



Institut des Sciences
Vétérinaires- Blida

Université Saad
Dahlab-Blida 1-



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

*Contrôle de la qualité physico-chimique et
microbiologique du fromage fondu produit au niveau
de la laiterie fromagerie de Boudouaou*

Présenté par

M^{me} ADJOU Faïza

et

M^{elle} KHIDER Hadjer

Devant le jury :

Présidente : M^{me} DJELATA N

MAA

USDB1

Examinatrice : M^{me} ABDELLAOUI L

MAA

USDB1

Promotrice : M^{elle} TARZAALI D

MAB

USDB1

Année : 2015/2016

REMERCIEMENTS

Avant tout développement sur cette expérience, il apparaît opportun de commencer ce mémoire par des remerciements, à ALLAH le tout puissant qui nous a donné, le pouvoir et la patience pour le terminer.

Toute notre infinie gratitude à notre promotrice, **M^{elle} TARZAALI Dalila** Maître assistant B à l'université de Blida pour son encadrement et ses aides précieux.

Nous tenons à remercier profondément

M^{me} DJELATA N, Maître assistant A à l'université de Blida, d'avoir accepté de juger ce travail et pour son soutien morale inoubliable.

Nous remercions aussi **M^{me} ABDELLAOUI L** Maître assistant A à l'université de Blida. qui nous a fait l'honneur d'accepter l'examen de ce travail.

Notre sincère reconnaissance à nos enseignants de l'institut des sciences vétérinaires.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, qu'ils trouvent ainsi l'expression de nos profondes gratitude et respects

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail avec un grand plaisir, à tous ceux qui ont cru en moi, spécialement ceux qui ont été mes anges gardiens et mes guides : mes chers parents qui m'ont entouré de leurs amour, protection et générosité durant toute la durée de mes études.

Papa et maman, merci pour vos sacrifices. Que dieu vous protège.

A mes sœurs : Ratiba, Amina et Nour el Houda.

A mes adorables frères : Mohammed. Hamza et Fayçal.

A ma très chère copine : Fatima.

A tous mes anges : Zakaria, Abd el Samad, wail, les deux Meriem, Louai et Zayd.

A mes camarades de la promotion 2015 – 2016.

Hadjer

DEDICACE

Je dédie ce travail:

A la source de la tendresse, ma mère.

A mon grand-père, qui m'a appris que la patience est le secret du succès.

A mon fils Mohamed-Sami.

A mon frère Aziz.

A mes tantes.

A mon mari Khaled.

A toute la famille Adjou et la Famille Saadi.

A toutes mes copines à la cité universitaire, Hadjer, Nassima, Asma et Wahiba.

A tous ceux qui connaissent Faiza.

Faiza

RESUME

Le fromage fondu est le produit obtenu d'un mélange des fromages d'origine et de stade d'affinage différents avec des sels de fonte et éventuellement d'autres ingrédients.

En raison de sa forte consommation et sa disponibilité, nous nous sommes intéressés à l'étude de ce produit du point de vue, évaluation des paramètres physico-chimiques à savoir : la matière grasse, l'extrait sec total et l'humidité ainsi que l'évaluation hygiénique et sanitaires (microbiologique).

Les analyses microbiologique et physico-chimiques révèlent que le produit "fromage fondu" fabriqué par l'unité de **Boudouaou** est conforme aux normes nationales et internationales du produit fini, cette conformité rend le produit fini de très bonne qualité microbiologique et physico-chimique.

Mots clés : Fromage fondu, qualité, physico-chimique, microbiologique.

ABSTRACT

The melting cheese is product which is obtained from the mixture of original (pure) cheeses and different ripening with melting salts and eventually other ingredient.

As this product is highly required by consumer and is available in the market, we show our interest to it during the different stages of its process. First, to evaluate the physicochemical element such as : fat, the whole dry extract and humidity. Second to evaluate the microbiological.

The microbiological and physico-chemical analysis reveals that the product "melting cheese" manufactured by the Goumidi company complies with national and international standards of finished product.

This compliance makes from the finished product a good microbiological quality.

Key words : Melting cheese, quality, physico-chemical, microbiological.

المخلص

إن الجبن الذائب ناتج عن خليط من الاجبان ذات اصول و مراحل مختلفة من النضج مع املاح التذويب و غيرها من المكونات بسبب ارتفاع نسبة استهلاك هذا النوع من الاجبان. قمنا بدراسة جميع مراحل سلسلة الانتاج و تقديم المعايير الفيزيوكيميائية و كذلك المعايير الميكروبيولوجية. مجموع المواد الجافة المنتزعة و الرطوبة, الدهون: المتمثلة في التحاليل الميكروبيولوجية و الفيزيوكيميائية اوضحت المطابقة للقوانين الوطنية و العالمية للمواد الاولية المستعملة و المنتج النهائي ذو نوعية ميكروبيولوجية جيدة جدا.

كلمات المفتاح: الجبن الذائب. المعايير الفيزيوكيميائية. الميكروبيولوجية..

SOMMAIRE

INTRODUCTION

01

CHAPITRE 1

GENERALITE SUR LE FROMAGE

1.1.Définition de fromage.....	02
1.2.Classification de fromage	02
1.2.1 Classification selon FAO/OMS.....	02
1.2.2 Classification selon la fabrication.....	03
1.2.2.1 Fromages frais.....	03
1.2.2.2 Fromages à pâte molle.....	04
1.2.2.2.1.Fromage pâte molle à croute fleurée.....	04
1.2.2.2.2. Fromage pâte molle à croute lavée.....	04
1.2.2.3. Fromages à pâte persillée.....	04
1.2.2.4. Fromages à pâte pressée.....	05
1.2.2.4.1. Fromage à pâte pressée cuite.....	05
1.2.2.4.2. Fromage à pâte pressée non cuite.....	05
1.2.3. Classification selon l'affinage.....	05
1.2.3.1. Fromage affiné.....	06
1.2.3.2. Fromage affiné aux moisissures.....	06
1.2.3.3. Fromage non affiné.....	06
1.3. Fromage fondu.....	07
1.4 Modalités d'admission et de contrôle.....	07

CHAPITRE 2

LE FROMAGE FONDU

2.1. Définition de fromage fondu.....	09
2.2. Différents types de fromage fondu.....	09
2.2.1. Fromage fondu type << bloc>>.....	09
2.2.2. Fromage fondu type <<coupe>>.....	09
2.2.3. Fromage fondu tartinable.....	09
2.2.4. Fromage fondu toastable (pour refonte).....	10
2.2.5. Fromage fondu thermostable.....	10
2.3. Composition et valeur nutritive.....	10
2.3.1. Composition	10

2.3.1.1 Eau.....	10
2.3.1.2 Protéines.....	11
2.3.1.3 Glucides	11
2.3.1.4 Lipides.....	11
2.3.1.5 Vitamines	11
2.3.1.6. Composition minérale.....	12
2.3.2. Valeur nutritive du fromage fondu stérilisé.....	13

CHAPITRE 3

FABRICATION DU FROMAGE

3.1. Procédé de fabrication.....	14
3.1.1. Sélection de matière première et contrôle de qualité	14
3.1.2. Ecroutage, découpage et broyage des fromages.....	14
3.1.3. Préparation de la formule.....	14
3.1.4. Fonte proprement dite.....	15
3.1.5. Crémage.....	15
3.1.6. Homogénéisation	15
3.1.7. Conditionnement	15
3.1.8. Refroidissement et stockage.....	16
3.1.9. Conservation.....	16
3.2. Additifs technologique	16
3.2.1. Sels de fonte	16
3.2.2. Colorant.....	17
3.2.3. Eau.....	17
3.3. Conservation du fromage fondu stérilisé.....	18
3.4. Défauts de fabrications.....	18

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Lieu et période du travail	22
2. Matériel et méthodes	22
2.1. Matériel	22
2.1.1. Matériel biologique.....	22
2.1.2. Matériel non biologique.....	22
2.2. Méthode	22
2.2.1. Analyse physico-chimique	22
2.2.1.1. Echantillonnage	22
2.2.1.2. Analyse physico-chimique du fromage	23

2.2.1.2.1. Mesure du pH	23
2.2.1.2.2. Détermination de l'extrait sec totale (EST).....	23
2.2.1.2.3. Mesure de la teneur en matière grasse.....	23
2.2.1.2.4. Détermination de la teneur en matière grasse sur la matière sèche (MG/MS).....	24
2.2.2. Analyses microbiologique	25
2.2.2.1. Echantillonnage.....	25
2.2.2.2. Préparation des échantillons.....	25
2.2.2.3. Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale	25
2.2.2.4. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	27
2.2.2.5. Recherche et dénombrement de <i>staphylococcus aureus</i>	29
2.2.2.6. Recherche et dénombrement de clostridium sulfato-réducteur(CSR)	31
3. Résultats et discussion	33
3.1. Résultats physico-chimiques	33
3.1.1. Paramètres physico-chimiques du fromage fondu selon les normes JORA.....	33
3.1.2. Classement des résultats de la laiterie selon les normes de JORA	33
3.2. Résultats bactériologiques	35
3.2.1. Résultats du dénombrement des germes	35
3.2.2. Classement des échantillons analysés par rapport aux normes	36
Conclusion et recommandations	39

Références bibliographiques

Annexes

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Classification du fromage en fonction de la consistance, de la teneur en matière grasse et des principales caractéristiques d'affinage.

Tableau II : Défauts au moment de la fonte

Tableau III: Défauts au cours du stockage

Tableau IV : Normes des paramètres physico-chimiques selon JORA 1998

Tableau V : l'interprétation des résultats physico-chimiques de la laiterie selon les normes décrites dans J.O.R.A 1998.

Tableau VI : Résultats des analyses bactériologiques du fromage fondu

Tableau VII: Normes pour le fromage fondu (J.O.R.A 1998)

Tableau IX : Résultats des analyses bactériologiques selon les normes décrites dans J.O.R.A 1998.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Recherche des germes aérobies mésophiles totaux

Figure 2: Recherche et dénombrement des coliformes

Figure 3 : Recherche de Staphylococcus aureus

Figure 4: Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteur(CSR)

Figure 5: Classement des résultats physico-chimiques de la laiterie par rapport aux normes.

Figure 6: Représentation graphique des résultats bactériologiques

Figure 7: Représentation graphique du classement des résultats par rapport aux normes

LISTE DES ABRIVIATIONS

Abs: absence

AFNOR : association Française de normalisation

ASR : aérobies sulfito-réducteurs

Aw : l'activité de l'eau

BP : la gélose BairdParker

C : degré Celsius

CF : coliformes fécaux

CIDIL: Comité Interprofessionnel Des Industries Laitiers

CSR : Clostridium sulfito-réducteur

CT : coliformes totaux

EDTA : acide éthylène diamine tétracétique

EST: extrait sec totale

FAO : organisation mondiale d'agriculture et d'alimentation

g/l: gramme par litre

G/S: gras

/sec

JORA : journal officiel de la république Algérienne

L.F.B : laiterie fromagerie de Boudouaou dans la wilaya de Boumerdes

MG: matière grasse

MGES: Pourcentage de la matière grasse dans l'extrait sec

ml : millilitre

Min: minute

MS : matière sèche

Nbr: nombre

OMS : organisation mondiale de la santé

pH : potentiel d'hydrogène

S aureus : staphylococcus aureus

Sec: seconde

STA : Staphylococcus aureus, Anaérobies Sulfito-réducteurs

UHT : traitement thermique

T° : température

TEFD: Pourcentage de la teneur en eau dans le fromage dégraissé

µg : micro gramme

% : pourcentage

INTRODUCTION

Les fromages sont des produits de haute qualité énergétique et gustative, ils constituent l'une des principales sources alimentaires par leurs richesses en calcium, protéines, lipides et vitamines. C'est un aliment complet du point de vue nutritionnel.

