du fromage

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

II.2.1. La teneur en eau et extrait sec complémentaires

L'extrait sec est le complément à 100% de la teneur en eau. Il est en fonction de la matière grasse du lait et de la crème ajoutée, et de l'importance de l'égouttage (LUQUET, 1990).

Tableau 6 : Teneur en eau des fromages (LUQUET, 1990).

Types de fromage		Teneur en eau (%)
Fromage blanc		80
Fromage à pâte molle		
Camembert	30% MG	58
	45%MG	50
	50%MG	45
	60%MG	43
Roquefort 50% MG		40
Fromage a pate demi-dure		
Edam	30%MG	50
	40%MG	45
EDAM 45%		42
Fromage à pâte dure		
Emmental 45% MG		36
Parmesan 40%MG		25
Fromage fondu	25%MG	65
	45%MG	52

II.2.2. La matière grasse

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

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

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

II.2.3. Les protéines

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

Tableau 7 : Teneur protéique des fromages (LUQUET, 1990).

Fromage	Teneur protéique En g pour 100g
Fromage blancs	7 à 10
Pâte molle	20 – 21
Pâte persillée	22
Pâte demi-dure	25 – 26
Pâte dure	28 – 30
Fromage fondu (pâte fraîche)	9 à 11
Fromage fondu (pâte dure)	14 à 20

II.2.4. Les glucides

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

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

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

II.2.5. Les minéraux

II.2.5.1. Le sodium

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

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

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

II.2.5.2. Calcium et phosphore

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

Le phosphore restant plus lié aux matières organiques. Dans les fromages fondus dans lesquels des polyphosphates ont été ajoutés, il est compris entre 0.5 et 1. La teneur en magnésium est de 10 à 50 mg pour 100g en rapport avec la concentration en matières sèche **(LUQUET, 1990)**.

II.2.5.3. Vitamines

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

des fromages sont peu intéressants comme sources d'apport en vitamines C et B. Cependant, certaines vitamines du groupe B sont synthétisées par les moisissures. Les fromages à moisissures internes contiennent alors une quantité quatre fois supérieur à celle du lait en vitamines B2, PP, B6. Lors de l'affinage, les minéraux et vitamines migrent vers la croûte du fromage, il est donc conseillé de consommer le maximum de fromage servi, tout en sachant que la croûte est la partie la plus contaminée des fromages par la flore microbienne **(LUQUET, 1990)**.

II.3. Technologie des fromages

Le fromage est simplement fabriqué à partir de lait additionné d'un peu de présure, substance contenue dans la caillotte. Elle est constituée d'enzymes qui font coaguler les protéines du lait. En s'agglutinant, ces dernières piègent les matières grasses du lait, mais aussi l'eau et le sucre, donnant du fromage **(LUQUET, 1990)**.

La production du fromage comprend une multitude d'étapes comme la coagulation, l'égouttage, le salage et l'affinage. Cette dernière étape ne concerne pas le cas des fromages frais, les autres fromages acquièrent leurs caractères lors de l'affinage **(EVETTE, 1975)**.

La qualité du lait de fromagerie est mesurée en effet, par son aptitude à donner un bon fromage, dans des conditions de travail normales, avec un rendement satisfaisant. Elle dépend aussi d'un certain nombre de caractéristiques du produit tels que sa composition chimique, sa richesse en caséines, sa charge microbienne et la nature de sa microflore, son aptitude au développement des bactéries lactiques, en plus, de son comportement vis-à-vis de la présure **(REMEUF et Al., 1991)**.

II.3.1. La coagulation du lait

La fabrication du fromage nécessite une phase de coagulation du lait, qui permet l'expulsion plus ou moins, une grande partie d'eau et de matière soluble (le sérum). On obtiendra ainsi un caillé ou fromage non affiné. La coagulation correspond à une modification physico-chimique des micelles de caséine sous l'action d'enzymes protéolytiques et (ou) d'acide lactique. D'où la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel. Les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent totalement suivant que ces modifications sont induites par acidification ou par action d'enzymes coagulantes ou encore par l'action combinée des deux **(ECK et GILLIS, 1997)**.

II.3.1.1. Coagulation par voie acide

La coagulation par voie acide est procurée par l'acide lactique d'origine bactérienne, qui change le lactose en acide lactique. La diminution du pH du lait de fromagerie adhère avec la production d'acide. Ce qui provoque une solubilisation du phosphate et du calcium colloïdal, un élément essentiel dans la stabilité des micelles de caséine. Ces dernières vont s'accoler entre-elles et composer un gel cassant très ébouleux et peu flexible **(MIETTON, 1995)**. Si l'acidification est rapide par addition d'un acide minéral ou organique, il y a floculation des caséines à pH 4,6 sous la forme d'un précipité plus ou moins granulé éparpillé dans le lactosérum. Par contre, une acidification successive, résultante soit par fermentation lactique, soit par hydrolyse de la

gluconolactone, amène à la construction d'un gel lisse adéquat qui remplit totalement le volume initial du lait (**MIETTON et al., 1994**).

La teneur en protéines agit sur la coagulation acide. Evidemment, un caillé lactique plus ferme sera formé à partir d'un lait riche en protéines (**CAROLE ET VIGNOLA, 2002**).

II.3.1.2. Coagulation par voie enzymatique

La coagulation par voie enzymatique est attestée par un divers type d'enzyme, protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbienne, ayant l'adéquation de coaguler le lait. Il faut aussi tenir compte de leur grande action protéolytique non spécifique complémentaire lui permettant d'hydrolyser les caséines α et β avec libération de peptides (**MIETTON, 1995**). Une diminution du rendement fromager est obtenue si cette hydrolyse est trop élevée, en plus, d'une texture molle et l'apparition de goûts anormaux. La présure est une enzyme protéolytique provenant de la caillotte du veau non sevré. Cette enzyme est en rapport avec deux fractions actives : l'une mineure (20 %), constituée par la pepsine, l'autre majeure (80 %), est représentée par la chymosine qui est le coagulant le plus utilisé (**ECK et GILLIS, 1997**).

En pratique, la coagulation du lait est marquée par trois paramètres : le temps de floculation, la vitesse de raffermissement et la fermeté maximale du gel (**CARON et Al, 1997**). Plusieurs facteurs peuvent les influencer. Le temps de prise est inversement proportionnel à la concentration d'enzyme utilisée. Par contre, si on ajoute plus de présure au lait de fromagerie, le taux de raffermissement et la fermeté du gel augmentent.

La température influe aussi sur la coagulation. En effet, au-dessous de 10°C, la gélification ne se produit pas, entre 10 et 20°C, la coagulation est lente, entre 30 et 42°C, elle est progressive et au-dessus de 42°C elle diminue, pour disparaître à 55°C (**DAVIAU et Al, 2000**).

Le pH, lorsqu'il descend au-dessous du pH du lait, le temps de prise est plus court, le taux de raffermissement augmente et le gel devient plus ferme et atteint un maximum entre 5,8 et 6,0. En revanche, à des pH supérieurs à 7,0, il n'y a plus de coagulation.

II.3.2. L'égouttage :

L'égouttage est l'étape la plus essentielle de la fabrication du fromage, car c'est elle qui détermine la dureté et l'onctuosité du fromage à venir. Cette dernière permet la séparation d'une partie de lactosérum, après rupture mécanique du coagulum, par moulage et dans certains cas par pression. Ce qui conduit à l'obtention du caillé. Son but est non seulement de régler la teneur en eau du caillé (80% d'eau contenue dans le caillé sont extraits), mais aussi la minéralisation de ce dernier et son délactosage.

Ce phénomène physique de séparation de la phase dispersante, fréquent dans les systèmes biologiques contenant des polymères organisés en réseau, est dénommé synérèse (**RAMET, 1985**).

Les mécanismes conduisant à la synérèse sont complexes et celle-ci s'obtient de deux propriétés différentes du gel lacté :

- Un pouvoir de contraction de la trame protéique formée par les micelles de caséine lors de la coagulation, qui se traduit par une compaction du gel.
- Une aptitude du gel à évacuer le lactosérum interstitiel qui est fonction de la porosité et de la perméabilité.

II.3.3. Le moulage

Cette étape consiste à donner une forme au fromage (rond, carré, etc.). IL se fait avec ou sans pression et permet d'extraire le petit lait et de souder les petits grains du caillé.

II.3.4. Le salage

Le salage désigne en fromagerie une phase indispensable de la fabrication des produits affinés. La teneur en sel des fromages varie selon le type de fromage, en moyenne elle est de 0,5-2 g/100 g dans la plupart des fromages, dans certains cas (les fromages bleus et quelques fromages de chèvres), elle peut s'élever à 3-4 g/100g. Par contre, certains fromages orientaux conservés en saumure ont des teneurs assez élevées (8-15 g/100 g). Les modalités de salage sont par saumurages (Emmental, et Camembert), salage à sec et salage en masse (**ALAIS et LINDEN, 1997**). Le salage en masse est utilisé dans les fabrications traditionnelles de quelques fromages typiques du bassin méditerranéen. Il permet la préservation du lait, prolonge les phases de coagulation et d'égouttage du fromage (**RAMET, 1987**).

Le sel permet d'atteindre l'humidité appropriée du fromage. Il exerce, selon sa concentration, une action microbienne sélective et un effet inhibiteur sur l'activité des enzymes. A titre d'exemple, la croissance des bactéries lactiques des levains est inhibée à une teneur en sel supérieure à 2,5 g/100 g, est pratiquement nulle au-dessus de 5 g/100 g. L'effet du sel sur le développement de la flore microbienne des fromages ne peut toutefois être apprécié pleinement qu'en tenant compte de la tolérance des microorganismes au sel dans le milieu fromage et de la teneur en sel de la pâte fromagère (**CHOISY et Al, 1997**). Mise à part ça le salage a d'autres rôles aussi importants tel que : l'amélioration et est complémentaire à la phase d'égouttage, la formation d'une croûte en créant en surface une zone riche en sel et pauvre en eau, la participation au goût du produit.

II.3.5. L'affinage

L'affinage est l'étape la plus complexe de la fabrication des fromages maturés qui dépend de chaque caractéristique physico-chimique ou microbiologique du fromage (**BENNETT et JOHNSTON, 2004**). C'est un processus biochimique complexe et long qui correspond à une phase de digestion enzymatique des constituants du caillé par les différents agents.

Le fromage devient donc le siège de différentes dégradations qui s'effectuent simultanément ou successivement aboutissant à la libération de substances sapides et odorantes en même temps que la modification de la texture (**CHOISY et Al, 1997 (b)**). Le fromage est ainsi comparé à un bioréacteur complexe dont le praticien devra maîtriser l'évolution pour la porter vers les caractéristiques optimales recherchées (**RAMET, 1997**).

La durée d'affinage varie selon le fromage, elle dure quelques semaines à deux ans ou plus à des températures spécifiques pour les différents types de fromages.

II.4. Caractéristiques physicochimiques des différentes classes de fromages

Les phases d'égouttage et d'acidification tiennent une place importante dans le mode d'obtention des caillés lactique et présure, puisqu'elles régulent les deux facteurs prépondérants que sont l'activité de l'eau (A_w) et le pH comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 8 : Caractérisation de différentes catégories de fromages par effet de pH et A_w (LE JAOUEN, 1993).

Catégorie de fromage	pH	A_w
Pâte fraîches	4.3-4.5	0.980-0.995
Pâtes molles	4.5-4.8	0.970-0.990
Pâtes pressées	4.8-5.2	0.940-0.970
Pâtes dure	5.0-5.5	0.885-0.905

Ces deux facteurs jouent un rôle essentiel dans l'orientation de la croissance des microorganismes et dans le développement des réactions enzymatiques et biochimiques au cours de l'affinage des caillés. Comme on peut s'y attendre, il existe une relation entre la teneur en eau et l'activité de l'eau des fromages plus que le A_w est élevée, plus que l'humidité et important (LE JAOUEN, 1993).

II.5. Les grandes familles de fromage :

Les différents types de fromages présentent des caractères spécifiques liés à la fois au mode de coagulation et d'égouttage et à la flore microbienne, qui libère des enzymes responsables de la saveur, de la texture et de l'aspect de la pâte. On peut définir les différents types de fromage qui sont

II.5.1. Fromages frais

Le fromage frais (Cottage, Mascarpone, Fromage à la crème, Petit Suisse, Quark) résulte de la coagulation lente du lait par action de l'acidification combinées ou non à celle d'une faible quantité de présure. Le fromage frais présente une grande diversité selon le degré d'égouttage et la teneur en matière grasse du lait mis en œuvre. Ces caillés restent très humides (75-80%) et sont peu minéralisés. La pâte a un pH bas (4.3, 4.5), n'a pas de cohésion et se prête à la fabrication de fromage sans forme ou de format réduit et de courte conservation (MALLAY, 2012). Les fromages frais se caractérisent tous par :

- Un caillé non pressé et une teneur élevée en eau
- Une saveur douce ou légèrement acidulée
- Un produit à consommer sans période de maturation.

Les fromages frais sont lisses, crémeux ou granuleux et ils sont disponibles natures ou assaisonnés de légumes, de fruits ou d'épices.

II.5.2. Fromages à pâte pressée

Les catégories des fromages à pâte pressée désignent une série de fromages très variée dans leur composition, leur format et leur aspect extérieur (croûte sèche ou présence d'une couverture microbienne). La coagulation à caractère enzymatique nécessite des laits frais et l'emploi de doses élevées en enzyme coagulant. Le temps de prise est court et la phase de durcissement est réduite pour éviter la déminéralisation du gel. Le pressage permet de compacter les grains et d'évacuer le lactosérum inter-granulaire (**EVETTEL, 1975**). La bonne cohésion de la pâte permet la fabrication de fromages de gros format. Les pâtes pressées se divisent en 2 familles qui sont :

II.5.2.1. Les pâtes pressées non cuites

Elle présente une teneur en matières sèches comprise entre 44 et 55%. Certains PPNC subissent un délactosage afin de limiter l'acidification et la baisse du aw qui a un rôle important sur la sélection microbienne et sur l'action enzymatique. Voici quelques exemples de PPNC :

- Les PPNC à croûte sèche (edam, gouda, cantal, raclette, Etc.).
- Les PPNC à croûte fongique (tommes ... Etc.)

II.5.2.2. Les pâtes pressées cuites

Les pâtes pressées cuites subissent une cuisson entre (53 et 55 °C) pendant (30 à 50 min) lors du travail en cuves afin d'effectuer un égouttage plus poussé pour atteindre un extrait sec final de 60% à 63%. Ce sont des fromages de garde, et on distingue :

- Le groupe emmental qui se caractérise par des fromages de gros format (65 à 110 kg) à croûte sèche présentant des trous dans la pâte dus à la formation des propénoïques lors du passage en cave chaude (16 à 18 °C).
- Le groupe du gruyère qui regroupe des fromages à croûte marmorée, de format plus réduit présentant peu ou pas de trous dus à une faible fermentation propionique (**EVETTEL, 1975**).

II.5.3. Fromages à pâtes dures

Leur teneur en extrait sec varie entre 64% et 72% et leur durée de conservation peut atteindre 2 à 3 ans et en font de véritables fromages de garde. Leur technologie se rapproche de celle des fromages à pâte pressée cuite, le tranchage est poussé et le brassage est effectué à chaud pendant 1 à 2 heures avec une montée en température de 55-58 °C, ce qui permet d'atteindre l'extrait sec recherché. La croûte est séchée et brossée régulièrement, parfois huilée (EVETTEL, 1975).

Les principaux représentants sont d'origine italienne (Parmesan, Asiago, Grana) et suisse (Sbrinz).

II.5.4. Fromages à pâtes filées

Les fromages à pâte filée sont des fromages typiques d'origine italienne (formaggio di pasta filata), traditionnellement fabriqués avec du lait d'hiver, conférant à la pâte une couleur blanche recherchée. Ils peuvent être fabriqués avec du lait de vache, de brebis ou de chèvre, comme le provolone ou caciocavallo, mais aussi du lait de bufflonne pour la mozzarella. Jusqu'au brassage en cuve, ils présentent de grandes similarités avec la fabrication de pâtes pressées (LE JAOUEN, 1993).

- **Coagulation** : elle se fait avec des présures en pâte amenant des protéases coagulantes et des lipases pré gastriques qui facilitent le développement de saveurs (LE JAOUEN, 1993).
- **Égouttage** : il est accentué par tranchage et brassage en cuve. Les grains sont alors laissés au repos pendant 3 à 8 heures jusqu'à obtention d'un pH de 5,15 à 5,20, nécessaire pour avoir un filage correct. Le caillé est ensuite découpé en lamelles lesquelles sont immergées dans de l'eau ou du lactosérum chaud (de 70 à 80 °C) pendant 10 à 20 min. Après fusion, la masse est malaxée, étirée, lissée soit manuellement soit mécaniquement. Elle est ensuite conditionnée sous diverses formes : balle, cylindre, disque (LE JAOUEN, 1993).
- **Salage** : les fromages sont enfin plongés dans l'eau froide pour durcissement puis salés en saumure (LE JAOUEN, 1993).

II.5.5. Fromages à pâtes molles, à croûte lavée ou fleurie

Les fromages à pâtes molles ont une texture généralement crémeuse et onctueuse avec une légère élasticité dans la pâte.

Les pâtes molles contiennent entre 50% et 60% d'humidité. Ce type de fromage se divise en deux catégories : les pâtes molles à croûte fleurie et naturelle et les pâtes molles à croûte lavée. Ils sont fabriqués à partir de lait pasteurisé ou de lait cru de chèvre, de vache ou de brebis (EVETTEL, 1975).

II.5.5.1. Fromages à pâtes molle, à croûte fleurie

Il se caractérise par une croûte blanche à dorée recouverte d'un duvet de moisissures blanc et feutré appelé fleur qui se développe pendant l'affinage ce qui leur donne le nom « croûte fleurie ». Cet aspect duveteux de la croûte est dû à la présence du champignon *penicillium candidum* qui peut être pulvérisé à la surface des fromages en début d'affinage (EVETTEL, 1975).

II.5.5.2. Fromages à pâtes molle, à croûte lavée

Le principe de fabrication d'une pâte molle à croûte lavée est semblable à celui des pâtes molles à croûte fleurie, sauf que le caillé est coupé plus ou moins finement avant d'être mis en moule.

Ce « rompage » facilite l'écoulement du petit lait, la pâte sera plus serrée, plus compacte mais néanmoins moelleuse, coulante ou plus ferme, selon le degré de séchage.

Durant l'affinage, qui s'étend sur deux à quatre mois, le fromage est retourné régulièrement puis brossé ou lavé à l'aide d'une saumure additionnée de bière, d'hydromel, de vin ou d'eau de vie, ce qui contribue à l'élaboration de ses diverses caractéristiques. Il révèle des saveurs marquées ou prononcées, parfois fortes (EVETTEL, 1975).

II.5.6. Fromages fondus

Il s'agit de préparations fromagères fabriquées à partir d'autres fromages que l'on broie et remet à fermenter ou dont on a fondu ensemble la pâte. Jadis, c'étaient des produits liés à la récupération ou la valorisation de restes de fromages « passés » (trop faits, trop durs) ou accidentés. Après avoir coupé et broyé de vieux morceaux de fromage immangeables, on les trempait dans un liquide (fromage frais, lait...Etc.) afin d'enclencher une seconde fermentation (EVETTEL, 1975).

Actuellement, les entreprises laitières en mélangeant des fromages frais et affinés, additionnés éventuellement à du lait, beurre, crème, caséine, lactosérum et d'autres ingrédients (épices, aromates...Etc.) parviennent à produire des saveurs très variées. Depuis quelques années, grâce à une publicité intensive, les fromages fondus à base de pâtes fraîches ont gagné une part importante du marché. Le traitement thermique se fait à 100 °C en présence de polyphosphates de calcium et de sodium (à 3 %) (EVETTEL, 1975).

- Cette tendance du marché alimentaire algérien a suscité notre curiosité, c'est pour cela que nous allons focaliser notre travail sur le contrôle de la qualité en faisant une analyse de la concentration de la flore microbienne et de la composition physico-chimique de ce fromage en question qui est constamment présent notre alimentation quotidienne, mais tout d'abord nous allons entamer une présentation explicite de ce type de ce dernier qui sera mise en œuvre dans la troisième partie qui suit de ce chapitre.

CHAPITRE III : LE FROMAGE FONDU

CHAPITRE III : Fromage fondu

III.1. Aperçu historique et économique du fromage fondu dans le monde et en Algérie

III.1.1. Aperçu historique

La possibilité de produire le fromage fondu a été traitée pour la première fois en 1895. Les sels de fonte n'étaient pas utilisés et le produit n'a pas réussi. Le premier fromage fondu réussi, dans lequel les sels de fonte ont été utilisés, était introduit en Europe en 1911 et aux USA en 1916 par Kraft **(MEYER, 1973)**. Selon **(FOX et MCSWEENEY, 1998)**, la fonte des fromages présente plusieurs avantages, on peut citer :

- Une certaine quantité de fromage qui est difficile ou même impossible à commercialiser peut-être employée.
- Le mélange de différentes variétés de fromage et d'autres matières premières non laitières permet de donner des fromages fondus différents du point de vue consistance, flaveur et forme.
- Ils ont une stabilité à la conservation sous des températures modérées, ce qui réduit le coût de stockage et du transport **(CHRISTENSEN et Al, 2003)**.
- Ils sont plus stables que les fromages naturels pendant le stockage.
- Une valeur nutritionnelle excellente, spécialement comme source de calcium et de protéines pour les enfants, et bonne aptitude à la satisfaction des besoins nutritionnels s'ils sont enrichit en vitamines et en minéraux **(ZHANG et MAHONEY, 1991)**.
- Ils sont attractifs pour les enfants qui refoulent les saveurs poussées des fromages naturels.

III.1.2. Importance économique du fromage fondu dans le monde

La production de la spécialité fromagère dans différents pays est illustrée dans le tableau I-1. La production globale est estimée à une quantité de 2 million de tonnes/an, qui est l'équivalent de 13 % du total des fromages **(GUINEE et Al., 2004)**.

Tableau 09 : Production mondiale de la spécialité fromagère entre 1996 et 2004 (en milliers de tonnes (GUINEE et Al, 2004).

Pays	1996	2004
France	126	134
Allemagne	157	171
Italie	20	20
Belgique	54	55
Espagne	39	37
USA	1081	1092
Australie	50	57

III.1.3. Importance économique du fromage fondu en Algérie

L'Algérie est un pays importateur des fromages. L'évolution des importations des fromages a enregistré un taux de 75 % entre 1995 et 1998. Ceci montre que la production des fromages en Algérie était faible et n'arrivait pas à satisfaire les besoins du marché algérien (**PADILLA et GHERSI 2001**).

Tableau 10 : Evolution des importations des fromages en Algérie entre 1995 et 1998 (en tonnes) (**PADILLA et GHERSI, 2001**).

Année	1998	1999	2000	2001
Importation des fromages en Algérie (tonnes)	9051	12260	16733	15862

III.2. Caractéristiques et valeur nutritionnelle

III.2.1. Définition

La dénomination « spécialité fromagère fondue » est réservée au produit laitier, dont la teneur minimale en matière sèche est de 25 grammes pour 100 grammes de produit, préparé à partir de fromage et d'autres produits laitiers. Ce produit est obtenu par des techniques de traitement qui incluent la fonte et conduisent à l'émulsification des matières premières et doit avoir subi, au cours de sa fabrication, une température d'au moins 70°C pendant 30 secondes ou toute autre combinaison de durée et de température d'effet équivalent (**J.O.R.F., 2007**).

III.2.2. Classification

Selon la teneur en matière grasse de l'extrait sec (MG/ES), les fromages fondus peuvent se diviser en sept catégories, présenter dans le tableau suivant.

Tableau 11 : Classification des fromages fondus (D.F.I., 2009).

Catégorie selon la teneur en MG	Teneur minimale MG/ES en g/kg	Fromage fondu ES minimal en g/kg	Fromage fondu à tartiner ES minimal en g/kg
Double crème	650	530	450
Crème	550	500	450
Gras	450	500	400
Trois –quarts gras	350	450	400
Demi-gras	250	400	300
Quatre –gras	150	400	300
Maigre	Moins de 150	400	300

III.2.3. Classification selon la forme

- **Fromage fondu en bloc (EDAM)**

C'est le plus ancien des fromages. L'extrait sec total est relativement élevé en regard rapport matière grasse/ matière sèche (MG/ES). Il a une consistance ferme et une bonne élasticité. Le coulage s'effectue sous forme de blocs de poids différents, mais aussi de plus en plus sous forme de tranche.

- **Fromage fondu en portion**

La condition en portion concerne aussi bien le fromage fondu à couper que le fromage a tartiné. La différence entre le fromage à couper et le fromage a tartiné réside dans le rapport MG/ES. L'extrait sec du fromage a tartiné est généralement de 43% et celui du fromage a coupé arrive à 48%.

- **Fromage fondu en boîte métallique**

Le produit est stérilisé si le stockage est prolongé, une altération de la texture du fromage, ainsi que l'aspect et le gout par réaction de Maillard sont à craindre (**Kiboua, 1992**).

- **Fromage fondu en tranche**

Les tranche sont obtenu soit en formant des bandes qui seront découpées soit en moulant le fromage sous forme d'un tube, il possède un rapport matière grasse/ matière sèche élevé (**Kiboua, 1992**)

- **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 conditionné en emballages souples (portions) ou rigides (pots, barquettes, tubes) (**Boutonnier, 2000**)

III.2.4. Valeur nutritionnelle

La spécialité fromagère comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Elle apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire comme le démontre le tableau ci-dessous. Ne nécessitant aucune préparation, c'est un excellent moyen d'apporter à notre corps les éléments énergétiques et bâtisseurs nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux, vitamines...Etc.) (**MEYER, 1973**).

Tableau 12 : Composition du fromage fondu (MEYER, 1973).

Composant	Composition par 100 g de Fromage fondu
Eau	51.3%
Matière grasse	23.6%
Protéines	14.4%
Sodium	1.26mg
Potassium	65.0mg
Calcium	547.0mg
Phosphore	944.0mg
Vitamine A	0.30mg
Vitamine D	3.13µg
Vitamine B1	34.0µg
Vitamine B2	0.38 µg
Vitamine B6	70.0 µg
Biotine	3.60 µg
Acide folique	3.46 µg
Vitamine B12	0.25 µg
Vitamine C	Trace
Valeur énergétique (KJ/Kcal)	1178/282

III.3. Matières premières de la technologie de la spécialité Fromagère « fromage fondu pasteurisé »

III.3.1. Fromage fondu pasteurisé

C'est un type de fromage obtenu après traitement thermique à une température de 90°C pendant 10 à 15 minutes, afin de détruire tous les germes banaux. Il est fabriqué à partir des matières premières laitières dont le lait est leur vraie base c'est pour cette raison que nous avons commencé notre premier chapitre par des généralités sur le lait.

III.3.2. Matières premières et composition du fromage fondu pasteurisé

Au niveau de la laiterie et fromagerie de boudouaou (L.F.B) les matières premières utilisées dans la fabrication sont (**voir Annexe 02**) :

- Fromage en bloc (EDAM)
- Fromage de fonte (cheddar)
- La poudre de lait à 26% de matière grasse
- L'eau
- Les sels de fonte
- La préfonte

- **Fromage en bloc (EDAM)**

Le fromage en bloc (EDAM) est un fromage à pâte pressé non cuit fabriqué par l'unité LFB à partir du lait de vache collecté, en passant par plusieurs étapes (Emprésurage, caillage, moulage, égouttage, salage, affinage) on obtient alors un fromage qui sera l'un des matières premières pour fabriquer le fromage fondu pasteurisé.