De par leur richesse en matière grasses, la consommation abusive des fromages peut entraîner certains effets néfastes à l'organisme tel que l'obésité et d'hypercholestérolémie qui peut provoquer une athérosclérose (**SIMOPOULOS et SALEM, 2002**).

L'Algérie est le premier consommateur laitier du Maghreb avec un marché annuel estimé à 1,7 Milliard de Dollars durant les premiers mois de 2014, Avec la période de crise que l'Algérie a connu depuis la fin 2014 à ce jour, la facture d'importation des produits laitiers ne cessera pas d'augmenter (981 millions de Dollars pour 2013 et 1,7 Milliards de Dollars pour 2014)source CNIS (**CONSEIL NATIONAL DE L'INFORMATION STATISTIQUE**) donc avec une hausse de 77% par an, et cela malgré les ressources naturelles, humaines et financières que le gouvernement met aux dispositions des services agricoles.

Tous les produits finis, doivent subir des analyses physico-chimiques et microbiologiques, avant l'autorisation de leur commercialisation, dans ce contexte qui s'inscrit ce présent qui a pour objectifs :

- Dans la partie bibliographique nous avons essayé de rassembler les données bibliographiques relatives au sujet traité.
- Dans la partie expérimentale nous avons présenté l'interprétation et à la discussion des résultats correspondant à l'évaluation des paramètres physico-chimiques et microbiologique du fromage fondu produit au niveau de la laiterie fromagerie de Boudouaou située au niveau de la wilaya de Boumerdese.

CHAPITRE 1

GENERALITE SUR LE FROMAGE

1.1.Définition de fromage

Le fromage est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait, et qui est obtenu par (**CODEX STANDARD 283-1978**):

(a) : coagulation complète ou partielle des protéines du lait, du lait écrémé, du lait partiellement écrémé, de la crème, de la crème de lactosérum ou du babeurre, seuls ou en combinaison, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation, tout en respectant le principe selon lequel la fabrication du fromage entraîne la concentration des protéines du lait (notamment de la caséine), la teneur en protéines du fromage étant par conséquent nettement plus élevée que la teneur en protéines du mélange des matières premières ci-dessus qui a servi à la fabrication du fromage et/ou

(b) : l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation des protéines du lait et/ou des produits provenant du lait, de façon à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques similaires à celles du produit défini à l'alinéa (a).

1.2.Classification de fromage

Vu les divers caractéristiques du fromage, les spécialistes ont défini plusieurs classifications, nous avons :

1.2.1. Classification selon FAO/OMS (La norme FAO/OMS n° A-6 (1978))

La classification des fromages selon la norme n° A-6 est présentée dans le tableau I. Elle est complétée par des normes individuelles précisant les caractéristiques particulières de divers fromages. De nombreux pays possèdent une réglementation propre concernant, notamment, la définition et la composition des produits.

Tableau I: Classification du fromage en fonction de la consistance, de la teneur en matière grasse et des principales caractéristiques d'affinage (selon la norme **CODEX STAN A-6-1978**)

Formule I		Formule II		Formule III
TEFD*(%)	Premier élément	MGES**(%)	Second élément de	Dénomination d'après les

	de dénomination		dénomination	principales caractéristiques d'affinage
<51	Pâte extra-dure	>60	Extra-gras	1. Affiné:
49-56	Pâte dure	45-60	Tout-gras	a principalement en surface
54-63	Pâte demi-duré	25-45	Mi-gras	b. principalement dans la masse
61-69	Pâte demi-molle	10-25	Quart-gras	
>67	Pâte molle	<10	Maigre	2. Affiné aux moisissures: a. principalement en surface b. principalement dans la masse 3. Frais

*TEFD = Pourcentage de la teneur en eau dans le fromage dégraissé.

** MGES = Pourcentage de la matière grasse dans l'extrait.

1.2.2. Classification selon la fabrication

Selon la fabrication du fromage nous avons :

1.2.2.1. Fromages frais

Le fromage frais est le produit issu de la simple transformation du lait en poudre qui est ensuite additionné de la crème fraîche (LARPENT, 1997).

La réglementation française stipule que le fromage frais est un fromage à égouttage lent, n'ayant subi que la fermentation lactique, obtenu avec des laits ou des crèmes propres à la consommation humaine (LUQUET, 1990). C'est un produit non affiné, très humide et périssable (24 jours maximum) (SCHUCK et al, 2004).

Le caillage du lait est obtenu par l'ajout de culture bactérienne et de présure au lait, puis s'amorce un processus d'égouttage léger qui permet d'obtenir une pâte d'une consistance plus ferme tout en lui en conservant un taux d'humidité très élevé, de 60 à 80% et une teneur en matière grasse réduite, de 0,5 à 30 (GRIPON et al., 1975).

Sa teneur en matière sèche peut être abaissée respectivement jusqu'à 15 g ou 11 g pour les fromages frais non définis. (LUQUET, 1990 ; BRITTEN, 2003).

Exemples de fromages frais : Tartare, Saint-Môret, Chavroux, Carré frais, Bousin, Cervelle de Canut.

1.2.2.2. Fromages à pâte molle

Les fromages à pâte molle sont des fromages affinés ou non, dont la pâte n'est ni cuite ni pressée (VIGNOLA C L. (2002). Ils doivent leur nom au fait qu'ils soient relativement souple, leur taux d'humidité oscille autour de 50% (COURTINE R.J. (1972).

1.2.2.2.1. Fromage pâte 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>. L'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 (PRADAL,2012).

Exemples de fromage à pâte molle et croûte fleurie : Camembert, Brie, Coulommiers, Neufchâtel.

1.2.2.2.2. Fromage pâte 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 caractéristique. Il révèle des saveurs marquées ou prononcées, parfois fortes (ANONYME 3, 1999).

Exemple : fromage affine : Maroille, Munster, Pont-l'Evêque et des fromages à croûte lavée : Reblochon, Saint-Paulin, Port Salut, Edam, Morbier.

1.2.2.3. Fromages à pâte persillée

Ces fromages sont caractérisés par un développement interne de la moisissure *Penicillium roqueforti*, ces moisissures, en se développant donnent les marbrures vertes ou bleues qui persillent la pâte des fromages (GOUDEDRANCHE H, et al2002).

Une pâte persillée bien affinée doit être d'aspect grasseux en surface, avec à l'intérieur des veinures bleues réparties autant que possible dans toutes la masse du fromage (COURTINE RJ. (1972). Avant l'affinage, ils sont percés de trous très fins pour que le *Penicillium* s'y développe (FOURNIER A. (2006)

Exemples de fromages à pâte persillée : Fourme d'Ambert, Roquefort, Bleus d'Auvergne, de Bresse, de Sassenage.

1.2.2.4. Fromages à pâte pressée

Il s'agit des fromages dont le caillé est pressé après soutirage, puis mis à l'affinage, on distingue :

1.2.2.4.1. Fromage à pâte pressée cuite

Les fromages à pâte pressée cuite ou pâte dure, sont des fromages pour les quels, après pressage, le caillé est chauffé à 65°C, puis laissé à l'affinage.

Le terme cuite se dit d'un fromage dont le caillé subit un chauffage au moment de son tranchage, lorsqu'il est thermisé, le lait est chauffé à environ 65°C, ce qui ne détruit qu'une partie de la flore, lorsqu'il est pasteurisé, le lait est chauffé de 72 à 85°C pendant 20 secondes maximum, puis refroidi immédiatement à 4°C. Cette procédure détruit la flore naturellement présente dans le lait, et nécessite donc un réensemencement en flore standardisée, ce qui peut avoir pour les industriels l'avantage d'obtenir un goût régulier et une texture régulière (MAJDI A. (2009).

La teneur minimale en matière sèche pour 100g de fromage est de 60g pour l'Emmental, 61g pour le Beaufort et 62g pour le Gruyère et le Comté (ANONYME4 (GEM RCN) Juillet 2009)

1.2.2.4.2. Fromage à pâte pressée non cuite

Les fromages à pâte pressée non cuite ou demi-ferme qui subissent une période d'affinage assez longue atmosphère fraîche et très humide, les fromages à pâte demi-ferme (cheddar, cantal...) ont une consistance dense et une pâte de couleur jaune pâle. Ces fromages ne doivent être ni desséchés, ni trop faibles, la pâte près de croûte ne doit pas être plus foncée. Ils contiennent entre 40 et 60 % d'humidité (ANONYME 3, 1999).

1.2.3. Classification selon l'affinage

C'est la phase ultime de la fabrication des fromages caillés qui lui permet d'acquérir sa saveur caractéristique, elle se fait dans des conditions particulières de température de l'ordre de 13°C, d'humidité comprise entre 80-90%, et d'aération et cela pendant 30 jours. Enfin les boules obtenues sont trempées dans une cire alimentaire de couleur jaune puis stockées (MAJDI, 2009). Selon MIETTON (1995), l'affinage est en fait la résultante de trois principales actions biochimiques qui se déroulent simultanément à savoir (ABDOUNE, 2003) :

- La dégradation des protéines.
- L'hydrolyse de la matière grasse.
- La fermentation du lactose.

1.2.3.1. Fromage affiné

Le fromage affiné est un fromage qui n'est pas prêt à la consommation peu après sa fabrication, mais qu'on doit maintenir pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage (Carole, 2002).

1.2.3.2. Fromage affiné aux moisissures

Le fromage affiné aux moisissures est un fromage dont l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques, dans la masse ou sur la surface du fromage. Le fromage non affiné, dont le fromage frais, est un fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication (Carole, 2002).

1.2.3.3. Fromage non affiné

Le fromage non affiné est défini par la Norme A-6 comme un « fromage », c'est-à-dire qu'il possède un rapport de protéine de lactosérum à la caséine qui n'excède pas celui du lait. L'extension de la définition du fromage non affiné pour inclure le fromage aux protéines de lactosérum entraînerait donc des conséquences pour la Norme A-6. De plus, les fromages aux protéines de lactosérum peuvent également être produits de la même manière que les produits affinés

1.3. Fromage de chèvre

Pour les fabrications incorporant du lait de chèvre la réglementation distingue deux catégories (**ANONYME 4(GEM RCN)Juillet 2009**) :

- Les « fromages de chèvre »: l'appellation est réservée aux fromages exclusivement fabriqués au lait de chèvre. Sans préjudice des dispositions applicables spécifiquement aux produits sous signe de qualité, cette disposition ne s'applique pas au lait ayant servi de support de culture aux ferments utilisés pour la fabrication, dans la mesure où les bonnes pratiques de fabrication sont respectées. Par contre, lorsque les ferments utilisés sont cultivés sur un lait de même espèce animale que le lait matière première, la mention « pur chèvre » peut, selon le cas, être utilisée, en complément ou en remplacement de la mention « de chèvre ».
- Les « mi- chèvres » : lorsque le fromage ou la spécialité fromagère est préparé(e) avec un mélange de matières premières laitières provenant de la chèvre et de la vache, dont au minimum 50 p.100 de l'extrait sec est d'origine caprine; l'appellation « fromages au lait de mélange » désigne des fromages fabriqués à partir de matières premières laitières provenant de deux ou plusieurs espèces animales.

1.4. Fromage fondu

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**).

Ils sont obtenus à partir de mélanges de fromages frais ou affinés et additionné éventuellement de produit laitiers et / ou d'autres ingrédients (aromates, épices, jambon, noix).

La fonte se fait à 100°C en présence de « sels de fonte » (phosphate de calcium et phosphate de sodium), parfois en présence d'acides citrique, tartrique. Ici le lait ne doit pas être UHT donc il y a toujours la présence de spores (CIDIL: Comité Interprofessionnel Des Industries Laitiers).

1.5 Modalités d'admission et de contrôle

Les contrôles à réception, réalisés systématiquement, font l'objet d'une procédure propre à chaque établissement et ont pour but de vérifier la conformité des produits réceptionnés. Ils peuvent être complétés périodiquement par des contrôles microbiologiques portant sur tout ou partie des critères fixés par la réglementation, selon les produits concernés.

1.5.1. Contrôles systématiques

1.5.1.1. Contrôles quantitatifs

Le poids net total de la marchandise livrée doit correspondre à la commande et au poids facturé. Le but est de vérifier que le poids net indiqué sur les emballages est respecté. Il peut, dans un premier temps, être effectué par sondage. Si le poids livré est inférieur au poids facturé, la marchandise doit être soit refusée, soit acceptée après réfaction du déficit de poids constaté en présence et après signature du réceptionniste et du livreur « ANNONYME 4(GEM RCN)Juillet 2009 »:

1.5.1.2. Contrôles qualitatifs

Le contrôle qualitatif a pour but de vérifier visuellement, et si nécessaire au moyen de prélèvements en vue d'analyses de laboratoires que ANNONYME 4(GEM RCN)Juillet 2009 »:

- la fourniture faisant l'objet du contrôle correspond à la commande, en particulier aux caractéristiques des produits faisant l'objet du marché telles qu'elles sont énoncées dans le cahier des clauses techniques particulières propre à chaque acheteur ;
- elle provient bien des établissements ou ateliers de fabrication visés au marché (conformité de l'étiquetage) ;
- la qualité fournie est conforme à la catégorie énoncée et aux critères microbiologiques fixés par la réglementation ;
- la fourniture n'a subi, depuis sa préparation, aucune détérioration ou altération susceptible d'en diminuer la salubrité ;
- la température de transport est celle prescrite par la réglementation ;
- les conditionnements et les emballages ont conservé leur intégrité, qu'ils sont en parfait état de propreté et que les indications réglementaires y sont portées ;
- le produit présente les critères d'une denrée loyale et marchande, notamment l'absence de couleurs, d'odeurs et de goût anormaux ;
- la traçabilité des produits réceptionnés est prise en compte au titre de la réglementation en vigueur.

CHAPITRE 2

LE FROMAGE FONDU

2.1. Définition de fromage fondu

On appelle "fromage fondu" et "fromage fondu pour tartine, les produits obtenus par la fonte d'un fromage ou d'un mélange de fromages sous l'action de chaleur et d'agents émulsifiants avec ou sans adjonction de constituants laitiers.

Les fromages utilisés sont presque toujours des fromages à pâtes fermes de type emmental ou cheddar, les fromages à pâte molle ne donnent pas d'aussi bon résultats (**NA 5936**).

2.2. Différents types de fromage fondu

D'après **BOUTENNIER (2002)**, ces produits issus de fonte de fromages peuvent être regroupés en cinq familles :

2.2.1. Fromage fondu type << bloc >>

Le traitement thermique subi est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée, comparable à celle d'un fromage classique. Pour assurer sa stabilité, sa teneur en matière sèche est élevée et il est fondu partiellement ou totalement à partir de citrate de sodium. L'objectif est de retrouver l'aspect d'un fromage à pâte pressée, bien que celui-ci ait fait l'objet d'un chauffage.

2.2.2. Fromage fondu type << coupe >>

Moins ferme que le bloc, il n'en est pas pour autant tartinable. Il contient trois à quatre points de moins de matière sèche que le précédent, ce qui le rend plus agréable à la dégustation. L'élasticité, parfois recherchée, n'est pas toujours souhaitable en raison de la formation de fils qui rendent le conditionnement délicat sur les machines classiques.

2.2.3. Fromage fondu tartinable

C'est le processus de crémage qui permet en partie de régler la consistance du produit fini et de lui conférer une certaine tartinabilité. Ces produits peuvent être aromatisés et conditionnés en emballages souples (portions) ou rigides (pots, banquettes, tubes).

2.2.4. Fromage fondu toastable (pour refonte)

Originnaire d'Amérique du Nord, il se présente généralement sous forme de tranches adaptées à une utilisation dans les cheesburgers, les croque-monsieur... ce produit doit fondre rapidement sans carbonisation superficielle, comme une tranche d'emmental par exemple, ce qui exige une préservation importante de la structure protéique des matières premières.

2.2.5. Fromage fondu thermostable

Issu d'une demande extrême-orientale, à l'inverse du précédent, c'est un fromage fondu qui ne doit pas fondre lorsqu'on le soumet à une nouvelle source de chaleur. Il subit un crémage très poussé et les blocs obtenus sont découpés au Japon puis incorporés dans des plats cuisinés à base de légumes ou du poisson. Ces préparations peuvent être appertisées et, à des températures élevées, les cubes de fromage fondu doivent rester intacts après la stérilisation.

2.3. Composition et valeur nutritive

2.3.1. Composition

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

2.3.1.1 Eau

L'activité biologique de l'eau est primordiale en alimentation. Puisqu'elle permet de mettre en œuvre une stratégie de protection des aliments en contrôlant les détériorations physicochimiques, les activités enzymatiques et la multiplication des populations microbiennes.

L'activité de l'eau (A_w) d'un aliment est un indicateur de sa stabilité, sûreté, et durée de conservation (A_w) de fromage est autour 0.87 à 0.98, par rapport à l'eau presque à 1 (RAMESH, 2011).

2.3.1.2 Protéines

Les fromages fondus sont des aliments très riches en protéines qui proviennent de la caséine. C'est le constituant principale de fromage qui établit la structure et donne le caractère élastique de fromage, modifiée dont une partie importante se trouve dégradés et solubilisée en oligopeptides et acides aminés sont l'influence d'une série d'enzymes différents. La teneur en acides aminés du fromage lui confère une valeur biologique extrêmement élevée (M. MEHMET AK.2003).

2.3.1.3 Glucides

Le lait de bovin contient le lactose environ 4.8%, sa concentration dans le lait est indépendant de race (Gerrit S ,2003).Les fromages affinés sont pratiquement dépourvus de glucides car la faible quantité de lactose restant dans le caillé après égouttage est transformée en

acide lactique au cours de l'affinage. Cependant la correction des extraits secs nécessite parfois l'addition de poudre de lait donc de lactose (**GILLIS et ECK, 1997**).

2.3.1.4 Lipides

Les graisses existe dans le lait comme des petites globules entouré par des protéines, sa quantité dépend de la race, stade de lactation et le régime alimentaire de la vache (**FREDOT,2006**).

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte fromage. Certains de ces acides gras sont volatils et interviennent dans la formation de l'arôme, les lipides du lait (triglycérides, phosphoglycérique, sphingicidés) se trouve dans les fromages sous forme émulsionnées ce qui les rend plus digestives (**GILLIS et ECK, 1997**).

2.3.1.5 Vitamines

Les produits laitiers sont des sources riche en vitamines, notamment, certains produits laitiers fermentés, comme les fromages, sont une source valable de la vitamine K les vitamines liposolubles telles que les vitamines A, D, E et K.

Le teneur des fromages en vitamines liposolubles essentiellement vitamine A et D accessoirement vitamine E est directement liée à la richesse de ces derniers en lipide (**MARIA S, 2007**).

2.3.1.6. Composition minérale

La composition minérale du fromage est présentée dans l'Annexe 1

-Sodium est apporté au fromage sous forme de chlorure de sodium. Ce dernier intervient pour relever la saveur du fromage. On l'utilise aussi pour limiter la prolifération de certaines moisissures indésirables et pour régler l'humidité. Une partie du sodium de fromage fondu provient des sels de fonte, notamment du polyphosphate de sodium (**GILLIS et ECK, 1997**).

-Le calcium des fromages est bien assimilé par l'organisme humain en raison des proportions respectives de calcium et de phosphore qu'ils apportent et de la présence concomitante de protéines qui en favorisent l'absorption intestinale. Le taux de calcium varie en fonction de la teneur en eau et du mode de fabrication (le fromage fondu < 150 mg pour 100 g de produit) (**FREDOT, 2006**).

-Le phosphore est : présent dans beaucoup d'aliment généralement riche en protéines et en calcium comme le lait et les fromages surtout le fondu.

-Une partie du phosphore (un cinquième) se maintient dans la phase soluble du fromage, seul le fromage fondu additionné et quelques rares pâtes fraîches contiennent plus de phosphore que sodium. Enfin, le rapport calcium / phosphore du fromage est élevé et donc satisfaisant au plan nutritionnel (**FAO, 1995**).

Ils sont aussi une source intéressante de potassium, de zinc, d'iode et de sélénium, en revanche ils sont pauvres en Fer et en magnésium

-Le potassium, le magnésium et les oligo-éléments se trouvent dans le fromage particulièrement le fondu sous formes de traces. Sa teneur est en générale inférieure à 150 g ce qui correspond à la teneur du lait (**FREDOT, 2006**).

- Le chlorure de sodium : dans l'alimentation humaine, deux fonctions principales lui sont attribuées, il intervient dans l'acceptation sensorielle des aliments par son gout salé caractéristique, par sa propriété d'exalter ou de masquer certains autres substances sapides. Et par son rôle sur certaines caractéristiques texturales des matières alimentaires, il agit aussi comme conservateur en limitant le développement des micro-organismes.

2.3.2. Valeur nutritive du fromage fondu stérilisé

Le fromage fondu comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Il apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire. Ne nécessitant aucune préparation, c'est excellent moyen d'apporter à notre corps les éléments énergétiques et bâtisseurs nécessaire à son fonctionnement (lipides, glucides protéines, minéraux, vitamines). Comme tous les produits laitiers, c'est une source importante de protéines et de calcium. Du fait de sa conservation et des facilités d'exportation qu'il permet, il peut être un aliment de première importance pour les populations non laitières. En outre, la présence de matière grasse sous forme bien émulsionnée et des protéines finement dispersées lui confèrent une efficacité nutritionnelle (notamment digestibilité) au moins égale à celle des composés de départ (**GILLIS et ECK, 1997**)

CHAPITRE 3 FABRICATION DU FROMAGE

3.1. Procédé de fabrication

Les procédés de fabrications du fromage se font comme suit (**Voir Annexe 02**) :

3.1.1. Sélection de matière première et contrôle de qualité

La sélection de matière est fonction de la formule du produit que l'on veut obtenir. Toutes les matières premières sélectionnées feront l'objet d'un contrôle rigoureux avant utilisation quant à leur composition physicochimique, bactériologique et leurs caractéristiques organoleptiques (**GILLIS et ECK, 1997**).

3.1.2. Ecroutage, découpage et broyage des fromages

L'égouttage est réalisé traditionnellement par raclage ou brassage mais techniques nouvelles apparaissent telles que les jets d'eau chaud sous pression par exemple.

Le broyage est une étape importante du traitement des matières premières, car il est indispensable de dissocier finement les fromages pour obtenir un fromage fondu homogène (**GILLIS et ECK, 1997**).

3.1.3. Préparation de la formule

La préparation de du fromage consiste ont :

- **Pesée des matières premières** : la principale matière première des fromages fondus est le fromage auquel on associe souvent d'autres produits laitiers. Les fromages appartiennent généralement aux pâtes pressées cuites ou non cuites, tout l'art du maître fondeur se trouve dans la sélection est le dosage harmonieux des matières premières (**AMADOU et SAID AMER, 2002**).

- **Mélangé** : Aux matières fromagères et laitières, on ajoute de l'eau et sels de fonte, puis on effectue un pré broyage de l'ensemble pendant quelques minutes pour obtenir un mélange prêt à être fondu, la réhydratation des poudres avant mélange est favorable à l'obtention d'un mélange homogène facilitant l'action des sels de fonte (**GILLIS et ECK, 1997**).