- **Fromage de fonte (cheddar)**

Le cheddar est fabriqué exclusivement à partir du lait de vache pasteurisé. C'est un fromage à pâte dure et de bonne conservation, possédant une forme cylindrique ou en blocs, il peut présenter une croûte lisse de couleur allant de paille pâle à paille foncée jusqu'à l'orange et peut être recouvert de cire ou enveloppé d'une toile. La teneur minimale de matière grasse dans l'extrait sec doit être de 48%, sa teneur en humidité est de 35% maximum.

- **La poudre de lait**

On obtient la poudre de lait lorsqu'on enlève l'eau de lait entier, pasteurisé et homogénéisé, par un processus d'évaporation et de séchage par atomisation. Sa durée de conservation est environ six mois.

- **L'eau**

Elle joue un rôle important dans la préparation du fromage fondu, elle intervient comme matière première mais elle peut être un agent vecteur porteur des germes dangereux c'est pour ça il faut qu'elle soit potable.

- **Les sels de fonte**

Les sels de fonte sont les seuls additifs employés dans la fabrication du fromage. Ils permettent la réalisation de processus de la fonte par échange d'ions (calcium contre sodium en générale) et donnent au produit fini une texture homogène. Leur absence entraîne après arrêt du brassage la séparation de caséine (**Luquet, 1990**)

- **Préfonte**

Il s'agit de fromage déjà fondu qui résulte de la récupération de la pâte contenue dans différents endroits du circuit du produit dans l'atelier en fin de production. On a constaté en pratique que le crémage est beaucoup plus rapide qu'en l'absence de préfonte (**BERGER et Al, 1993**).

III.4. Processus de fabrication du fromage fondu pasteurisé à la laiterie et fromagerie de Boudouaou (L.F.B)

Les principales étapes que comprend la fabrication du fromage fondu sont comme suit : (**voir Annexe 01**)

- **Nettoyage de la surface des fromages**

C'est enlever le film de plastique emballant le cheddar et se débarrasser des moisissures du fromage en bloc à l'aide d'un couteau ou avec d'un grattoir

- **Découpage, broyage du fromage**

Une fois le cheddar est déshabillé il est découpé à l'aide d'un fin fil de fer en morceaux plus petits. Le fromage est coupé à l'aide d'une machine ou bien d'un autre outil selon les moyens disponibles de l'unité productrice.

- **Mélange des matières premières**

C'est le moment où toutes les matières sont mélangées, elle s'effectue dans une machine spéciale et la proportion diffère selon les caractéristiques organoleptiques du fromage qu'on obtient

- **Traitement thermique**

Il consiste à cuire les ingrédients avec un brassage simultané dans des pétrins à simple ou à double cuve puis par un chauffage par injection indirecte de la vapeur et double paroi, réalisant une pasteurisation de 85°C à 95°C pendant 5 à 10 minutes

- **Conditionnement du fromage fondu (en portion)**

Le transport du fromage chaud se fait manuellement à l'aide de bidon dans des machines conçu pour sa ensuite, il est emballé dans des feuille d'aluminium et une fois conditionné on les met dans des boites de carton de façon manuelle.

- **Refroidissement**

Une fois le fromage conditionné, il subit un refroidissement on le laisse dans une chambre froide à 4°C

- **Etiquetage**

Il permet au consommateur de voir ces différentes caractéristiques ainsi que ces composants.

- **Stockage et commercialisation**

Les fromages sont stockés à des températures de 4°C pendant un à deux jours puis sont livré selon les commandes.

- **Hygiène de production**

Divers outils sont à la disposition des opérateurs pour leur permettre de répondre à la qualité attendue. Il existe des guides de bonnes pratiques fromagères et même une méthode reconnu d'identification et de contrôle des risques liés à une telle production, cette méthode est HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) (**Lagrange, 1995**). Toutes les industries agroalimentaires mettent en place des plans HACCP qui vise à garantir la sécurité sanitaire des aliments fabriqués. Le fromage possède ces propres seuils règlementaires, définit par la directive 92/46/CEE. (**Zeller, 2005**).

III.5. Défauts de fabrication

Au cours du processus technologique et pendant le stockage, quelques défauts technologiques peuvent apparaître.

Tableau 13 : Origines possibles de défauts de fabrication et remèdes possibles à envisager
(BERGER et Al, 1993).

Aspect de la pate	Origines possibles	Remèdes
Lapâten'est pas homogène	-Le pH est faible, etsa valeur dépend de la matière première employée (exemple l'emmental nécessite un pH plus élevé que le cheddar) -La teneur de sel de fonte est faible -Le temps de cuisson étant court	-Augmenter le pH -Augmenter la dose -Augmenter le temps
Fondu liquide	-n'est pas affinée, n'arrive pas à crémer ou à l'inverse, est trop vieille et ne gonfle pas -Les sels de fonte employés n'étaient pas crémants -Le mélange contient une quantité élevée d'eau	-jeune avec une autre affine -Mettre un sel de fonte crémant -Vérifier la qualité d'eau
La pâte forme des fils	-L'emploi des sels n'est pas adéquat -Temps de fonte court -Dose de sels de fonte n'est pas exacte -Brasoir d'une vitesse faible	-Augmenter le temps -Augmenter la dose de sels -Augmenter la vitesse des brasoirs
À l'ouverture des pétrins la pâte est trop molle	pH élevé	Diminuer le pH
A l'ouverture du pétrin la pâte est relativement épaisse	pH faible	Augmenter le pH
Un gout prononcé de fromage	Cela tient dans la plupart des cas, à un emploi élevé du fromage trop vieux où une valeur élevée du pH	-Si c'est possible de mélanger la matière première à un fromage plus jeune -Réduire la quantité des sels de fonte en remplaçant la différence par le citrate de sodium qui masque le gout indésirable

III.6. Contrôle de la qualité

III.6.1. Qualité de la matière première

Ces contrôles doivent être réalisés dès l'arrivée des matières premières sur le lieu de fabrication (BOUTONNIER, 2002).

- **Plan physico-chimique** : pH, extrait sec et matière grasse. Il est également souhaitable de réaliser une analyse de la teneur en caséine, notamment pour les fromages affinés et de vérifier l'absence de contaminants.
- **Plan organoleptique** : aspect externe et interne, texture, couleur et flaveur.
- **Plan bactériologique** : estimation de la charge microbienne initiale en germes totaux et sporulés.

III.6.2. Qualité au cours de fabrication

Aux principales étapes du procédé de fonte, plusieurs paramètres doivent être suivis : (BOUTONNIER, 2002)

- **Préparation, dosage** : respect des proportions des ingrédients par contrôle des masses des ingrédients respectifs.
- **Pré mélange, mélange** : homogénéité de la pâte, mesure du pH et de la teneur en eau et si possible de la teneur en matière grasse.
- **Cuisson, fonte** : temps et température de fonte, vitesse de brassage.
- **Stabilisation thermique** : temps et température de pasteurisation ou de stérilisation, temps et température de refroidissement.
- **Crémage** : temps, température et intensité du brassage, qualité et quantité de préfonte ajoutée.
- **Conditionnement** : température de conditionnement, absence de fils de fromage, pliage et étanchéité des soudures pour les emballages souples, suivi des masses, de l'étiquetage et du banderolage.
- **Refroidissement** : temps et température

III.6.3. Qualité du produit fini

- **Présentation** : du fromage fondu emballé (contrôle général).
- **Emballage** : aspect, étanchéité.
- Produit débarrassé de son emballage :
 - **Aspect externe** : brillance, couleur, absence de trous, de cristaux, de particules infondues, d'exsudation grasse....
 - **Texture** : consistance par analyse pénétrométrique, tartinabilité.
 - **Flaveur** : olfaction, rétro-olfaction et gustation. Et gustation.
- **Test de fonctionnalité** : stabilité à la chaleur, aptitude à la refonte dans différentes conditions (four à air chaud, four à micro-ondes...). Cette liste n'est pas exhaustive, seuls les principaux contrôles qualitatifs ont été mentionnés.

D'autres contrôles sont pratiqués, notamment ceux spécifiques à chaque type de fromage fondu ainsi que tous les contrôles quantitatifs.

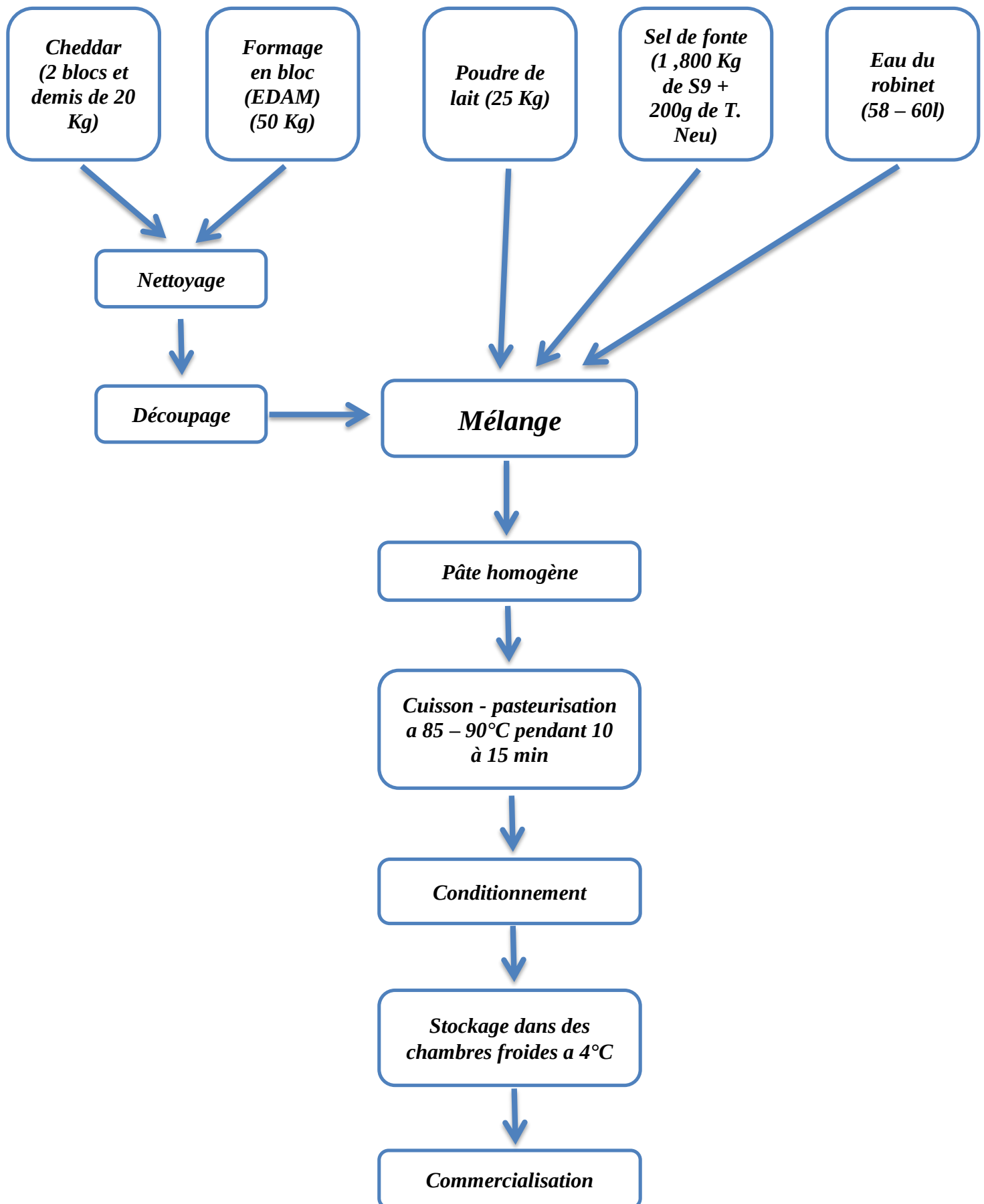


Figure 1 : Processus de fabrication du fromage fondu pasteurisé au niveau de la L.F.B

**PARTIE II :
MATERIELS
ET
METHODES**

CHAPITRE I :
ANALYSES
MICROBIOLOGIQUES
DU
« FROMAGE FONDU »

CHAPITRE I : Analyses Microbiologiques du « Fromage fondu »

L'objectif des analyses microbiologiques est de rechercher ou de quantifier un certain nombre de micro-organismes, indicateurs d'un ou de plusieurs problèmes rencontrés lors du procédé de fabrication ou susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine lors de la mise sur le marché. Dans cette partie on va faire les analyses microbiologiques des matières premières et du fromage fondu comme produit fini, et cela pour assurer une bonne qualité microbiologique.

I.1. L'échantillonnage pour le fromage en bloc, cheddar et produit fini

Pour le cheddar, le fromage en bloc, et le fromage fondu (produit fini), le même procédé d'analyses microbiologiques s'applique sur les 3

L'échantillonnage consiste à

- Introduire et diluer aseptiquement 25 g de l'échantillon du fromage choisi, qui constitue l'unité d'analyse dans un sachet stérile, contenant au préalable 225 ml de dilution TSE (Tryptone sel - bouillon), qui va permettre de revitaliser les microorganismes présents.
- Sceller ensuite ce sachet pour qu'il puisse être utilisé dans le stomacker. Cet appareil, par une action mécanique, va assurer le broyage et l'homogénéisation, afin d'obtenir une solution mère à la dilution 10-1 par rapport au produit de départ.