3.1.4. Fonte proprement dite

Des installations demies en continu ont été développées avec l'utilisation d'un cutter assurant le pré-chauffage, suivi d'une cuve de mise en continu alimentant des échangeurs de chaleur raclée; la température atteinte sur ces installations permet d'obtenir une meilleure valeur stérilisatrice. La stérilisation est suivie d'un pré refroidissement jusqu'à 80-90°C, puis d'une étape spécifique de fonte : «le crémage» (**GILLIS et ECK, 1997**).

3.1.5. Crémage

Cette étape est essentielle pour la fabrication des fromages fondus à tartiner en portion. En effet, leur texture crémeuse suppose une déstructuration (peptisation) poussée, contrairement aux fromages fondus en tranche ou en bloc. Bien que peu visqueux, ces produits sont des gels. En effet contrairement aux fromages fondus en barquettes qui ne s'écoulent spontanément, les portions doivent conserver leur forme au stockage (GAUCHERON, 2004). L'importance du «crémage» a une influence primordiale sur la texture finale du produit (LUQUET, 1985).

3.1.6. Homogénéisation

On peut éventuellement faire subir au produit une étape d'homogénéisation ; cette dernière améliore la stabilité de l'émulsion de la matière grasse en diminuant la taille des globules gras; elle améliore la consistance, la structure, l'apparence et l'onctuosité des fromages fondus (GILLIS et ECK, 1997).

3.1.7. Conditionnement

Le conditionnement est un processus très complexe. Il est réalisé actuellement au moyen des machines automatiques à des cadences très rapides. Pour les fromages fondus en portion, des machines de plus en plus sophistiquées, elles permettent de produire 20, 80, 100, 200, 400 et 800 portions à la minute (BOUTONNIER, 2000).

Le conditionnement des portions de fromage fondu à tartiner, s'effectue dans une feuille en aluminium vernis sur les deux faces, la feuille est préformée par pression sur la machine sous forme d'une coquille qui après remplissage avec la pâte fondue reçoit un couvercle avant l'accomplissement du scellage, le point de scellage se situe entre 60 et 70°C ce qui permet d'utiliser la seule chaleur du fromage fondu comme énergie de scellage (BOUTONNIER, 2000). L'automatisation du conditionnement permet de réduire considérablement les risques de la pâte après les opérations de pasteurisation ou de stérilisation (LUQUET, 1985).

3.1.8. Refroidissement et stockage

Le refroidissement varie en fonction du produit; il doit être rapide pour les fromages fondus à tartiner et préparation à base de fromage fondu et lent pour les blocs, un refroidissement trop lent peut favoriser le développement des réactions de Maillard. On stocke les produits mis en carton dans des entrepôts dont la température se situe autour de 10 à 15°C (GILLIS et ECK, 1997).

3.1.9. Conservation

Le fromage fondu est un produit de longue conservation (jusqu'à 1 an), conservation qui est rendue possible grâce au traitement thermique et à la présence de sels de fonte (GAUCHERON, 2004).

Selon **LUQUET (1985)**, certaines précautions élémentaires doivent être prises pour la conservation, le transport et la distribution du fromage fondu, notamment en ce qui concerne les pays chauds :

- Eviter l'écrasement par surcharge et mouillage, surtout lorsqu'il s'agit des boîtes en carton.
- Eviter l'exposition au soleil et le stockage à une température, notamment le passage à 12°C.
- Eviter surtout le brusque changement de température, notamment le passage du froid au chaud, ce qui provoque des condensations détériorant les emballages en carton.

3.2. Additifs technologique

3.2.1. Sels de fonte

Selon **MAHAUT et al (2000)**, les sels de fonte agissent comme émulsifiants et chélatants, ils sont autorisés dans la limite de 3% du poids du produit fini, sont autorisés par la législation :

- Les polyphosphates de sodium.
- Les orthophosphates de sodium.
- Le citrate de sodium.
- L'acide citrique.

Selon **MOLINS (1991)**, le rôle des sels de fonte dans la fabrication de fromage fondu est:

- Solubilisation des protéines et séquestration du calcium : la capacité d'un sel de fonte à solubiliser la caséine dépendent essentiellement de sa capacité à échanger le calcium du produit laitier contre le sodium qui le contient initialement.
- Ajustement du pH : le pH est ajusté dans une gamme allant de 5.4 à 5.8 selon les propriétés recherchées.
- Fonction antimicrobiennes : il ne s'agit pas d'un effet bactéricide (les polyphosphates ne détruisent pas les micro-organismes) mais plutôt, d'un effet bactériostatique (Berger et al, 1989).
- Les phosphates sont également reconnus comme de bons inhibiteurs de la germination des spores, la production des toxines botuliques est également empêchée (tanaka et al, 1979).

3.2.2. Colorant

Pour certaines variétés de fromage fondus tel que celui à base de Gouba, on peut renforcer la couleur par l'ajout de la β -carotène à des concentrations bien déterminées pour assurer l'homogénéité de la couleur au cours de la fabrication (**GILLIS et ECK, 1997**).

3.2.3. Eau

L'humidité des fromages étant généralement faible et puisque l'on incorpore des poudres, il est absolument nécessaire d'apporter de l'eau au mélange, celle-ci permet de solubiliser et de disperser les protéines et d'émulsionner par conséquent la matière grasse libre. Cette eau doit être de qualité alimentaire c'est-à-dire avec une faible teneur en micro-organisme et en contaminant chimique tel que le nitrate (**BOUTONNIER, 2000**).

3.3. Conservation du fromage fondu stérilisé

La sécurité des aliments, c'est l'une des priorités majeures de l'industrie alimentaire et de l'ensemble des acteurs de la chaînes alimentaires, C'est une question légitime du consommateur, mais jusqu'à quel niveau peut-on tendre le risque zéro.

En regard de la problématique de sécurité des aliments, l'emballage est de fait doublement concerné, d'une part il ne doit pas constituer un risque lui-même.

D'autre part la fonction de sécurisation des produits est l'une des fonctions fondamentales à confronter (AMADOU et AMER, 2002).

3.4. Défauts de fabrications

Ceux qui connaissent la fabrication du fromage fondu savent qu'elle est influencée par de nombreux facteurs tels que la nature de la matière première, le choix des autres ingrédients comme sels de fond et agents de sapidité, Ainsi un très léger écart par rapport aux normes peut engendrer des défauts que l'on peut observer au cours des différents stades de la chaîne de fabrication (BELGER et al, 1989).

Le tableau II explique les défauts qui peuvent apparaître au moment de la fonte.

Tableau II : défauts au moment de la fonte(BERGER et al., 1989)

Aspect de la pâte	Origine possible	Remède
La pâte du fromage reste liquide	-La matière est trop affinée, trop décomposée et ne peut constituer une structure stable.	-Mélanger la matière première avec des fromages plus jeunes présentent une structure protéique plus stable.

	<ul style="list-style-type: none"> -La teneur en eau est trop élevée. -La durée de la fonte est trop courte. 	<ul style="list-style-type: none"> -Diminuer la quantité d'eau ajoutée. -Prolonger la durée de la fonte.
La pâte forme des fils	<ul style="list-style-type: none"> -La matière première est trop majeure. --Le sel de fonte est trop peut crémant. -La quantité de sel de fonte est insuffisante. 	<ul style="list-style-type: none"> -Ajouter du fromage plus affiné à la matière première. -Utiliser un sel de fonte plus crémant. -Augmenter la quantité du sel de fonte.
La pâte prend une coloration brun clair à brun foncé	<ul style="list-style-type: none"> -La température de la fonte est trop élevée. -Le temps de chauffage est long et la température est supérieure à 100°C. 	<ul style="list-style-type: none"> -Diminution de la température de chauffage pour les fromages contenant du lactose même en cas du traitement UHT. Réduction du temps de chauffage quand la température dépasse 100°C

Au cours du stockage du fromage fondu, des problèmes concernant la qualité organoleptique du produit peuvent surgir, le tableau III montre quelques défauts observés au moment du stockage.

Tableau III: Défauts au cours du stockage(BERGER et al, 1989)

Aspect de la pâte	Origine possible	Remède
Le fromage colle à la feuille d'aluminium	<ul style="list-style-type: none"> -Feuille d'aluminium insuffisamment laquée. 	<ul style="list-style-type: none"> -Utiliser une feuille d'aluminium appropriée. -Ajouter moins d'eau selon la recette et le produit fini voulu. -Ajouter des fromages plus affinés.
Le fromage présente un	<ul style="list-style-type: none"> -Gout fade, nul 	<ul style="list-style-type: none"> -Ajouter des fromages plus

gout instable.	« de carton» dû à des fromages jeunes. -Gout amer dû à une matière première de mauvaise fabrication.	vieux. -Vérification sensorielle approfondie des matière première.
Le fromage est caoutchouteux.	-Gout alcalin dû à un pH trop élevé, généralement supérieur à 6,2. -Aucun apport de préfonte Eau ajoutée en une seule fois. -Vitesse de rotation du brasseur est trop lent.	-Abaisser le pH par un apport de fromage plus jeune ou un sel de fonte approprié. -Ajouter une préfonte bien crémée. -Ajouter l'eau en deux fois -Augmenter la vitesse de rotation du brasseur.

• **La présence des cristaux** : la présence des cristaux est souvent liée à un surdosage de sels de fonte ou à une dissolution incomplète des sels de fonte au cours du processus de fonte, cette cristallisation se réalise avec des produits à extrait sec élevé présentant une moindre disponibilité de l'eau utilisée à la solubilisation des polyphosphates(**GAUCHERON, 2004**).

• **Le gonflement** :est un accident de fabrication particulièrement grave, il se traduit par la présence de nombreux globe dans le fromage, principalement près de la surface, les germes responsables sont divers (**VEISSEYRE, 1979**).

PARTIE EXPERIMENTALE

Notre étude a pour but d'apprécier la qualité physico-chimique, hygiénique et sanitaire du fromage fondu pasteurisé, conditionné sous forme de portion, produit au niveau de la laiterie de Boudouaou.

1. Lieu et période du travail

Notre travail a été réalisé au sein de l'unité de L.F.B (laiterie fromagerie de Boudouaou dans la wilaya de Boumerdes), Durant une période qui s'est étalée du mois de janvier jusqu'au mois de février de l'année 2016.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Matériel biologique

Nous avons analysé 25 échantillons du produit fini du fromage fondu dans le cadre du contrôle de qualité systématique de la laiterie.

2.1.2. Matériel non biologique

Le matériel employé est mentionné dans l'annexe 3.

2.2. Méthode

2.2.1. Analyse physico-chimique

Les analyses physico-chimiques sont effectuées dans le but du contrôle de la qualité du produit fini : pH, extrait sec total (EST), matière grasse (MG) et le gras sur sec (G/S).

2.2.1.1. Echantillonnage

Dans le cas de l'analyse physico-chimique il existe des conditions d'asepsie particulières. De chaque lot 3 échantillons ont été tirés au hasard. Au total 25 échantillons ont été analysés. Le poids de l'échantillon nécessaire à l'analyse est de 25 g à 40 g du produit fini.

2.2.1.2. Analyse physico-chimique du fromage

2.2.1.2.1. Mesure du pH

❖ Principe

Cette méthode décrit la mesure électrométrique du pH (acide ionique), elle s'applique au fromage fondu. Son principe est la mesure directe du pH.

❖ Mode opératoire

L'opération consiste à introduire directement l'électrode déjà étalonnée dans le produit fini en réglant le correcteur de la température du pH mètre à celle du produit et lire directement sur l'échelle du galvanomètre la valeur du pH donnée.

2.2.1.2.2. Détermination de l'extrait sec totale (EST)

❖ Principe

Le principe de cette méthode repose sur la dessiccation par l'évaporation de l'eau à + 80°C d'une quantité déterminée du fromage fondu. La matière sèche est exprimée en pourcentage en masse.

❖ Mode opératoire

Régler les paramètres de fonctionnement de l'analyse de l'humidité, la température, le mode 100-0%, et le fromage fondu sur une feuille d'aluminium, préalablement pesé contenant la prise d'essai puis placer dans le détecteur d'humidité pendant un temps d'évaporation.

2.2.1.2.3. Mesure de la teneur en matière grasse

La matière grasse est déterminée par la méthode de Gerber ou méthode acido-butyrométrique de VAN GULIK (ISO 3433-2002).

❖ Principe

La matière grasse du fromage est séparée par centrifugation au butyromètre, après avoir dissous les protéines du fromage par l'acide sulfurique, la séparation de la matière grasse est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso-amylque. La teneur en matière grasse est obtenue par lecture directe sur l'échelle du butyromètre.

❖ Mode opératoire

Dans un contenant en verre préalablement taré, introduire 3 g de l'échantillon du fromage. Introduire le gobelet dans la panse du butyromètre et fixer le bouchon au col. Ajouter l'acide sulfurique (D=1,520) par l'ouverture de la tige jusqu'à ce que le niveau d'acide dépasse le gobelet de 2 mm environ.

Après avoir bouché l'ouverture de la tige, le butyromètre est placé dans un bain d'eau à 65°C. Agiter de temps en temps le butyromètre dans un plan horizontal jusqu'à dissolution complète de la prise d'essai.

Ajouter 1 ml d'alcool iso-amylque, ensuite de l'acide sulfurique jusqu'au trait 35 ml de la graduation. Le butyromètre est agité énergiquement dans un agitateur vortex pour rendre le liquide homogène et placé ensuite dans le bain d'eau pendant 5 mn.

Centrifugé pendant 10 mn et placer de nouveau le butyromètre dans le bain d'eau pendant 5 mn. La teneur en matière grasse est obtenue par lecture directe sur la graduation du butyromètre.

❖ Expression des résultats

La teneur en matière grasse (MG) du produit fini. Exprimée en g pour 100g de fromage est :

$$MG (\%) = B - A$$

Ou :

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

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

2.2.1.2.4. Détermination de la teneur en matière grasse sur la matière sèche (MG/MS),

La vérification de la conformité de la teneur en matière grasse aux dispositions réglementaires et aux indications de l'étiquetage.

❖ Expression des résultats

La teneur en matière grasse exprimée en g pour 100 g de matière sèche est donnée par la formule :

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

Ou :

MS : la teneur en matière sèche.

MG : la teneur en matière grasse.

2.2.2. Analyses microbiologique

2.2.2.1. Echantillonnage

Dans le cas de l'analyse microbiologique le prélèvement des échantillons nécessite le respect des conditions d'asepsie. De chaque lot 3 échantillons ont été tirés au hasard. Au total 25 échantillons ont été analysés.

2.2.2.2. Préparation des échantillons

❖ Prise d'essai

Chaque fois qu'il est nécessaire, il faut procéder à une homogénéisation des produits à l'aide des techniques et d'appareils appropriés (Stomacher).

En générale, nous prélevons 25g de chaque échantillon qui serviront à l'analyse bactériologique courante.

❖ Suspension mère et dilutions décimales

Introduire aseptiquement 25g de produit à analyser dans un flacon préalablement taré ou dans un sachet stérile de type Stomacher contenant au préalable 225 ml de diluant, soit le TSE (Tryptone Sel Eau).

Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution 1/10. Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile, 1 ml de DM dans un tube à vis contenant au préalable 9 ml du même diluant ; cette dilution alors au 1/100 ... ainsi de suite jusqu'à l'obtention de la dilution 1/100 000 soit 10 puissance moins 5.

2.2.2.3. Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale

Cette flore est un indicateur de la qualité et de la stabilité des produits ainsi que de la propreté des installations. C'est l'ensemble des microorganismes aptes à se multiplier à l'air libre avec une croissance optimale à température située entre 25 et 45°C.

❖ Mode opératoire

A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de Pétri vide et stérile préparée à cet usage et numéroter. Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose PCA fondue puis refroidie à 45°C. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Laisser solidifier sur paillasse. Les boîtes seront incubées, à 30°C pendant 72 heures, en faisant une lecture chaque 24 heures (figure 1).

❖ Lecture

Retenir les boîtes contenant un nombre de colonies compris entre 30 et 300.

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par « ml » ou « g » de produit selon la formule suivante :

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

X : nombre de germe par ml ou g de produit

N : nombre de colonies.

V : volume de l'inoculum.

D : facteur de dilution ou la dilution considérée.

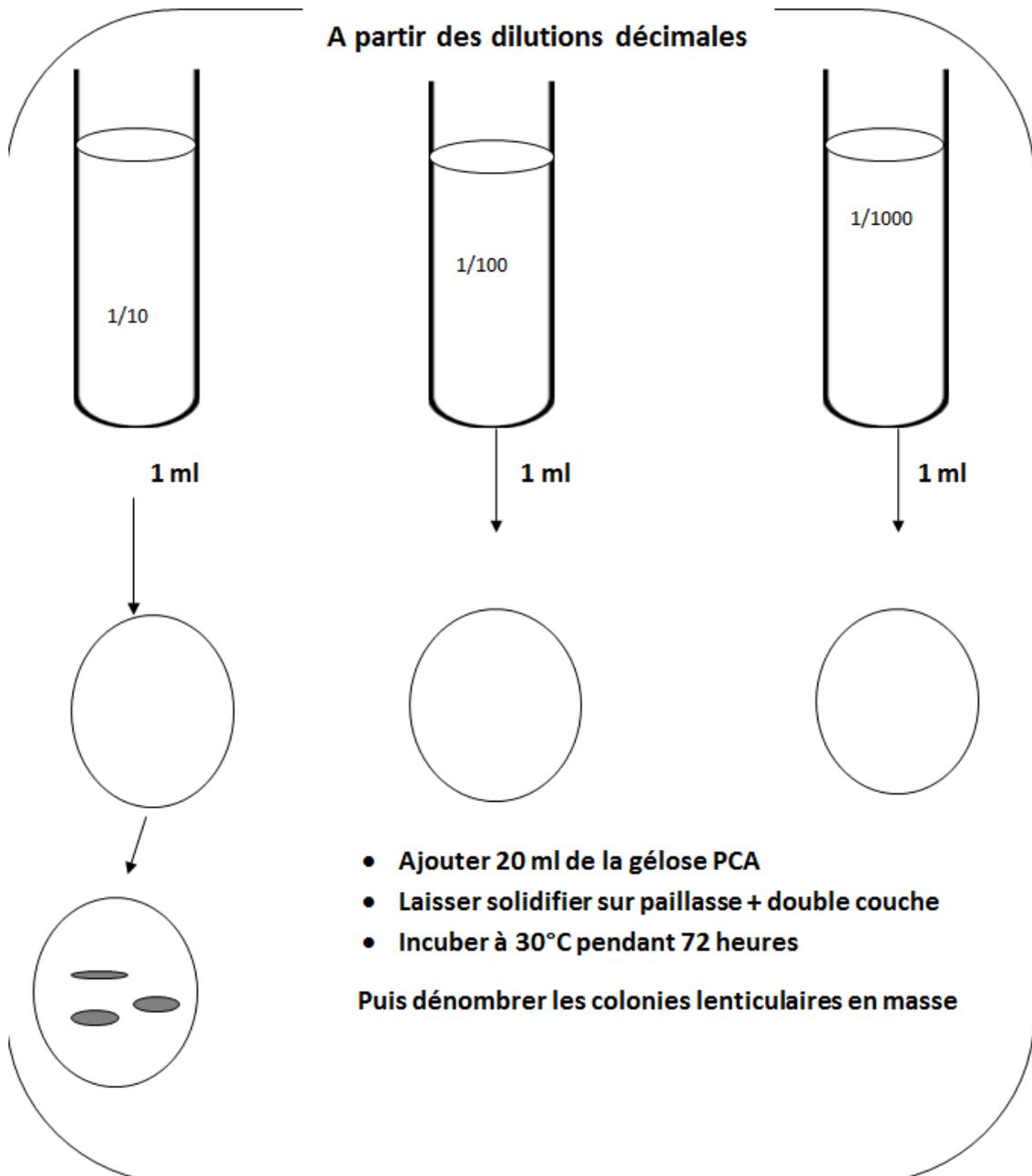


Figure 1 : Recherche des germes aérobies mésophiles totaux

2.2.2.4. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

❖ Mode opératoire

A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de Pétri vide et stérile préparée à cet usage et numéroté. Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose Désoxycholate fondu puis refroidie à 45°C. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Laisser solidifier sur paillasse. Les boîtes seront incubées, à 37°C pendant 24 à 48 heures pour les Coliformes totaux et à 44°C pendant 24 à 48 heures, en faisant une première lecture après 24 heures (figure 2).

❖ Lecture

Après incubation ils apparaissent sous forme de colonies, de couleur rouge cerise. Nous retenons les boîtes contenant un nombre de colonies compris entre 30 et 300.

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par « ml » ou « g » de produit selon la formule suivante :

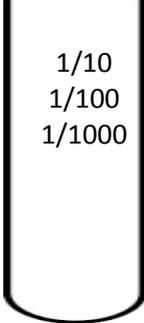
$$X = N \cdot 1 / D \cdot 1 / V$$

X : nombre de germe par ml ou g de produit

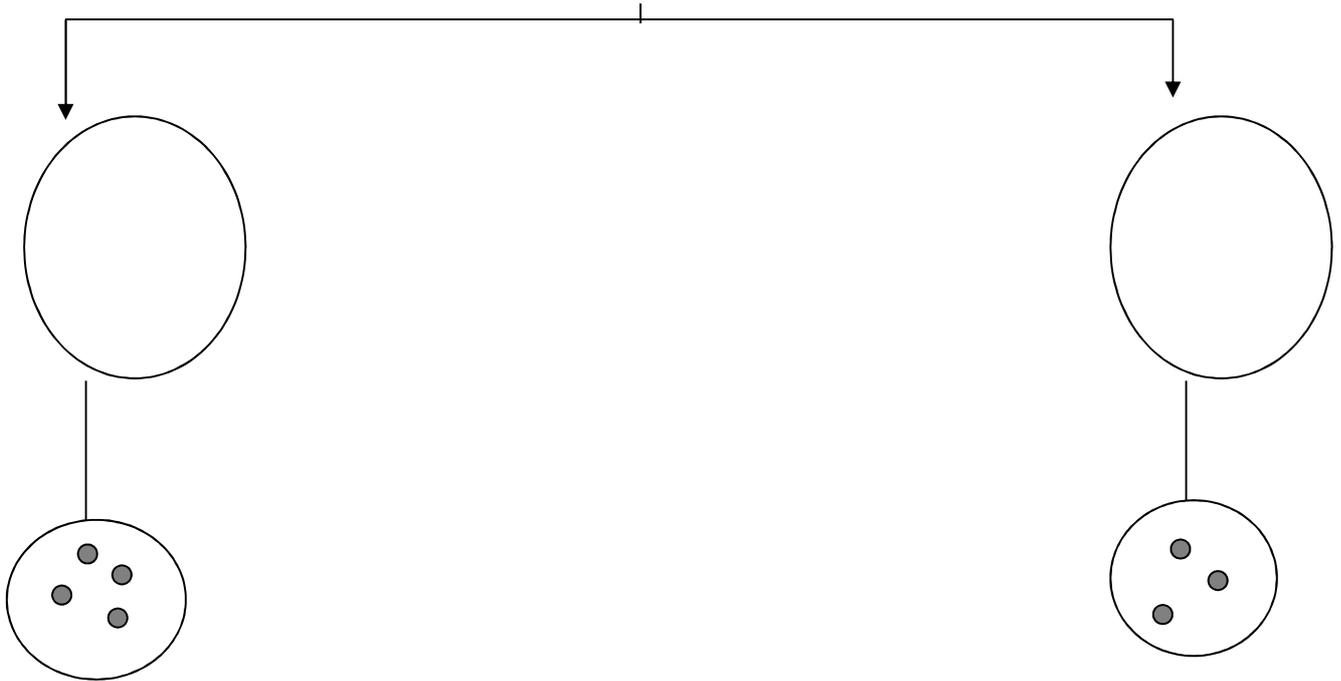
N : nombre de colonies

V : volume de l'inoculum.