I.1.1. Les germes recherchés pour cette denrée et leur dénombrement

L'objectif de cette partie d'étude est d'évaluer la qualité microbiologique du fromage fondu. D'une manière spécifique il s'agira de rechercher et dénombrer des germes dans les produits (cheddar, fromage en bloc, produit fini), ces germes qui sont :

- Les coliformes totaux.
- Les coliformes fécaux.
- staphylococcus aureus
- Les Salmonelles

I.1.2. Dénombrement des coliformes totaux

I.1.2.1. Rappel

Les coliformes totaux se définissent comme des bactéries aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet. Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau).

I.1.2.2. Principe

Numération des colonies caractéristiques des coliformes totaux qui se sont développées de 24h à 48h à 37°C, sur gélose désoxycholate puis confirmation du nombre de colonies par fermentation du lactose. Il s'agit d'un dénombrement de coliformes totaux.

I.1.2.3. Mode Opérateur

- L'opération s'effectue à proximité d'une flamme.
- Porter aseptiquement 1 ml de la dilution 10⁻¹, à mettre dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec 15 à 20 ml de la gélose désoxycholate préalablement liquéfié et refroidit à 45°C ± 1°C
- Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout
- Laisser solidifier le mélange sur une paillasse.
- La boîte est incubée, couvercle en bas pendant 24h à 48h à 37°C pour la recherche des coliformes totaux.
- La recherche des coliformes totaux se fait donc par la méthode d'ensemencement par inondation.

I.1.2.4. Sélection et dénombrement des colonies

- Les coliformes totaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge cerise et de 0.5 mm de diamètre, ou plus et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.
- Les résultats sont exprimés en nombre de coliformes / ml du produit.

I.1.3. Dénombrement des Coliformes fécaux

I.1.3.1. Rappel

Les coliformes fécaux se définissent comme des bactéries anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet, capable de se développer à 44 °C en moins de 24 h ce qui les distingue des coliformes totaux, ces bactéries apparaissent toujours en grandes quantités dans les déjections animales et humaines et ne se trouve qu'exceptionnellement dans les sols et les eaux qui n'ont pas été l'objet d'une pollution fécale. Ils sont généralement en nombre inférieur aux coliformes totaux et indiquent qu'il y a contamination récente ou constante.

I.1.3.2. Principe

Numération des colonies caractéristiques des coliformes fécaux qui se sont développées en 24 h à 44°C, sur gélose désoxycholate puis confirmation du nombre de colonies par fermentation du lactose. Il s'agit d'un dénombrement de coliformes fécaux.

I.1.3.3. Mode Opératoire

- L'opération s'effectue à proximité d'une flamme.
- Porter aseptiquement 1 ml de la dilution 10⁻¹, à mettre dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec 15 à 20 ml de la gélose désoxycholate préalablement liquéfié et refroidit à 45°C ± 1°C
- Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout
- Laisser solidifier le mélange sur une paillasse.
- La boîte est incubée, couvercle en bas pendant 24h à 48h à 44°C pour la recherche des coliformes fécaux.
- La recherche des coliformes fécaux se fait donc par la méthode d'ensemencement par inondation.

I.1.3.4. Sélection et dénombrement des colonies

- Les coliformes fécaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge cerise et de 0.5 mm de diamètre ou plus, et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.
- Les résultats sont exprimés en nombre de coliformes / ml du produit.

I.1.4. Dénombrement des *Staphylococcus aureus*

I.1.4.1. Rappel

Staphylococcus aureus est une bactérie qui fait partie des microcoques à Gram positif, catalase positive, ce dernier a un diamètre d'environ 0,5 à 1,5 µm, non sporulé, immobile et facultativement anaérobie, qui fait partie de la flore humaine et est surtout présent dans le nez et sur la peau.

Staphylococcus aureus est une bactérie à l'origine de nombreuses infections ou intoxications alimentaires.

I.1.4.2. Principe

Avec la dilution initiale 10^{-1} , on ensemence en surface de gélose Baird Parker pré coulée en boîte de pétri à l'avance.,

Après une incubation de 48 h à 37 °C, les colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques apparues sont dénombrées dans les produits qui sont le cheddar, fromage en bloc, et le produit fini.

I.1.4.3. Mode Opérateur

Par cette méthode, les *Staphylococcus aureus* font l'objet d'une recherche et dénombrement sur le milieu Baird Parker, plus 10 ml d'émulsion de jaune d'œuf et 5 ml d'additif tellurite de potassium/

- Sécher boîte de gélose dans une étuve à $46\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ jusqu'à disparition complète des gouttelettes à la surface du milieu (couvercle enlevé et surface de la gélose tournée vers le bas)
- Homogénéiser la dilution décimale 10^{-1} avant inoculation à la surface de la boîte gélosée.
- Déposer 0.1 ml, de la suspension mère réalisée préalablement (dilution décimale 10^{-1}), à la surface de la gélose Baird Parker
- Etaler par la suite, soigneusement la dilution, et le plus rapidement possible sans toucher les bords de la boîte à l'aide d'une pipette stérile (pipette râteau)
- Laisser la boîte, couvercle fermé, pendant 15 minutes à température ambiante
- Incuber à l'étuve pendant 48 h à 37 °C
- La recherche des *Staphylococcus aureus* se fait donc par la méthode d'ensemencement en surface où son principe est de couler déjà le milieu qu'on laisse refroidir, puis d'étaler la solution à l'aide d'un étaleur stérile, comme il l'a été soigneusement explicité précédemment.

I.1.4.4. Sélection et dénombrement des colonies

- Les colonies caractéristiques après 48 h d'incubation sont noires, brillantes et convexes dont le diamètre est au minimum de 1 mm et au maximum de 2.5 mm entourées d'un halo d'éclaircissement et de précipitation.
- Les colonies non caractéristiques après 48 h d'incubation sont noires et brillantes avec ou sans bord blanc étroit avec absence des halos d'éclaircissement et de précipitation
- Les colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques sont dénombrés manuellement

I.1.5. Recherche des salmonelles

I.1.5.1. Rappel

La recherche des salmonelles et leur identification permet de savoir si le produit est dangereux à consommer ou non. Les salmonelles attaquent spécifiquement la cavité gastro-intestinale qui va provoquer une diarrhée avec douleur abdominale. Les bactéries du genre salmonella appartiennent à la famille des enterobacteriaceae (entérobactérie pathogène) ce sont des bacilles Gram-, anaérobies facultatifs, habituellement mobiles grâce à une ciliature péritriche, oxydase-, catalase+, lactose-, H₂S+

I.1.5.2. Principe

La présence du sucre, extrait de levure, et de peptone constituent la gélose Hektoen qui favorise l'isolement des bactéries du genre Salmonella qui sont en fait des entérobactéries pathogènes, ce milieu est rendu sélectif par la présence des sels biliaires qui inhibent le développement du Proteus, avant de procéder à l'isolement, il faut réaliser un pré-enrichissement dans un bouillon lactose mannitolé tamponné (BLMT) puis un enrichissement sur le bouillon au sélénite acide de sodium et cystéine (SFB)

I.1.5.3. Mode Opératoire

La recherche des salmonelles se fait en trois étapes :

1. Pré-enrichissement

Cette étape consiste à introduire 25 ml de l'échantillon à analyser dans 100ml de milieu BLMT qui va être incubé à 37°C pendant 24 heures.

2. Enrichissement

Elle consiste à prélever 1 ml du milieu de pré-enrichissement et l'ensemencer dans 10 ml de milieu SFB, ensuite incubé le tout à 37°C pendant 24 heures

3. Isolement

À partir du milieu SFB positif, ensemencer par stries une boîte de pétri contenant la gélose Hektoen. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

I.1.5.4. Sélection et recherche des colonies

- Les colonies Les salmonelles se présentent sous forme de colonies de 2 à 4 mm de diamètre et de couleur bleu verdâtre avec ou sans centre noir.
- Les résultats sont exprimés par la présence ou l'absence de germes.

I.2. L'échantillonnage pour la poudre de lait

Introduire et diluer aseptiquement 25 g de l'échantillon du la poudre de lait, qui constitue l'unité d'analyse dans un sachet stérile, contenant au préalable 225 ml de dilution **TSE (Tryptone sel - bouillon)**, qui va permettre de revitaliser les microorganismes présents. Sceller ensuite ce sachet pour qu'il puisse être utilisé dans le stomacker. Cet appareil, par une action mécanique, va assurer la dissolution et l'homogénéisation, afin d'obtenir une solution mère à la dilution 10-1 par rapport au produit de départ.

I.2.1. Les germes recherchés pour cette denrée et leurs dénombrements :

L'objectif de cette partie d'étude est d'évaluer la qualité microbiologique de la poudre de lait, les bactéries témoins de contamination sont :

- Les entérobactéries.
- Les staphylococcus aureus.
- Les salmonelles.

I.2.2. Dénombrement des entérobactéries

I.2.2.1. Rappel

Les Entérobactéries se définissent comme des bactéries aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet. Retrouvé partout dans le sol, dans l'eau, et surtout dans l'intestin de l'homme et des animaux.

I.2.2.2. Principe

Numération des colonies caractéristiques des Entérobactéries qui se sont développées en 24 h à 37°C dans le produit carné, sur gélose VRBG puis confirmation du nombre de colonies par fermentation du lactose. Il s'agit d'un dénombrement des Entérobactéries.

I.2.2.3. Mode opératoire

- Porter aseptiquement 1ml de la dilution 10-1, à mettre dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec 15 à 20 ml de la gélose VRBG préalablement liquéfié et refroidit à 45°C ± 1°C.
- Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de «8 » pour homogénéiser le tout.
- La boîte est incubée, couvercle en bas pendant 24 h à 37°C pour la recherche des Entérobactéries.

- La recherche des Entérobactéries fait donc par la méthode d'ensemencement par inondation on met le volume de solution nécessaire dans la boîte de pétri, puis on le recouvre de milieu de culture VRBG.

I.2.2.4. Sélection et dénombrement des colonies

- Les Entérobactéries apparaissent en masse sous Forme de petites colonies de couleur rouge claire et de 0.5 mm de diamètre, ou plus et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.
- Les résultats sont exprimés en nombre des entérobactéries / ml du produit.

I.2.3. Recherche et dénombrement des staphylococcus aureus et des salmonelles

Pour le dénombrement des germes des staphylococcus aureus et des salmonelles, On a procédé de la même manière pour le fromage en bloc, le cheddar et le produit fini (cités précédemment)

I.3. L'échantillonnage pour l'eau de process

On prélève un échantillon de l'eau de process utilisé dans la fabrication du fromage fondu pasteurisé

I.3.1. Les germes recherchés pour cette denrée et leurs dénombrements

L'objectif de cette partie d'étude est d'évaluer la qualité microbiologique de l'eau de process utilisé dans la fabrication du fromage fondu pasteurisé, les bactéries témoins de contamination sont :

- Les coliformes totaux.
- Les clostridium sulfito-réducteur.
- Les salmonelles.

I.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux

I.3.2.1. Principe

La recherche des coliformes totaux se fait sur milieu BCPL, elle consiste à préparer une série de tube contenant le milieu BCPL D/C et BCPL D/C a raison de 5 tubes D/C et 5 tubes S/C on prépare également un autre flacon contenant 50ml de BCPL. Le flacon et les tubes utilisés sont munis d'une cloche de Durham.

I.3.2.2. Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, nous avonsensemencer :

- 50 ml d'eau dans un flacon contenant 50 ml de BCPL
- 5 fois 10 ml d'eau dans des tubes contenant 10ml de milieu BCPL D/C
- 5 fois 1ml d'eau dans des tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C
- Laisser incuber les milieux ensemencés à 37°C pendant 24 à 48 heures.

I.3.2.3. La lecture et observation des coliformes totaux

- Les coliformes totaux sont considérés comme positif, quand on observe un dégagement gazeux (dans la cloche) et un virage de couleur du violet au jaune dans les tubes ensemencés

I.3.3. Recherche dénombrement des clostridium sulfito-réducteur

I.3.3.1. Rappel

Les clostridium sulfito-réducteur appartiennent à la famille des bacillaceae, ce sont des bacilles Gram positifs, isolées ou en chainettes, catalase négatifs, anaérobies, souvent gazogènes, capables de réduire le sulfite de sodium en sulfure d'où la présence d'un halo noir autour des colonies due à la formation de sulfure de fer (Guiraud, 1998).

I.3.3.2. Mode opératoire

- Introduire dans quatre tubes à essai 5ml de l'échantillon à analyser.
- Placer les tubes au bain marie à 80°C pendant 5 minutes afin de détruire les formes végétatives.
- Après chauffage, ajouter deux gouttes d'alun de fer à 5% et quatre gouttes de sulfite de sodium à 5%
- Remplir les quatre tubes par la gélose viande de foie
- Mélanger doucement puis incuber à 44°C
- Faire une première lecture après 24h et une deuxième après 48h

I.3.3.3. Sélection et dénombrement des colonies

La présence d'un résultat positif d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice est exprimée par l'apparition des colonies entourées d'un halo noir.

I.3.4. Recherche des salmonelles

I.3.4.1. Principe

Le principe de la recherche des salmonelles est représenté précédemment, mais pour l'eau de process la recherche se fait en deux étapes

I.3.4.2. Mode opératoire

1. L'enrichissement

- Prélever 1ml de l'eau de process, et ensemer dans 10ml de milieu S.F.B
- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

2. L'isolement

- A partir du milieu S.F.B. positif, ensemer par stries une boîte de pétri contenant la gélose Hektoen.
- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

I.3.4.3. Sélection et recherche des colonies

- Les salmonelles se présentent sous forme de colonies de deux à quatre millimètres de diamètre et de couleur bleue verdâtre,
- Les résultats sont exprimés par la présence ou l'absence de germes

(Pour le matériel et les milieux utilisés, voir annexe 03)

**CHAPITRE II :
ANALYSES PHYSICO-
CHIMIQUES DU
« FROMAGE FONDU »**

CHAPITRE II : Analyses physico-chimiques du « Fromage fondu »

II.1.Objectif

Les analyses physico-chimiques contribuent à la protection du consommateur pour tous les paramètres qui n'entraînent pas de modification visible des caractéristiques du produit (tout ce qui n'est pas détectable visuellement).