D : facteur de dilution ou la dilution considérée.



1/10
1/100
1/1000



Colonies rondes de couleur rouge cerise

Figure 2 : Recherche et dénombrement des coliformes

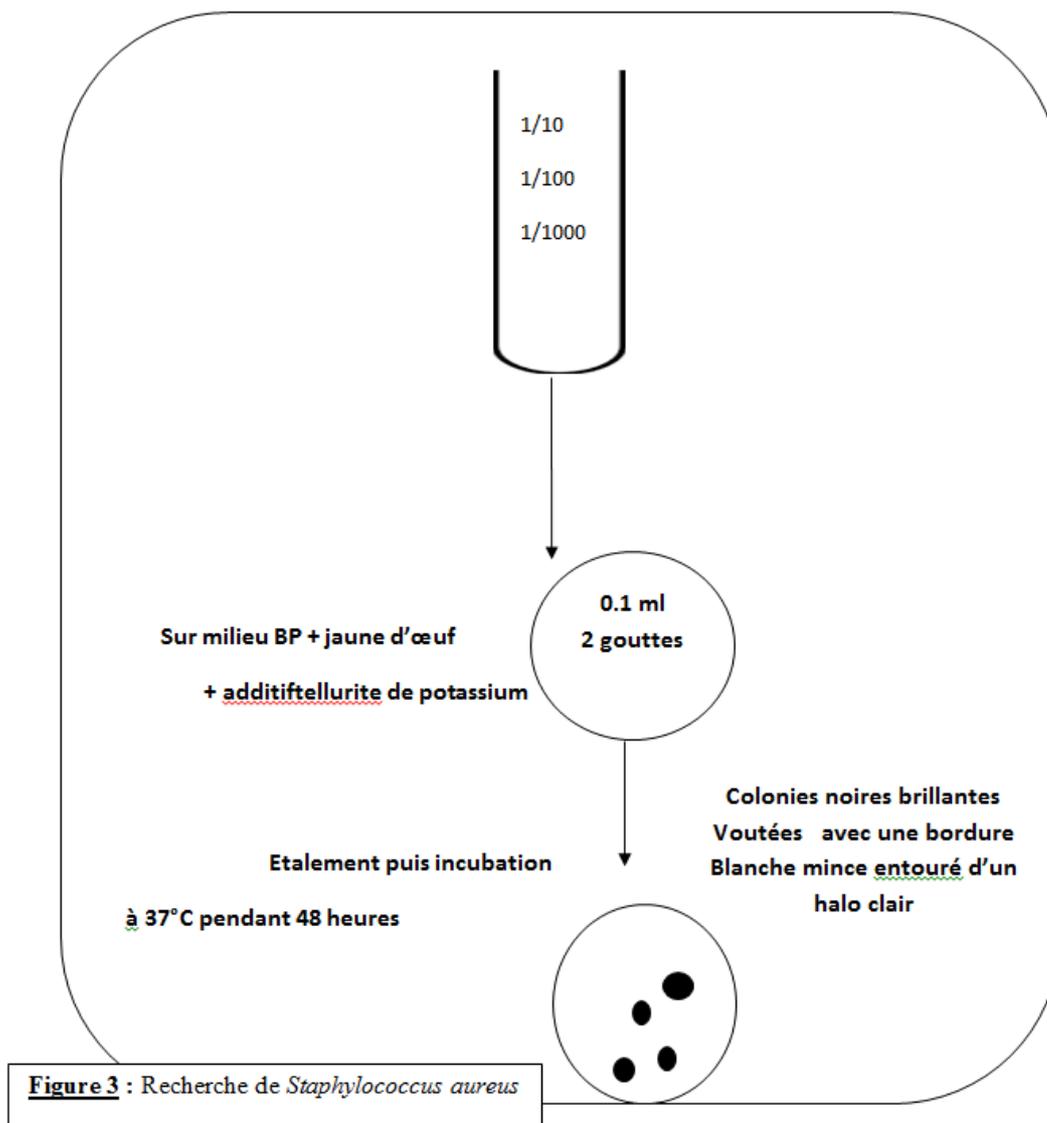
2.2.2.5. Recherche et dénombrement de *staphylococcus aureus*

❖ Mode opératoire

Transférer à l'aide d'une pipette stérile, 0.1 ml de la dilution décimale 10^{-1} , à la surface d'une plaque de la gélose Baird Parker (BP). Étaler soigneusement l'inoculum à la surface de la gélose en essayant de ne pas toucher les bords de la boîte avec un étaleur stérile. La boîte sera incubée à 37°C pendant 48 heures (figure4).

❖ Lecture

Les colonies de *Staphylococcus aureus* apparaissent sur le milieu de couleur noire, brillante, voutée avec une bordure blanche mince entourées d'un halo clair. Pour confirmer la présence de *Staphylococcus aureus* quelques testes biochimiques caractéristiques de l'espèce sont effectués. Les résultats sont exprimés en nombre de germe par « ml » ou « g » de produit.



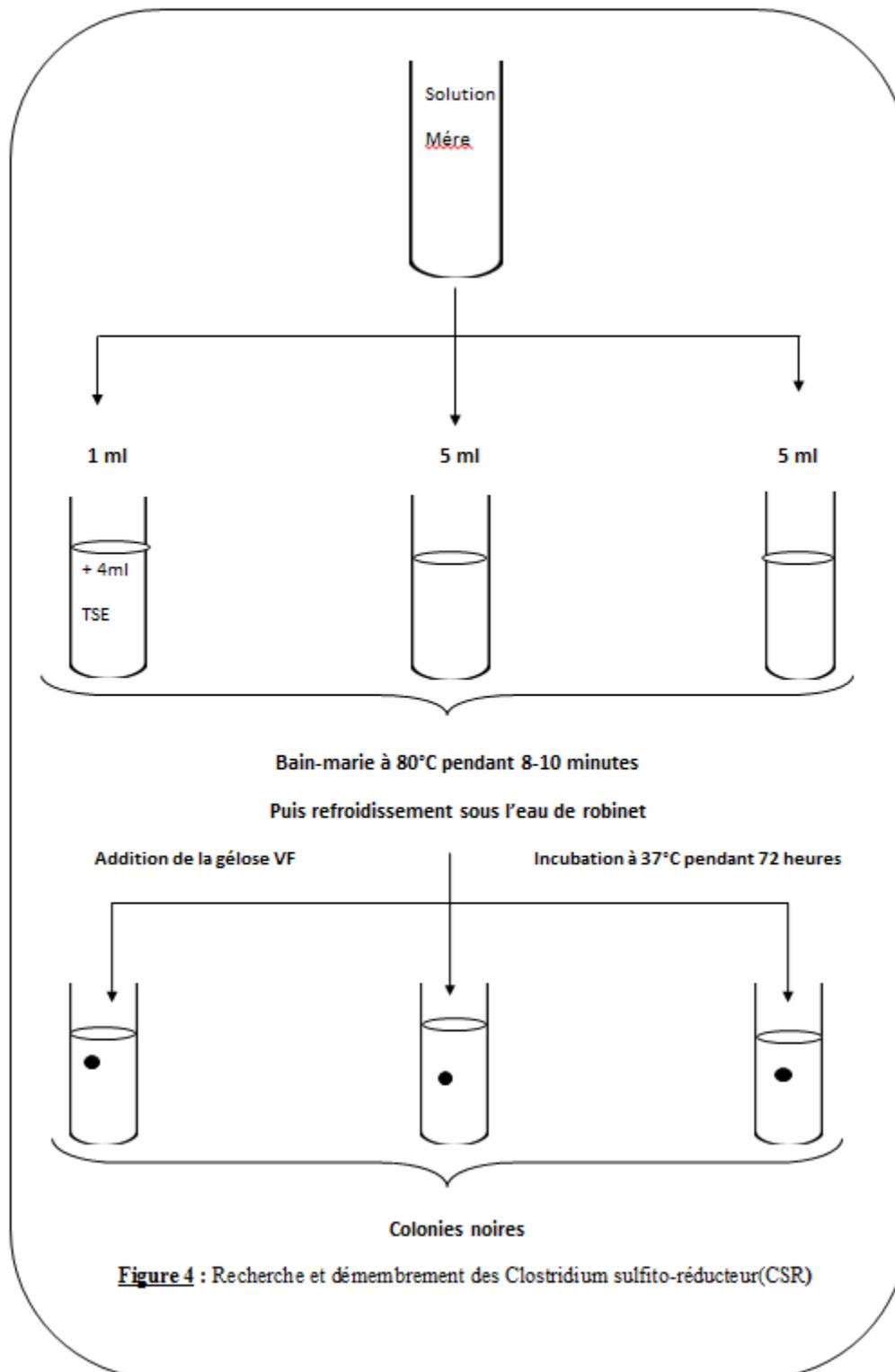
2.2.2.6. Recherche et dénombrement de clostridium sulfato-réducteur(CSR)

Mode opératoire

Introduire 2 fois 5 ml de la suspension mère dans 2 tubes vides et stériles et également 1 ml de cette dernière qui va être complété par la suite avec 4 ml d'eau physiologique stérile. Ces 3 tubes sont portés au bain-marie à 80°C pendant 10 minutes, afin d'éliminer les formes végétatives et de ne laisser que les spores. Les tubes sont aussitôt refroidis à l'eau du robinet avant de faire couler aseptiquement la gélose VF fondue et refroidie à 45°C additionnée de sulfite de sodium (5 ml) et d'alun de fer (2 ml) les tubes sont à nouveau refroidis à l'air ambiant et incubés à 37°C pendant 72 h (figure5).

❖ Lecture

Les colonies de Clostridium sulfito-réducteur apparaissent de couleur noire le résultat s'exprime par le nombre de spore par « ml » ou « g » de produit.



3. Résultats

3.1. Résultats physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur 25 échantillons de fromage fondu sont présentés dans l'Annexe n°4.

3.1.1. Paramètres physico-chimiques du fromage fondu selon les normes JORA

Les normes des paramètres physico-chimiques du fromage fondu selon J.O.R.A sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau VI : Normes des paramètres physico-chimiques selon JORA 1998

Paramètres	EST (g)	MG (g)	G/S (%)	pH
Normes	40	16	46	5,65-5,85

3.1.2. Classement des résultats de la laiterie selon les normes de JORA

Les résultats du classement de la laiterie par rapport à la norme sont rapportés dans le tableau 5.

Tableau V: Résultats des analyses physico-chimiques du fromage selon les normes décrites dans J.O.R.A 1998.

Laiterie		Boudouaou		
Nombre d'échantillons		25		
Norme		> norme	à norme	< norme
Ph	Nbr	4	21	0
	%	16	84	0
MG	Nbr	0	25	0
	%	0	100	0
EST	Nbr	0	25	0
	%	0	100	0
G/S	Nbr	0	25	0
	%	0	100	0

Le classement des résultats des analyses effectuées dans la laiterie de Boudouaou a montré que :

- Le pH est de 16% > à la norme
- La matière grasse est de 100% à la norme.
- L'extrait sec total est de 100% à la norme.
- Le pourcentage du gras sur sec est de 100% à la norme.

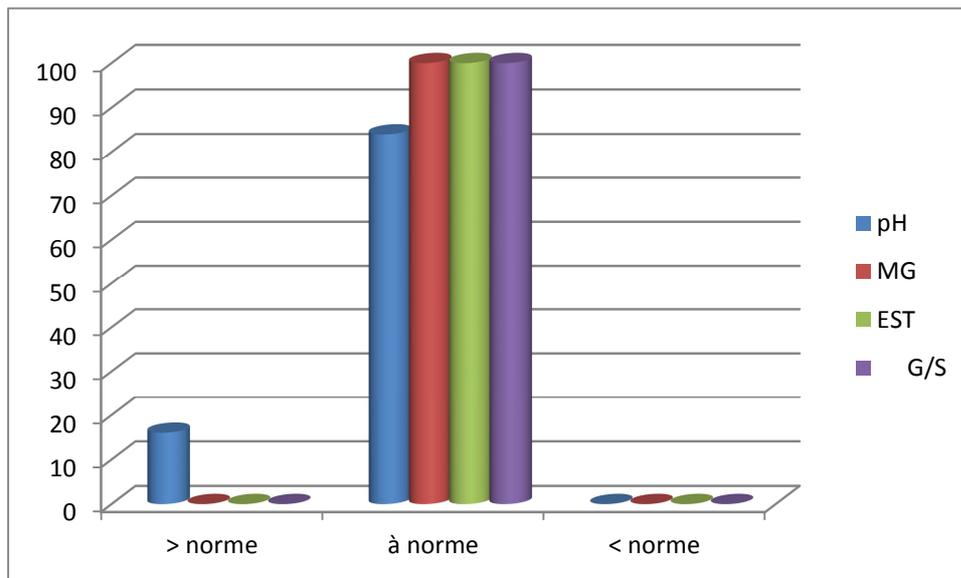


Figure5 : Résultats des analyses physico-chimiques du fromage.

Les échantillons analysés ont révélés un taux de pH de 84% égal à la norme, par contre 16% d'entre eux sont supérieurs à la norme. Ceci pourrait s'expliquer par un mauvais réglage de la température des hâloirs d'affinage de ces lots.

Nous remarquons que les valeurs de MG des échantillons et les résultats d'analyse d'EST% (taux moyen 40.32) sont respectivement conformes aux normes JORA.

La norme de MG/MS (taux moyen 39.67) est conforme aux normes JORA.

Une augmentation légère de taux moyenne des matières grasses suivie de l'augmentation de l'extrait de sec total, qui est expliqué par l'effet de chaleur sur la dessiccation du produit fini.

L'injection de l'eau froide dans le mélangeur peut être la cause principale de l'augmentation du taux d'humidité par conséquent de la diminution de l'extrait sec.

Selon les analyses et les résultats précédents nous pouvons dire que les paramètres physico-chimiques du produit fini sont stables et conformes aux normes JORA.

3.2. Résultats bactériologiques

3.2.1. Résultats du dénombrement des germes

Les résultats des analyses microbiologiques portant sur les 25 échantillons de fromage fondu sont rapportés en annexe n°5.

Le taux de contamination des échantillons est rapporté dans le tableau VI

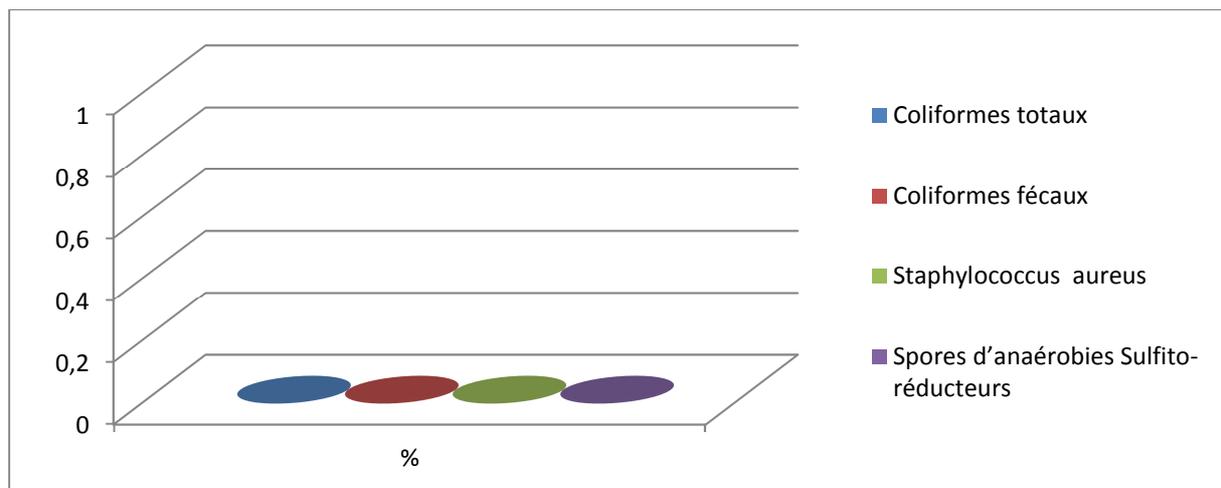
Germes recherches	N	Echantillons positifs	Pourcentage
-------------------	---	-----------------------	-------------

Coliformes totaux	25	0	0
Coliformes fécaux		0	0
<i>Staphylococcus aureus</i>		0	0
Spores d'anaérobies Sulfito-réducteurs		0	0
Salmonella		0	0

Tableau VI: Résultats des analyses bactériologiques du fromage fondu

Les résultats des analyses bactériologiques ont révélés que nos échantillons renferment 0% de germes.

Ces résultats sont représentés dans la figure suivante :



CT : Coliformes totaux, CF : Coliformes fécaux, ASR : Spores d'anaérobies Sulfito-

Figure 6: Représentation graphique des résultats bactériologiques

3.2.2. Classement des échantillons analysés par rapport aux normes

La législation Algérienne recommande la recherche de certains germes pour l'évaluation de la qualité hygiénique et sanitaire des fromages fondus (tableau VII)

Tableau VII : Normes pour le fromage fondu (J.O.R.A 1998)

Germes	m
Coliformes totaux	10 ²
Coliformes fécaux	10
Staphylococcus aureus	10
Clostridium Sulfito-réducteurs	Absence
Salmonella	Absence

Les résultats du classement par rapport à la norme sont rapportés dans le tableau IX.

Tableau IX : Résultats des analyses bactériologiques selon les normes décrites dans J.O.R.A 1998.

Germes recherchés	Echantillons			
	> à la norme	%	< à la norme	%
Coliformes totaux	0	100	0	100
Coliformes fécaux	0	100	0	100
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	100	0	100
Spores d'anaérobies Sulfito-réducteurs	0	100	0	100

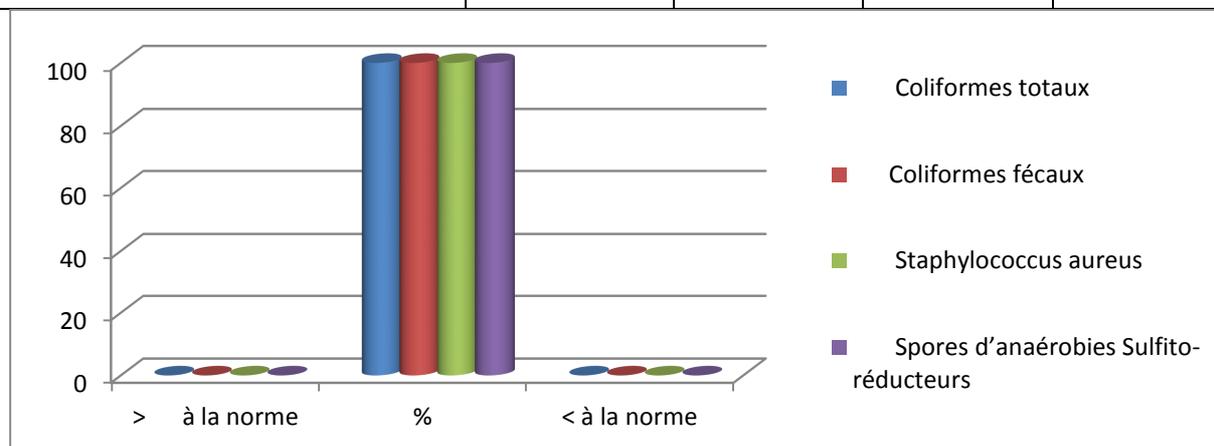


Figure 7: Représentation graphique du classement des résultats par rapport aux normes.

A partir du tableau IX, nous notons :

L'absence totale de germes indicateurs de contamination fécale (coliformes fécaux et totaux) responsable de l'altération de la qualité marchande de produit fini, ils sont conformes à la norme interne.

Absence totale de germes pathogènes (*Clostridium sulfito-réducteur* et *Salmonelles*) dans les cinq échantillons, et dont la présence peut causer de sérieux problèmes sanitaires pour le consommateur.

Les levures et moisissures sont absentes dans tous les échantillons.

Ces résultats nous renseignent sur l'efficacité du traitement thermique (UHT) appliqué au fromage fondu, et qui assure la conformité du produit fini.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le fromage présente un aliment de base pour l'homme dans presque toutes les parties du monde. Mais à part sa vertu nutritionnelle et économique, le fromage peut contenir des germes microbiens dangereux souvent responsables des toxi-infections collectives, ces micro-organismes à majorité bactérienne sont soit apporté par manipulation ou par le matériel.

La santé humaine est très importante d'un côté et très sensible d'un autre côté, pour cela le contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique est indispensable.

En effet ce travail représente une étude de contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique de fromage fondu produit au niveau de la laiterie BOUDOUAOU, d'après l'analyse des résultats des différents contrôles nous avons constaté que :

Sur le plan physico-chimique, les résultats ont relevé que les échantillons sont conformes aux normes décrites par JORA.

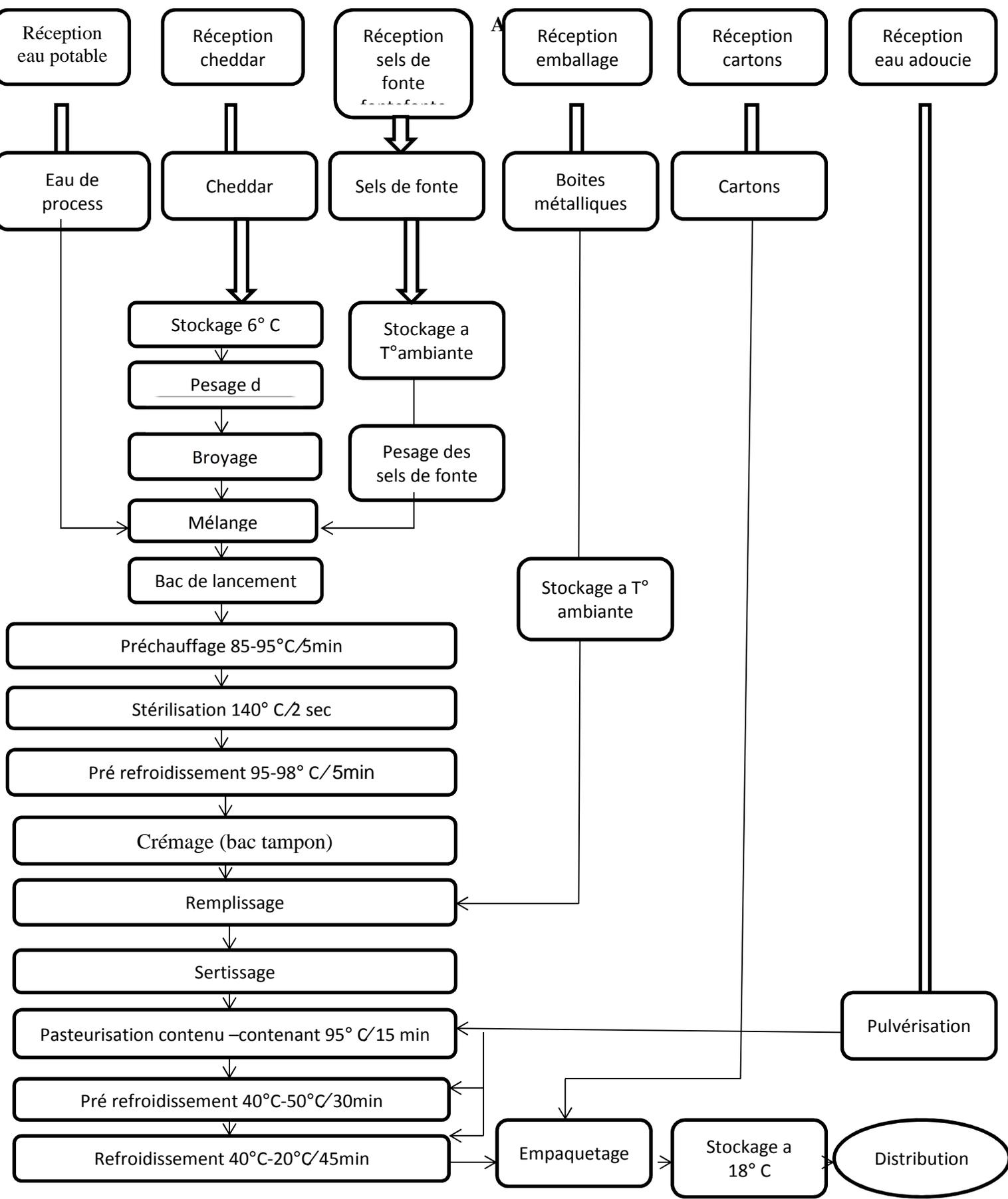
Sur le plan microbiologique, les résultats ont montré l'absence de contamination de fromage.