Notre analyse physico-chimique est basée sur la détermination du pH et de la teneur en extrait sec, ainsi que sa teneur en humidité e aussi sur la détermination de la matière grasse totale et cela pour les matières premières et le produit fini qui est le fromage fondu pasteurisé

II.2.Analyse physico-chimique pour le fromage en bloc, cheddar et produit fini (fromage fondu pasteurisé)

II.2.1. Détermination du pH

- La mesure du pH se fait directement à l'aide d'un pH mètre, elle est effectuée par l'immersion du bout de l'électrode dans le fromage à analyser à une température de 20 à 25 °C.
- La valeur du pH s'affiche immédiatement sur l'écran.
- Après chaque usage, l'électrode doit être nettoyée avec de l'eau et séchée par un papier buvard. Ainsi qu'un contrôle de fiabilité du PH-mètre doit s'effectuée avant chaque mesure et cela par l'étalonnage de l'appareil par deux solution tampons l'une a pH = 7 et l'autre a pH = 4

II.2.2. Détermination de l'extrait sec

- La matière sèche d'un fromage représente tous ses composants à part l'eau.
- Dans un dessiccateur. On tare d'abord le poids de la coupelle d'aluminium puis on pèse 1,2 à 1,5g du fromage qu'on souhaite analyser,
- On ferme le couvercle du dessiccateur,
- On le règle à une température de 85°C pour le fromage fondu, et a de 95°C pour le cheddar, et 90°C pour le fromage en bloc
- Après quelque minute la valeur de l'extrait sec s'affiche sur l'écran du dessiccateur et qui est exprimée en pourcentage.

II.2.3. Détermination de la teneur en eau (l'humidité)

L'humidité d'un fromage se calcule comme suite :

$$H = 100 - EST$$

Avec :

- H : humidité
- EST : extrait sec total (matière sèche totale)

II.2.4. Détermination de la teneur en matière grasse (méthode acido-butyrométrique)

En premier lieux on pèse 3g du fromage dans un godet préalablement taré. Ce dernier est introduit dans la panse du butyromètre, puis 10ml d'acide sulfurique sont additionnés afin de dissoudre la caséine présente.

Le butyromètre est ensuite placé au bain marie à 65°C pendant 2 heures avec agitation continue chaque 20 minute, une fois tiré du bain marie, on ajoute 1 ml d'alcool iso amylique et une quantité d'acide sulfurique jusqu'au remplissage complet du butyromètre.

A la fin on fait centrifugation pendant 3 minutes pour séparer la matière grasse du fromage.

La teneur en MG est obtenue directement par lecture directe sur l'échelle du butyromètre.

II.2.5. Détermination de la teneur en matière grasse dans la matière sèche (MG/MS)

La teneur en (MG/MS) est obtenue par l'équation suivante :

$$MG / MS \% = (MG \% / MS \%) * 100$$

Avec :

- MG : Matière grasse
- MS : Matière sèche

II.3. Analyse physico-chimique pour la poudre de lait (matière première)

II.3.1. Détermination du pH

On introduit dans un bécher 10g de poudre de lait avec 100ml d'eau distillée, on met le mélange dans un agitateur magnétique, le mélange obtenu doit être laissé au repos pendant une à deux heures, puis on immerge dans le bécher une électrode reliée au PH-mètre, la valeur du pH s'affiche immédiatement sur l'écran

II.3.2. Détermination de l'extrait sec

- Dans un dessiccateur. On tare d'abord le poids de la coupelle d'aluminium puis on pèse 1,2 à 1,5 g de la poudre de lait
- On ferme le couvercle du dessiccateur,
- On le règle à une température de 80°C
- Après quelque minute la valeur de l'extrait sec s'affiche sur l'écran du dessiccateur et qui est exprimée en pourcentage.

II.3.3. Détermination de la teneur en matière grasse (méthode acido-butyrométrique)

Dans un bécher on hydrolyse 10g de la poudre de lait avec 100ml d'eau distillée, le mélange est laissé au repos environ une heure.

De l'autre côté, on verse 10ml d'acide sulfurique et 1 ml d'alcool iso-amylque dans un butyromètre à lait, puis à l'aide d'une pipette on additionne 11ml du lait reconstitué et ce mélange va être mélangé manuellement et mis dans la centrifugeuse, enfin une lecture directe se fait sur l'échelle du butyromètre.

II.4. Analyse physico-chimique pour les sels de fonte

II.4.1. Détermination du pH

Cette méthode est effectuée pour déterminer l'acidité et basicité de la solution de sel de fonte. Elle consiste à mélanger 1g de sel de fonte avec 100ml d'eau distillée on agite bien jusqu'à la dissolution du sel. Ensuite on immerge le bout de l'électrode dans la solution préparée, la valeur du pH s'affiche immédiatement sur l'écran

II.5. Analyse physico-chimique pour l'eau de process

II.5.1. Détermination du pH

La mesure du pH permet de connaître le niveau d'acidité d'une eau, c'est-à-dire la concentration d'ions H_3O^+ présents en solution. Il est effectué directement par l'émersion de bout de l'électrode du pH-mètre dans un bécher contenant de l'eau potable, la valeur du pH s'affiche sur l'écran.

II.5.2. Détermination des titres alcalimétriques TA et TAC

▪ TA : titres alcalimétriques

C'est une analyse qui permet de connaître l'alcalinité de l'eau par la mesure de la teneur en alcalins libres (OH^-), en alcalins caustiques et en carbonates (CO_3^{2-}). Il est déterminé par la neutralisation d'un certain volume d'eau par l'acide H_2SO_4 (acide fort) en présence de phénolphtaléine 1% ce dernier est utilisé comme indicateur coloré.

Dans un bécher, on introduit 100ml d'eau de robinet et deux gouttes de phénolphtaléine 1%. Deux cas sont possibles :

1. Si la solution ne se colore pas en rose : le $pH < 8.3$, le TA est nul et il est égal à « 0 » (il n'y a pas de « bases fortes et faibles » dans l'eau).
2. Si la solution est rose : le $pH > 8.3$, cela signifie qu'il y a des bases fortes et des carbonates dans l'eau. Dans ce cas le TA est déterminé par la neutralisation en additionnant doucement l'acide H_2SO_4 0,1 N dans le bécher à l'aide d'une burette, en agitant constamment jusqu'à décoloration complète de la solution ($pH=8.3$). Le TA est exprimé en degré français (F°) et donné par la formule suivante :

$$TA (F^\circ) = V_1 * 5$$

Avec :

- V_1 : le volume de la solution H_2SO_4 0,1 N utilisée en ml pour le titrage

▪ TAC : titres alcalimétriques complet

Il permet de mesurer la teneur de l'eau en alcalins libres (OH^-), en carbonates (CO_3^{2-}) et en bicarbonates (HCO_3^{2-}). Cette mesure est basée sur la neutralisation de l'eau par l'acide H_2SO_4 0,1N en présence de l'indicateur coloré de méthyle-orange

On met 100 ml d'eau à analyser dans un bécher, puis on ajoute 3 gouttes de Méthyle-orange et on titre la solution avec H_2SO_4 0,1N jusqu'au virage au jaune orangé ($pH=4.3$)

Le TAC est exprimé en degré français (F°) et donné par la formule suivante :

$$\text{TAC (F°)} = (V_2 - 0.1) * 5$$

Avec :

- V_2 : le volume de la solution H_2SO_4 0,1 N utilisée en ml

II.5.3. Détermination du titre hydrotimétrique TH

Le titre hydrotimétrique (TH), ou dureté de l'eau est une concentration en sels de calcium et magnésium exprimé en mg / L. L'évaluation de ces derniers est effectuée par dosage des ions Ca^{2+} et Mg^{2+}

La dureté de l'eau totale est donnée par la formule suivante : Ca^{2+}

$$\text{TH (mg/L)} = (\text{Ca}^{2+}) + (\text{Mg}^{2+})$$

On met dans un bécher 50ml d'eau du robinet, puis on ajoute 2ml de la solution tampon et de 2 à 4 gouttes noires eriochrome trituré, le mélange se colore en violet foncé. A la fin, on titre la solution avec l'EDTA 0,01 mol/l jusqu'au virage au bleu foncé.

$$\text{TH} = 4n / 10$$

Avec :

- n = le volume de la solution d'EDTA 0,01 mol/l utilisé pour le titrage

II.5.4. Détermination du dosage des ions du chlore (chlorure)

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution de nitrate d'argent (AgNO_3) (N/10), en présence de bichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) (5%). La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'une teinte rouge brique, caractéristique du chromate d'argent.

On introduit un volume de 50ml d'eau de robinet dans un bécher avec un volume de 205 de bicarbonate de potassium ($K_2Cr_2O_7$), la solution se colore en jaune, puis on titre par la solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$ 0.1 N) jusqu'au virage au rouge brique.

Un essai à blanc est nécessaire, et il est effectué dans les mêmes conditions que celles de l'échantillon, mais avec 50 ml d'eau distillé

Elle est mesurée par la formule suivante :

$$Cl^- = M(n-b)$$

Avec :

- M : la masse molaire du chlore (3505g/mol).
- n : le volume d' $AgNO_3$ (0.1 N) utilisé pour le titrage.
- b : le volume de la solution de $AgNO_3$ (0.1 N) utilisé pour avoir la même teinte (rouge brique) dans l'essai à blanc

La teneur en chlorures est exprimé en mg/l.

(Pour le matériel et les réactifs utilisés, voir annexe 02)

**PARTIE III :
RESULTATS
ET
DISCUSSIONS**

**CHAPITRE I :
RESULTATS ET
DISCUSSION
RELATIFS AU
ANALYSES
MICROBIOLOGIQUES**

CHAPITRE I : Résultats et discussion relatifs aux analyses microbiologiques

I.1. Matière première

I.1.1. La poudre de lait à 26%

Les résultats obtenus de la poudre de lait utilisé dans la fabrication du fromage fondu pasteurisé, nous montrent l'absence totale de tous les germes recherchés. Les résultats des analyses microbiologiques effectués sur la poudre de lait sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait

Germes recherchés	Echantillon			Normes (J. O. A) 02 Juillet 2017 N° 39
	E1	E2	E3	
Entérobactéries	0	0	0	10 - 100
Staphylococcus Aureus	0	0	0	10 - 100
Salmonelle	Abs	Abs	Abs	Abs
Jours de Prélèvement	25 / 04 / 19	02 / 05 / 19	17 / 05 / 19	

I.1.2. Le cheddar

L'analyse du fromage « cheddar » utilisée dans la fabrication du fromage fondu pasteurisé, nous montre l'absence totale de tous les germes recherchés.

Tableau 15 : Résultats des analyses microbiologiques du cheddar

Germes recherchés	Echantillon			Normes (J. O. A) 02 Juillet 2017 N° 39
	E1	E2	E3	
Coliformes fécaux	0	0	0	10^2 -- 10^3
Coliformes totaux	0	0	0	10^2 -- 10^3
Staphylococcus Aureus	0	0	0	10^2 -- 10^3
Salmonelle	Abs	Abs	Abs	Abs
Jours de Prélèvement	25 / 04 / 19	02 / 05 / 19	17 / 05 / 19	

I.1.3. Le fromage en bloc (EDAM)

Pour les trois échantillons E1, E2 et E3, on remarque la présence des coliformes totaux et fécaux mais sans dépasser les normes proscrites par le journal officiel fixé à moins de 10^4 germe /g de produit

Selon (**Bourgois et Leveau, 1991**) les indices de contaminations fécales sont des micro-organismes vivant normalement dans les intestins de l'homme et des animaux et par conséquent leur présence dans un aliment peut se traduire par une contamination fécale.

En effet, selon (**Cleret, 1991**), les mains en contact permanent avec l'environnement sont le support de nombreux microorganismes, ils sont en générale plus concentré au bout des doigts, sous les angles et entre les doigts. On peut déduire que la présence des coliformes fécaux peut-être dû à une contamination lors de la fabrication ou la manipulation manuelle du fromage

En ce qui concerne les germes pathogène (staphylococcus aureus et salmonelles) il y a absence de ces derniers dans les trois échantillons analysés

Tableau 16 : Résultats des analyses microbiologiques du fromage en bloc (EDAM)

Germes recherchés	Echantillon			Normes (J. O. A) 02 Juillet 2017 N° 39
	E1	E2	E3	
Coliformes totaux	12	9	11	$10^4 - 10^5$
Coliformes fécaux	4	8	9	$10^4 - 10^5$
Staphylococcus Aureus	Abs	Abs	Abs	$10^4 - 10^5$
Salmonelle	Abs	Abs	Abs	Abs
Jours de Prélèvement	25 / 04 / 19	02 / 05 / 19	17 / 05 / 19	

I.1.4. L'eau de process

L'analyse de l'eau utilisée dans la fabrication du fromage, nous montre l'absence totale de tous les germes recherchés, Ceci s'explique par l'efficacité du traitement des eaux (la chloration).

Les résultats des analyses sur l'eau de process sont présentés dans la tableau ci-dessous :

Tableau 17 : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process

Germe recherchés	Echantillon			Normes (J. O. A) 02 Juillet 2017 N° 39
	E1	E2	E3	
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs
Clostridium sulfito-réducteur	Abs	Abs	Abs	Abs
Salmonelle	Abs	Abs	Abs	Abs
Jours de Prélèvement	25 / 04 / 19	02 / 05 / 19	17 / 05 / 19	

I.2. Produit fini

Les résultats des analyses microbiologiques du produit fini se sont révélés négatifs pour les trois échantillons et pour tous les germes recherchés cette absence est due à la sensibilité de ces germes aux traitements thermiques subit lors de l'étape de pasteurisation.