Suite à cette étude nous concluons que le produit fini produit au sein de cette laiterie qui est le fromage fondu a une bonne qualité physico-chimique et microbiologique ce qui reflète le bon respect des conditions d'hygiènes lors de la fabrication et du transport ainsi que lors du stockage. Enfin, pour assurer une bonne qualité organoleptique, nutritionnelle, sanitaire et marchande du produit final, une stabilité microbiologique et physico-chimique, nous recommandons de respecter des gestes d'hygiène simples (travail dans un environnement et avec du matériel propres et désinfectés, lavage et désinfection des mains, vêtements adaptés, évacuation des déchets, maintien de la chaîne du froid...), et l'utilisation d'équipements courants maintenus dans un parfait état de propreté.

Annexe n° 1

Tableau I: Composition moyenne du fromage fondu pour 100 g de produit frais (FREDOT, 2006)

Eau (%)	50
Energie (Kcal)	330
Glucides (g)	5,2
Lipides (g)	30
Protéines (g)	17
Calcium (mg)	150
Phosphore (mg)	645
Magnésium (mg)	18
Potassium (mg)	100
Sodium (mg)	1100
Zinc (mg)	7



Annexe n° 03

Matériel de l'analyse physico-chimique

- Dessiccateur.
- Broyeur A Fromage.
- Milko-Scan.
- Butyromètre.
- Godet troué
- Bain D'eau.
- pH-mètre.
- Micro-onde.
- Balance Analytique.
- Raclette métallique.
- Spatule.
- Bécher.
- Capsule En Aluminium.
- **Réactifs Utilisés**
- Acide sulfurique de densité 1.525.
- Alcool isoamylique.

Matériel de l'analyse microbiologique

- Autoclave.
- Balance analytique.
- Réfrigérateur.
- Etuve à incubation à 25°C 30°C 37°C 44°C.
- Bec bensen.
- Bain marie.
- Boites de pétri.
- Pipettes pasteur.
- Broyeur homogénéisateur de type stomacher.
- **Réactifs**
- Tellurite de potassium.
- Alun de fer.
- Sulfite de sodium.

Milieux de culture utilisés

- **Milieux solides**

- Gélose viande foie.
- Gélose Hektoen.
- Gélose glucosée lactosée biliée au cristal violet et rouge neutre (VRBL).
- Gélose Chapman.

- **milieux d'enrichissement**

- Milieu Giolitti cantoni.
- Bouillon au sélénite de sodium et à la cystéine.

Annexe n° 04

Tableau I : Résultats des analyses physico-chimique du fromage fondu

Lots fabriqués	Echantillons	pH	EST (%)	MG(g)	G/S (%)
1	A	5,65	40,90	16,50	40,34
	B	5,70	39,95	16,00	40,05
	C	5,67	40,20	16,00	39,80
2	A	5,68	40,02	16,00	39,98
	B	5,61	40,56	16,00	39,50
	C	5,68	40,15	16,00	39,85
3	A	5,72	40,85	16,00	39,16
	B	5,80	39,91	16,00	40,09
	C	5,77	39,88	16,00	40,12
4	A	5,72	39,40	16,00	39,60
	B	5,75	39,74	16,00	40,26
	C	5,77	40,01	16,00	40,00
5	A	5,74	39,53	16,00	40,47
	B	5,80	39,13	16,00	40,89
	C	5,76	40,29	16,00	39,77
6	A	5,70	39,81	16,00	39,67
	B	5,72	44,26	16,00	40,53
	C	5,75	45,14	16,00	40,20
7	A	5,85	44,33	16,00	40,00
	B	5,78	45,23	16,00	39,90
	C	5,75	44,66	16,00	40,25
8	A	5,92	40,48	16,00	40,14
	B	5,90	45,11	16,00	39,12
	C	5,95	43,16	16,00	40,60
	D	5,89	39,58	16,00	39,90

Annexe n° 05

Tableau II : Résultat d'analyses microbiologiques du produit fini.

Echantillon Germe	E1	E2	E3	E4	E5	Moyenne	Norme Interne
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	0	0
Staphylococcus aureus	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Clostridium sulfito-réducteur	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABDOUNE, 2003 « Qualité du fromage à pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie Draa ben khedda: nature de la matière première et évaluation de l'activité protéolytique au cours de l'affinage et de l'entreposage réfrigéré du fromage » .mémoire de magister en science alimentaire, Constantine, 88 p.

AMADOU. H et SAID A. S, 2002. Contribution à l'étude de stabilité du fromage fondu stérilisé : aspect physico-chimique. Mémoire diplôme d'étude universitaire appliquée (DAEA). Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDAS. Algérie. Pp 9-28.

ECK André, JEAN-Claude., 1997. Le fromage: de la science a l'assurance- qualité. techniques et documentation, Lavoisier, 3eme édition 693-703.

ANONYME 1, <http://www.societechimiquedefrance.fr>.

ANONNYME 2, 2007-<http://www.bemact.com/> « Certificat D'analyse Chimiques».

ANONYME 3, 1999 « Le guide des aliments, Indispensable à tout amateur de cuisine » Éd Québec Amérique Inc., canada, 219 p.

BERGER et al., 1989. La fabrication du fromage fondu. Edition BK Laden burg, 233p.

BOUTONNIER JL., 2000. La fabrication de fromage fondu. Technique d'ingénieur ,p 2,3,11.

BRULE G., LENOIR J et REMEUF F. (1997), « La micelle de caséine et la coagulation du lait », In Le fromage, Tec & Doc. Paris. P 7-39.

CAROL, 2002, science et technologie du lait , (2002), 149p.

CNIS, 2014, conseil national de l'information statistique.

CODEX Standard 283-1978, norme générale pour le fromage. Lait et produit laitiers,2ém édition.pl.

COURTINE RJ, 1972, « Dictionnaire des fromages », Librairie Larousse, p 73-74

FAO, 1995. Le lait et produits laitiers dans la nutrition humaine. Italie. Vol, 28 Pp192-193.

FAO/OMS n° A-6,1978, Codex alimentarius : « lait et produits laitiers ». Ed. : 2. FAO - OMS., Rome, 136 p.

FREDOT, E, 2006. connaissance des aliments. Bases alimentaires et nutritionnelles de la ditétique (éd. Tec. Et doc) Lavoisier, paris .Pp59-87.

FOURNIER A. 2006« La vache. Artémis », Slovaquie, p 97

GAUCHERON F, 2004. Minéraux et produits laitiers, édition Tec et Doc, Lavoisier. P 566, 581, 582

GHRISTINE UODOT., 1999. Transformation des aliments, TECHNIPLUS paris p 71

GERRIT SMIT, 2003, Daily processing Improving quality , CRC Press, USA, p 22.

GOUDEDRANCHE H, CANIER C B, GASSI JY ET SCHUCK P. 2002

GRIPTON et JOHN, 1975, finding of inquest in south Australia coroners act.

GROUPE D'ETUDE DES MARCHES DE RESTAURATION COLLECTIVE ET DE NUTRITION (GEM RCN) Juillet 2009

KANANE.D et SADOUNE.S.,2008. Analyses physico-chimiques d'un fromage fondu stérilisé .mémoire d'ingénieur d'état en contrôle de qualité. université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES. Algérie.Pp13-17.

LARPENT, 1997« Microbiologie alimentaire : technique de laboratoire », technique et documentation –Lavoisier ,1073 p.

LUQUET FM. 1985. Lait et produits laitier : vache, brebis, chèvre, volume 2, les produits laitiers transformation et technologies.P2, 254,259.

LUQUET, 1990. Lait et produits laitier : vache, brebis, chèvre, volume 3, qualité-énergie et table de composition. Edition Tec et Doc, lavoisier-paris,p99.

MAJDI A. (2009), « Séminaire sur les fromages AOP et IGP » .INT-Ingénieur Agronomie ,88 p.

MAHAUT m, ROMAIN et GERARD b, 2000.Initiation à la technologie fromagère, Edition Tec et Doc, Lavoisier. P 173.

MARIASAARILA, 2007, functional dairy products, CRC Press, England, Vol,2,p 418.

MEYER, 1973, long term memory retrieval during the comprehension of affirmative and negative products.

MIETTON. 1995, transformation du lait en fromage. In bactéries lactiques(deRoissard et Luquet), edition loriga. Tome1. P 55.

M. MEHMET AK., 2003. Cheese rheology and texture, CRC PRESS, USA, Pp145-23.

MOLIN,1992. Minéraux et fromage fondu in minéraux et produit laitier de Frédéric Caucheron2004.

Mr BOUSSARA AHMED, 2007. Etude expérimentale des paramètres influant le sertis des boîtes métalliques : cas de l'unité BENPACK, mémoire de MAGISTRE EN GENIE MECANIQUE : Batna, Algérie p 5.

NA 5936., 1993. Norme générale pour le fromage fondu et le fromage fondu pour tartine .27 Janvier, IANOR. Norme algérienne.

PRADAL, 2012« Transformation fromagère caprine fermière », Lavoisier.8

RAMESH C, CHANDAN ARUM KILARA. 2011. Dairy Ingredients for food processing. Wiley-Blackwell, USA, Pp255-226.

ROMAN j., THOMAS c.,PIERR s., GERARD b., 2006. Science des aliments. Biochimie. Microbiologie. Procèdes. Produits. TEC et DOC, lavoisier, paris. Vol 2. P 413.

SCHUCK et al,2004, immigration and public opinion in liberal democratic.

SIMOPOULOS et SALEM, 2002, N Jr.Egg ,yolk as source of long chain polyunsaturated fatty acids in infant feeding.

TANAC et al., 1979. Le fromage in Frédéric Gaucheron 2004 Minéraux et produits laitiers, édition Tec et Doc, Lavoisier. P 570.

VEISSEYRE r, 1979. Technologie du lait (Constitution, récolte, traitement et transformation du lait). 3^{ème} édition, la maison rustique. Paris. P559.

VIGNOLA C L. 2002« Science et technologie du lait », Edition presses internationales polytechniques, Canada ISBN, 600 p.

Yves PELLEIER., 2002. Revêtement intérieur pour emballages métallique, techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, F 1 310, p 14.