Donc on peut conclure que le fromage fondu pasteurisé produit par L.F.B est de bonne qualité microbiologique.

Les résultats des analyses effectuées sur le produit fini sont représentés dans la tableau ci-dessous

Tableau 18 : Résultats des analyses microbiologiques du produit fini (fromage fondu pasteurisé)

Germe recherchés	Echantillon			Normes (J. O. A) 02 Juillet 2017 N° 39
	E1	E2	E3	
Coliformes totaux	0	0	0	$10^2 - 10^3$
Coliformes fécaux	0	0	0	$10^2 - 10^3$
Staphylococcus Aureus	0	0	0	$10^1 - 10^2$
Salmonelle	Abs	Abs	Abs	Abs
Jours de Prélèvement	25 / 04 / 19	02 / 05 / 19	17 / 05 / 19	

**CHAPITRE II :
RESULTATS ET
DISCUSSION
RELATIFS AU
ANALYSES
PHYSICO-CHIMIQUES**

CHAPITRE II : Résultats et discussion relatifs au analyses physico-chimiques

II.1. Matière première

II.1.1. Le fromage de fonte (cheddar)

Tableau 19 : Résultats des analyses physico-chimique du fromage de fonte « cheddar »

Echantillon	E1	E2	E3	NORME AFNOR
pH	4.5	5.5	5.2	5.1 – 5.5
EST %	64.01	65.1	63.35	61 % - 69%
MG %	35	37	36	30% - 38%
MG / MS %	54.67	56.83	56.82	50% min
Teneur en eau %	35.99	34.9	36.65	39 % max
Jours de Prélèvement	25 / 04 / 19	02 / 05 / 19	17 / 05 / 19	

- D'après les résultats représentés dans le tableau, on observe que les valeurs du pH obtenu pour les échantillons E2, E3 sont conforme à la norme du pH des fromages alors que l'échantillon E1 présente un pH relativement bas.
- Cela peut être dû à une erreur lors de la manipulation, peut être en laissant le fromage pendant une longue durée à une température ambiante ce qui engendre une transformation du lactose en acide lactique par les bactéries lactiques.
- Pour l'extrait sec total, les valeurs obtenues sont comprises entre 63.35 et 65.1 ces derniers sont en accord avec les normes exigées
- Les résultats obtenus pour la matière grasse sont en conformité avec les normes pour les trois échantillons
- En ce qui concerne le rapport MG / MS, les valeurs obtenues sont conformes aux normes pour tous les échantillons analysés, chose logique puisque l'extrait sec et la matière grasse sont dans les normes

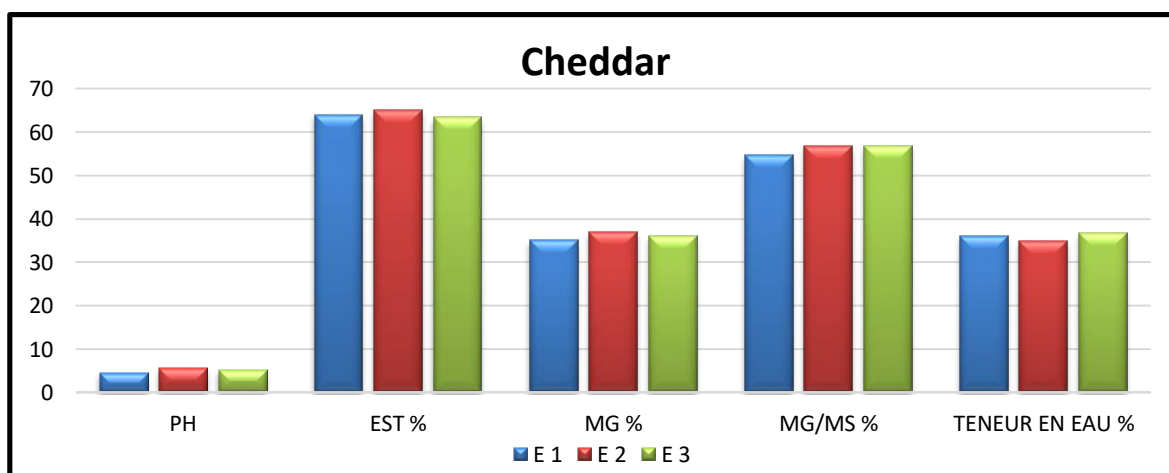


Figure 1 : Résultats des analyses physico-chimique du cheddar

II.1.2. Le fromage en bloc (EDAM)

Tableau 20 : Résultats des analyses physico-chimique du fromage en bloc (EDAM)

Echantillon	E1	E2	E3	NORME AFNOR
pH	5.28	5.17	5.24	5.4 – 5.5
EST %	52.13	53.2	55.27	50 +- 1%
MG %	24	21	22	20% - 22%
MG / MS %	46.03	46.99	39.80	40%
Teneur en eau %	5.28	5.17	5.24	5.4 – 5.5
Jours de Prélèvement	25 / 04 / 19	02 / 05 / 19	17 / 05 / 19	

- Le tableau ci-dessus nous montre que le pH des trois échantillons analysés sort légèrement de la norme (un peu bas), cela peut être justifié par l'acidité du lait à partir duquel le fromage est fabriqué
- Pour l'extrait sec, les valeurs obtenues sont un peu plus élevées par rapport à la norme et les trois échantillons dépassent 51% cette augmentation peut être à un excès d'égouttage lors du processus de fabrication
- On remarque que la matière grasse des échantillons E2 et E3 est conforme à la norme alors que l'échantillon E1 présente une légère hausse de la matière grasse par rapport à la norme (AFNOR 1986°)
- Cela peut être expliqué par la richesse en matière grasse du lait utilisé pour la fabrication du fromage en bloc.

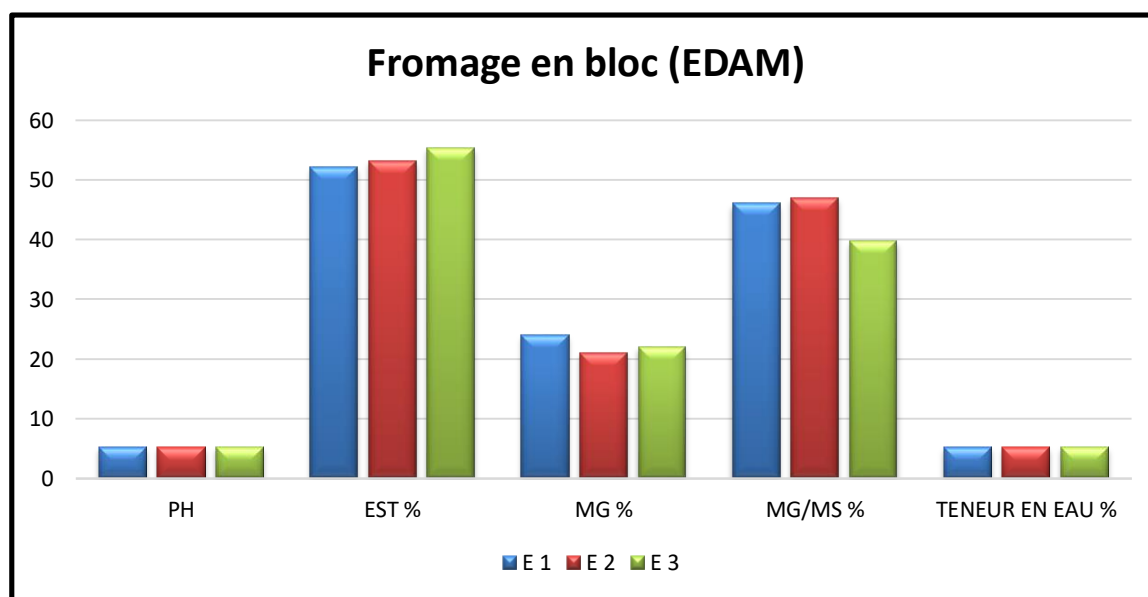


Figure 2 : Résultats des analyses physico-chimiques du Fromage en bloc (EDAM)

II.1.3. La poudre de lait

Tableau 21 : Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait

Echantillon	E1	E2	E3	NORME AFNOR
PH	6,76	6,48	6,6	5.4 – 5.5
EST %	96,2	96,69	96,06	50 +- 1%
MG %	26	26	27	20% - 22%
MG / MS %	3,8	3,31	3,94	40%
Teneur en eau %	6,76	6,48	6,6	5.4 – 5.5
Jours de Prélèvement	25 / 04 / 19	02 / 05 / 19	17 / 05 / 19	

- Pour les trois échantillons E1, E2 et E3 de la poudre de lait, on observe que les valeurs du pH sont dans la norme d'AFNOR avec une légère hausse pour l'échantillon E1.
- En ce qui concerne la teneur en matière grasse, les valeurs obtenues sont comprises entre 26% et 27%, donc ce résultat est conforme à la norme d'AFNOR et à la fiche portée sur l'emballage.
- L'extrait sec des trois échantillons est compris entre 96.06% et 96.69 %, ces valeurs sont presque conformes avec la norme AFNOR exigées
- L'humidité obtenue pour les trois échantillons est dans les alentours de 4 %, ce qui nous permet de déduire que la poudre de lait a été bien stockée.

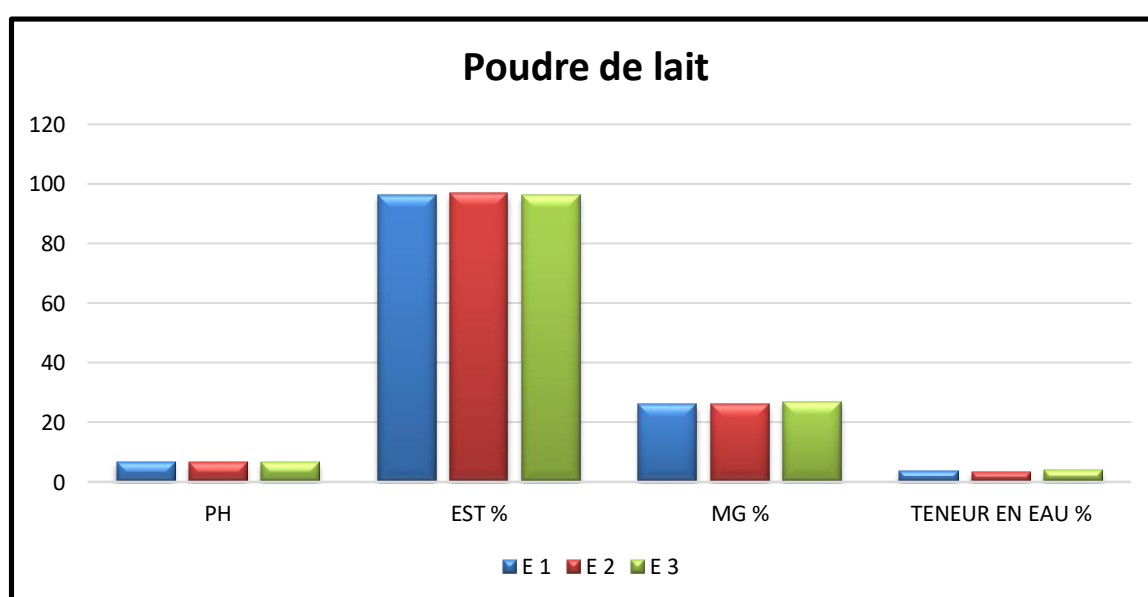


Figure 3 : Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait

II.1.4. Les sels de fonte

Tableau 22 : Résultats des analyses physico-chimiques des sels de fonte

Echantillon	E1			E2			E3			NORME : S.F.T KASOMEL 2394		
	S9	T neu	E 330	S9	T neu	E 330	S9	T neu	E 330	S9	T neu	E 330
pH	8.9	11.9	2.1	9	12.01	1.9	9.1	12	2	9	12	2
Jours de Prélèvement	25 / 04 / 19			02 / 05 / 19			17 / 05 / 19					

- Le seul paramètre mesuré pour les sels de fonte est le pH. Les valeurs obtenues pour les différents échantillons et pour les trois types de sel de fonte :
 - S9 : polyphosphates E452, orthophosphates E339
 - T Neu : orthophosphate de sodium E339
 - Acide citrique : monohydrate E330

Ils sont toutes conformes avec la norme selon la fiche technique de sels de fonte KASOMEL

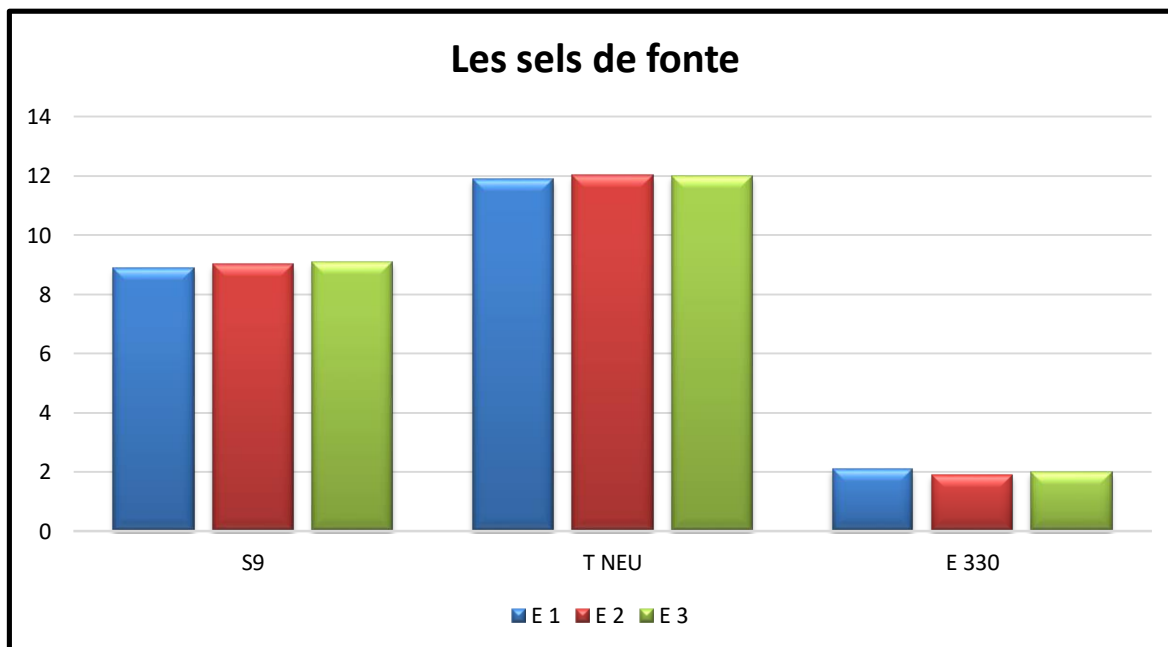


Figure 4 : Résultats des analyses physico-chimiques des sels de fonte

II.1.5. L'eau de process

Tableau 23 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process

Echantillon	E1	E2	E3	NORMES
pH	6.83	6.79	7	6.5 – 8.5 (AFNOR 1986)
TA	0	0	0	0° F (OMS)
TAC	8.4	9	8.6	22° F (OMS)
TH	20	20	20	0 – 15° F (OMS)
Cl-	213	221	235	<250 mg/l (AFNOR 1986)
Jours de Prélèvement	25 / 04 / 19	02 / 05 / 19	17 / 05 / 19	

- Le PH mesuré des trois échantillons est compris entre 6.79 et 7 ces valeurs sont accord avec la norme d'AFNOR (1996) (68_85)
- Les valeurs de TA obtenus sont conformes à la norme de l'OMS toutes les valeurs sont égale à 0°F
- Les valeurs de TAC sont comprises entre 8,4 et 9°F qui se trouve inférieure à la norme de l'OMS
- Ce si est expliqué par la pauvresse le l'eau en alcalin libre, en carbonate et en bicarbonate les valeurs de TH des trois échantillons obtenus sont supérieur à la norme de l'OMS se ci est expliqué par la richesse de l'eau en ion de calcium Ca^{2+} et de magnésium Mg^{2+}
- Pour le Cl- les valeurs obtenus sont comprise être 213 et 235 mg /l et ces valeurs sont supérieur à la norme d'AFNOR

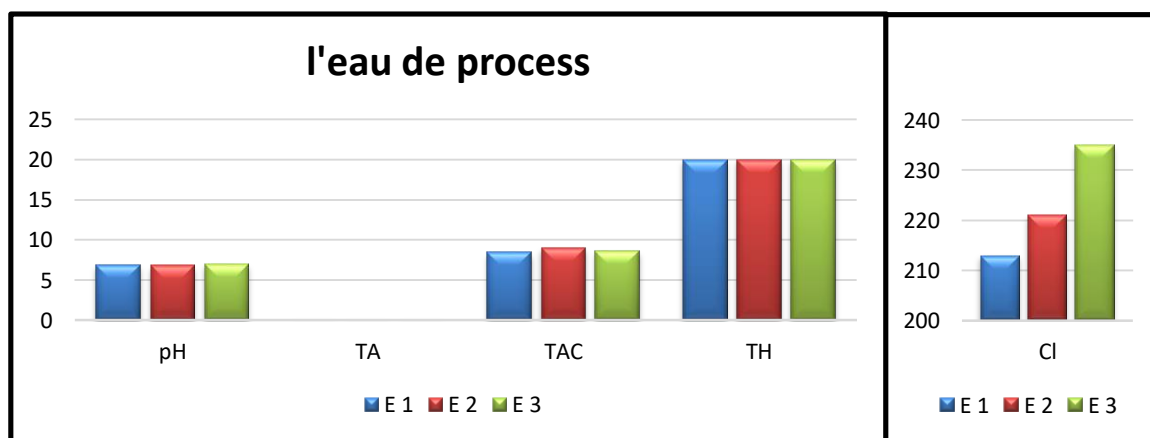


Figure 5 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process

II.2. Produit fini (fromage fondu pasteurisé)

Tableau 24 : Résultats des analyses physico-chimiques du produit fini

Echantillon	E1	E2	E3	Normes AFNOR 1986)
pH	5.61	5.73	5.75	5.6 – 5.85
EST %	40.13	39.18	38.01	> 40
MG %	15	16	16	22.5 % min
MG / MS %	37.37	40.83	42.09	40% min
Teneur en eau %	59.87	60.82	61.99	
Jours de Prélèvement	25 / 04 / 19	02 / 05 / 19	17 / 05 / 19	

- Pour le produit fini on remarque que les valeurs de PH et de la EST sont conforme à la norme d'AFNOR alors que se de MG e MS/MG sont en dessous des normes.
- Concernant la matière grasse les trois échantillons présentent une valeur bien inférieure à la norme ce qui aura une influence sur la qualité organoleptique du produit fini. Selon Gelais et Coll, 2002 la matière grasse transporte de composé aromatique liposoluble d'où sa contribution à la qualité sensorielle du fromage.
- Quant au rapport MG/ MS l'échantillon E1 présente un rapport inférieur à celui de la norme AFNOR qui fixe une valeur de 40% au minimum.

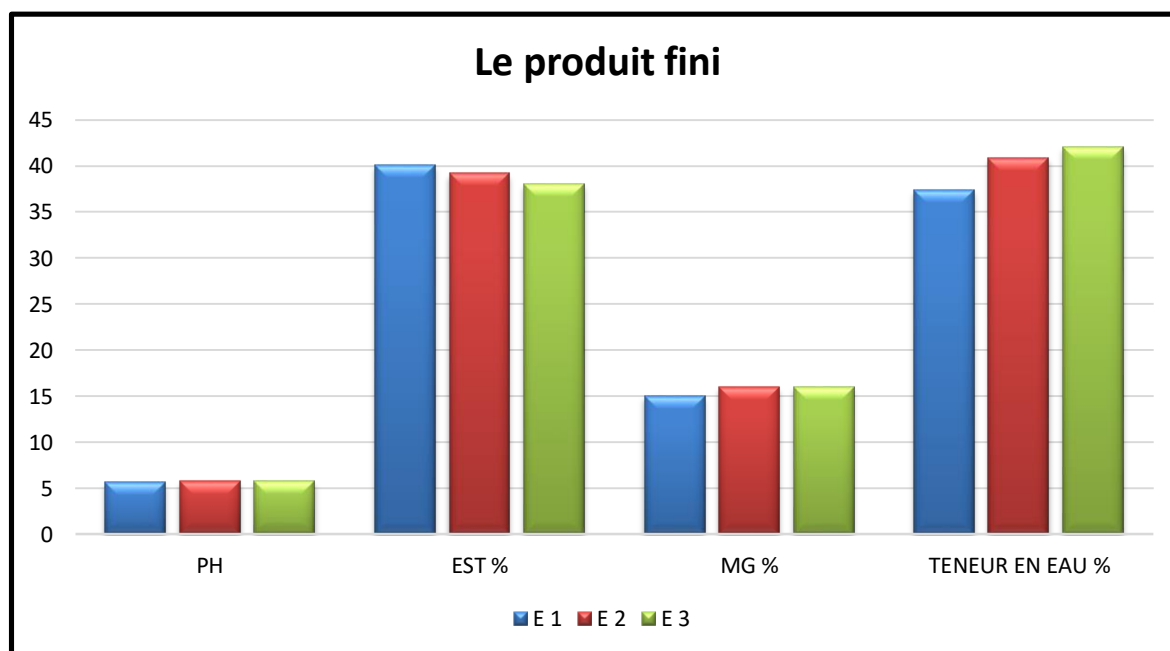


Figure 6 : Résultats des analyses physico-chimiques du produit fini

Conclusion générale

Conclusion générale :

Les spécialités fromagères sont des aliments complexes obtenus en mélangeant une ou plusieurs variétés de fromage avec des agents émulsifiants (sels de fonte), les ingrédients laitiers et de l'eau.

Le fromage fondu connaît depuis plusieurs années un important développement, dû à la fois à des qualités de goût et de conservation qui plaisent à une certaine clientèle et à la présentation de nouvelles formes attrayantes. Sur le plan de l'évaluation et de la connaissance scientifique des phénomènes, malgré une expérience des fabrications qui remonte à un demi- siècle environ. De ce fait, notre travail s'est articulé autour de deux axes de recherche :

- Le premier concerne la technologie du lait et du fromage et plus particulièrement notre produit qu'est le fromage fondu pasteurisé qu'est un produit alimentaire de seconde transformation obtenu après mélange et cuisson de fromages, additionnés éventuellement d'autres ingrédients laitiers.
- En seconde phase, nous nous sommes intéressés à l'activité du laboratoire de laiterie et fromagerie de boudouaou L.F.B dans le cadre du contrôle de la qualité du produit « fromage fondu » et les matières premières qu'on utilise pour le fabriquer en réalisant des analyses microbiologiques (dénombrement de certains germes tels que : Les coliformes totaux et fécaux ; Les Staphylocoques aureus) et physico-chimique (en évaluant la teneur en humidité, l'extrait sec, matière grasse, ainsi que le pH).

De ces analyses nous pouvons conclure que le fromage :

- D'un point de vue microbiologique que le produit fini (fromage fondu pasteurisé) est de qualité satisfaisante avec une absence totale des germes recherchés et ceci conformément à l'arrêté interministériel n°39 du 02/07/17 J.O.A. Et on peut déduire globalement que les matières premières utilisées sont de bonne qualité microbiologique, malgré qu'on a observé lors de l'analyse microbiologique du fromage en bloc (EDAM) la présence des coliformes fécaux qui indique la contamination récente, et que la pasteurisation a été effectuée convenablement
- Du point de vue physico-chimique les résultats de l'extrait sec, la matière grasse ainsi que le pH du produit fini qui est le fromage fondu pasteurisé sont totalement conforme à la norme d'AFNOR 1986
- Donc le fromage étudié est de bonne qualité bactériologique et physico chimique, propre à la consommation et il peut être commercialisé
- De l'ensemble de ces résultats, nous pouvons dire que le produit est de bonne qualité, et cela est dû aux procédés stricts et professionnels appliqués sur tous les niveaux de la chaîne de fabrication de laiterie et fromagerie de boudouaou L.F.B

Références bibliographiques :

- **ALAIS C. et LINDEN G. 1997.** Abrégé de biochimie alimentaire. 4ième éd. , Masson, 248p.
- **AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H. 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN:3-25-29 (600 pages).
- **BENNETT R.J. et JOHNSTON K.A. 2004.** General Aspects of Cheese Technology. Pp 23-50. In Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2 Major Cheese Groups. Third edition, Ed. P.F. FOX, P.L.H. MCSWEENEY, T M. COGAN and T.P. GUINEE. AMSTERDAM. 434p.
- **BEGUERIA C. 1999.** Process for the manufacture of cheese products by processing of a cheese raw material. Eur. Pat. Appl. FR2 750 015 A1.
- **BERGER W., KLOSTERMEYER H., MERKENICH K., UHLMANN G. 1993.** Processed cheese manufacture. Ladenburg : BK Ladenburg GmbH.
- **BLANC B. 1982.** Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. International dairy journal, 62. pp :350-395
- **BOUTONNIER J.L, 2000** Fabrication du fromage fondu. Technique de l'ingénieur, F6310
- **BOUTONNIER J.L, 2008.** Matière grasse laitière Composition, organisation et propriétés. Dans Techniques de l'ingénieur, Traité Agroalimentaire (F 6320), Paris.
- **BOUTONNIER J.L. 2002.** Fabrication du fromage fondu. Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, F 6 310-1, 14 p.
- **BRULE G. 1987.** Les minéraux. Le lait matière de l'industrie laitière. Cepil-INRA, Paris. 87-98.
- **CAROLE L. VIGNOLA. 2002.** Science et Technologie du lait. 598p.
- **CARON A., ST-GELAIS D. et POULIOT Y. 1997.** « Coagulation of milk enriched with ultrafiltered or diafiltered, microfiltered milkretentate powders», International Dairy journal, 7 (6-7): 445-451.
- **CONTE S, 2008.** Evolution des caractéristiques organoleptiques, physico-chimique et microbiologiques du lait callé traditionnel. Mémoire de fin d'étude approfondis de productions animales. Université cheikh Anta Diop, Dakar, 45p
- **C.D.L.C. 1988.** FRANCE. Décret N° 88-1206 du 30 décembre 1988. *Code de la consommation*.
- **C.E.L.P.C 2000.** CENTRE D'ENSEIGNEMENT LAITIER PAR CORRESPONDANCE. - Qu'est-ce que le lait ? Ecole Nationale d'Industrie Laitière et des Industries Agro-Alimentaires. Surgères: 99-2000. 61p.
- **CHOISY C., DESMAEAUD M., GUEGUEN M., LENOIR J., SCHMIDT J., et TOURNEUR C. 1997.** Les phénomènes microbiens, Dans Le fromage, 3ème ed., Tec et Doc. Lavoisier. pp 377.

- **CHOISY C., DESMAZEAUD M., GRIPON J.C., LAMBER G., et LENOIR J. 1997 (b).** Biochimie de l'affinage. Dans *Le fromage*, 3ème ed. Tec et Doc. Lavoisier. pp 89.
- **CHRISTENSEN J., POVLSEN V.T., SØRENSEN J. 2003.** Application of fluorescence spectroscopy and chemometrics in the evaluation of processed cheese during storage. *J. Dairy Sci.* vol. 86, p. 1101–1107.
- **DAVIAU C.M.H. FAMELART A. PIERRE H. GOUDEDRANCHE J.L. MAUBOIS. 2000.** Rennet coagulation of skim milk and curd drainage: Effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment, *Lait*, **80** (4): 397-415.
- **DAVID V. et FORTE R. 1998.** *Guide national des bonnes pratiques en production fromagère fermière*. 2e éd. Paris : Institut de l'élevage, 1998. Fiche I, 15-19.
- **D.F.I (Département Fédéral de l'Intérieur), 2009.** Ordonnance sur les denrées alimentaires d'origine animale, 48 p.
- **ECK A. et GILLIS J.C. 1997.** *Le Fromage, De la science à l'assurance-qualité* ; 3e éd- Paris, 891p.
- **EVETTE J.L. 1975.** *La fromagerie*. - Paris : Presses universitaires de France, 140 p.
- **FOX P.F. et MCSWEENEY P.L.H. 1998.** *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Ed. Thomson Science, Germany, 396 p.
- **GOURSAUD J. 1985.** Composition et propriétés physico-chimiques. *Laites et produits laitiers*. 1ère éd. Paris : Technique et documentation Lavoisier, 1985. Vol.1, Chap.1, 1-90.
- **GOURSAUD J. 1985.** Composition et propriétés physico-chimiques. Dans *Laites et produits laitiers vache, brebis, chèvre*. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M.. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- **GUEGUEN L. 1979.** Apports minéraux par le lait et les produits laitiers *Cah natur Diet* : 3 : 213 – 217.
- **GUINEE T.P., CARIĆ M., KALÁB M. 2004.** Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*. Major Cheese Groups vol. 2, 3rd ed. Elsevier Applied Science Ltd, London, p. 349-394.
- **JEANTET R., CROGUENNEC T., MAHAUT M., SCHUCK P. et BRULE G. 2008.** *Les produits laitiers*, 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier : 1-3-13-14-17 (185 pages).
- **J.O.R.F (JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE), 2007.** Décret n. 2007- 628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères, 10 p.
- **KHERBOUCHE H, 2014.** Influence d'un traitement à Ultrason sur la thermorésistance de lait. Mémoire de master en biologie Moléculaire et cellulaire. Université aboubeker Belkaid, Tlemcen, 50p
- **KIBOUA A, 1992.** Qualité du fromage fondu pasteurisé fabriqué à l'unité Boudouaou. Thèse d'ingénieur d'état en agronomie. Institut national agronomique, 90p.
- **LAGRANGE I, 1995.** Mise en pratique de la méthode « HACCP » en élevage caprin laitier afin de garantir la qualité du lait : l'exemple des laitiers Triballât. Thèse de doctorat en médecine vétérinaire. Alfort.
- **LE JAOUEN J.C. 1993.** *Guide national des bonnes pratiques en production fromagère fermière*. Paris, 1^{ère} éd.: Institut de l'élevage. 145-154. FRANCE. Ministère de l'agriculture et de la pêche. Arrêté ministériel du 30 mars 1994 : critères microbiologiques auxquels doivent

satisfaire les laits de consommation et les produits à base de lait lors de leur mise sur le marché. *Journal officiel* du 21 avril 1994, 5883.

- **LUQUET F. M. 1985.** Laits et produits laitiers - Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle à la laiterie. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris.
- **LUQUET F.M. 1990.** Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc., 2ième édition, Lavoisier, Paris.
- **MALLAY A.M.N. 2012.** Essai de fabrication d'un fromage frais traditionnel sénégalais, à partir du lait de vache coagulé par la papaïne naturelle. Mémoire de diplôme de master en qualité des aliments de l'homme ; Université CHEIKEN ANTA de Dakar, 31 pages.
- **MATHIEU J. 1999.** Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).
- **M. BELBELDI A., 2012** .contribution à la caractérisation du fromage bouhezza : contenu lipidique et vitamines. Mémoire de Magister en science Alimentaires. Institut de Nutrition, de l'Alimentation et des technologies agro-alimentaire, Constantine 189p.
- **MEYER A. 1973.** Processed Cheese Manufacture, Food Trade Press Ltd., London, 201 p.
- **MIETTON B.M., DESMAZEAUD H. ROISSART et WEBER. 1994.** «Transformation du lait en fromage », Bactéries lactiques, vol.2, Chap.IV, 3è édition, Loriga, 133p.
- **MIETTON B. 1995.** La typologie des fromages, Symposium organisé par la fondation des Gouverneurs et le centre de recherche et de développement sur les aliments d'agricultures et Agroalimentaire Canada, octobre, 245p.
- **PADILLA M. et GHERSI G. 2001.** Le marché international du lait et des produits laitiers. Options méditerranéennes, CIHEAM-IAM Montpellier, France, sér. B, n. 32, 15 p.
- **POUGHEON S.2001.** Contribution a l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 34 (102 pages).
- **RAMET J.P. 1985.** La fromagerie, les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection. Production et santé Animales. FAO, Rome, Italie.187p.
- **RAMET J.P. 1987.** La préparation du caillée, 1- : La présure et les enzymes coagulantes. Dans Le fromage (Coord. ECK A.), Tec et Doc. Lavoisier, pp 101-107, 539 p.
- **RAMET J.P., 1997.** La préparation du caillée, 1- : La présure et les enzymes coagulantes (p. 101-107). Dans Le fromage, 3ème ed. Tec et Doc. Lavoisier.
- **REMEUF F., COSSIN V., DERVIN C., TOMASSON R. 1991.** Relation entre les paramètres physico-chimiques des laits et son aptitude fromagère. Lait 71, 397-421.
- **TOUATI K, 1990.** Contribution à l'étude microbiologique et physicochimique d'un fromage artisanal Algérien « La Klila ». Mémoire d'ingénieur. Université Mentouri, Constantine, 83p
- **VIGNOLA C.L. 2002.** Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN: 29-34 (600 pages).
- **ZELLER B, 2005.** Le fromage de chèvre : spécifiés technologiques et économiques. Thèse de doctorat n science vétérinaire. Université Paul-Sabatier de Toulouse, France, 78p.
- **ZHANG D. et MAHONEY A.W. 1991.** Iron fortification of process Cheddar cheese. Journal of Dairy Science, vol. 74, p. 353–358.

ANNEXES

Annexe 01

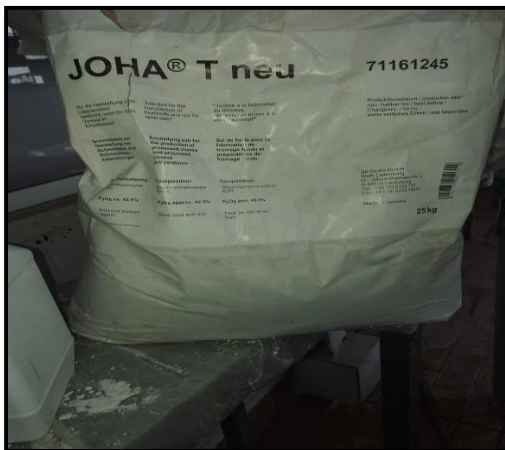
Matières premières utilisées pour la fabrication du fromage fondu pasteurisé



Le Cheddar en Bloc



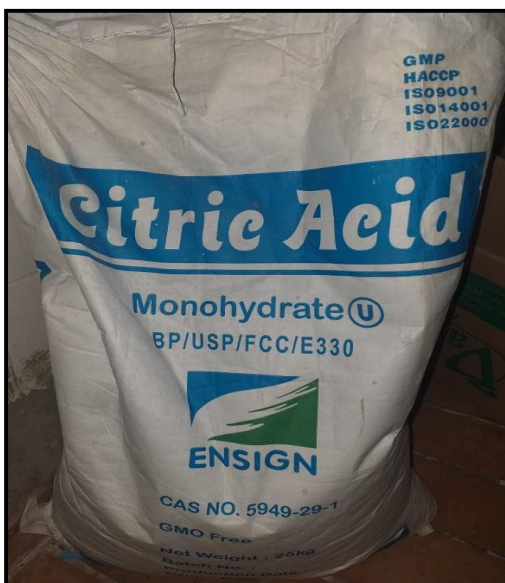
La poudre de lait



Le sel de fonte (T Neu)



Le sel de fonte (S9)



L'acide citrique



Le fromage EDAM en bloc

Annexe 02

Matériels et réactifs utilisés pour les analyses physico-chimiques

1) Matériels



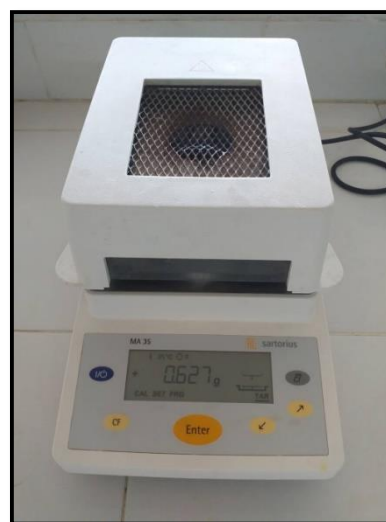
pH-mètre (HANNA Instruments)



Butyromètre (Lait)



Butyromètre (fromage)



Dessiccateur (Sartorius)



Bain-marie (Mettmert)



Centrifugeuse (Funke gerber)

Annexe 02

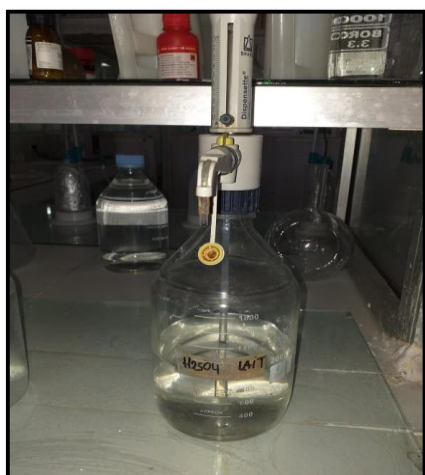
2) Les réactifs



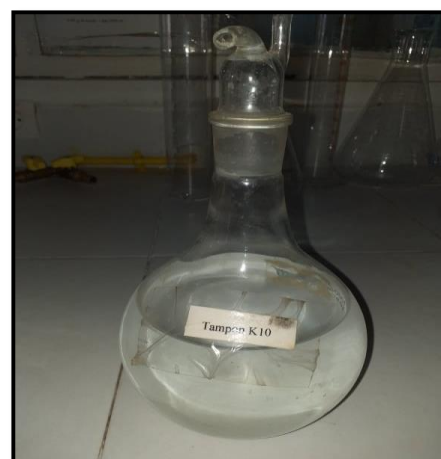
Acide sulfurique (Froamge)



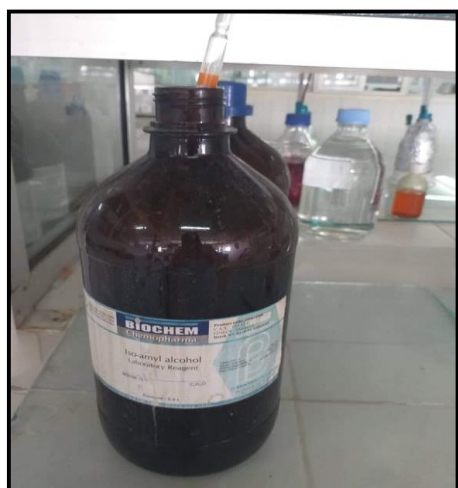
Méthyle orange



Acide sulfurique (Lait)



Solution Tampon K10



Alcool iso-amilique



Solution E.D.T.A

Annexe 03

Matériels et milieux utilisés pour les analyses microbiologiques

1) Matériels



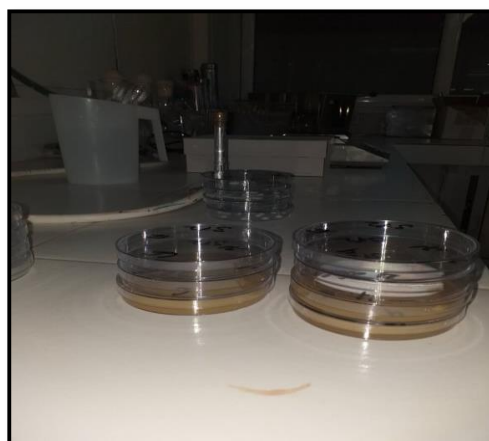
Bec Bunsen



Stomacher (Interscience)



Etuve 44° (Mettmert)



Boîtes de pétri



Balance (Scout Pro)



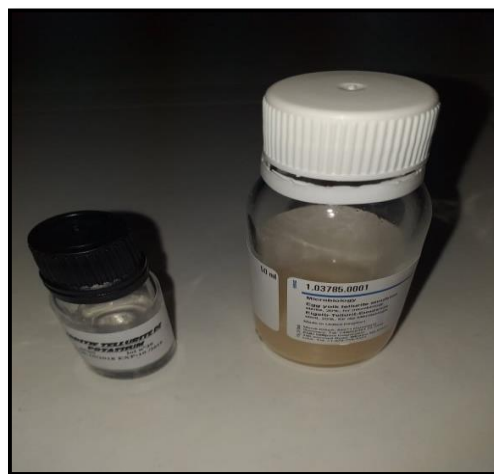
Etuve 37° (Mettmert)

Annexe 03

2) Les milieux



Gélose Bird Backer



Tellurite de potassium. et émulsifiant de J. oeuf



Bouillons S.F.B



Gélose Hektoen



Bouillon T.S.E



Gélose V.R.B.G

Annexe 03

2) Les milieux



Gélase désoxycholate



Bouillon B.C.P.L (Flacon)



Bouillon B.C.P.L (Tube)



Gélase viande foie