

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

جامعة أمحمد بوقرة بومرداس

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES



FACULTE DES SCIENCES - DEPARTEMENT DEBIOLOGIE.

Mémoire de projet de fin d'études En vue de l'Obtention du Diplôme de Master

DOMAINE : Sciences de la nature et de la vie

FILERE : Sciences alimentaires

SPECIALITE : Nutrition et sciences des aliments

Thème

Analyses physico-chimiques et microbiologiques du Fromage fondu

Pasteurisé de l'unité fromagerie de Boudouaou (LFB)

Réalisé par :

KORFAH NACERA

SOFFAH ROMAISSA

Jury :

Mme. KHEMILLI S. MCA FS-UMBB

Présidente

Mr. AIDOU D A. MCA FS-UMBB

Examineur

Mme LEFKIR S. MCB FS-UMBB

Promotrice

Année universitaire 2019/2020

Résumé :

Le fromage fondu pasteurisé analysé au niveau de l'unité fromagerie de Boudouaou a montré une bonne qualité microbiologique par l'absence de tous les germes pathogènes (Staphylococcus). Les indicateurs de contamination fécale tels que les coliformes et Clostridium sulfite réducteurs.

Par ailleurs, les tests physico-chimiques ont montré que tous les paramètres physico-chimiques (pH, EST, MG) sont en accord avec la norme (**AFNOR, 1986**).

On déduit que ce produit qui est destiné à la consommation est d'une bonne qualité.

Mots clés : Fromage fondu pasteurisé, stabilité, qualité microbiologie, tests physicochimiques, LFB.



Remerciement

Avant tout, nous tiens à remercier le bon Dieu le tout puissant nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce modeste travail.

Notre remerciement s'adressent à :

Mme LEFKIR S. pour son encadrement, ses conseils et son aide précieuse et constant qu'elle nous avons apportés tout au long de ce travail.

Mme KHEMILI S. pour avoir accepté de présider le jury.

Mr AIDOUD A. d'avoir bien voulu examiner notre travail.

Enfin, nos remerciements s'adressent à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à

*La lumière de ma vie qui éclairait toutes les routes et me guidait toujours,
ma mère Naima .A l'homme qui a tout sacrifié pour voir sa fille en cet endroit,
mon père Lakhdar.*

A toutes la famille Soffah.

*A mes chères grande-mères et mon chers grand pères que dieu les gardes et
les protèges.*

A mes deux frères imad eddine et Abd erraouf

A mes chères amies

A tous ceux qui me sont chères

A tous ceux qui m'aiment

*A tous les enseignants qui m'ont suivi tout au long de mon parcours
éducatifs.*

ROMAISSA

Dédicace

Je dédie ce travail à

Ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une Éducation digne de confiance .Ce qui a attendu avec patience Les fruits d'une bonne éducation. A celle qui ma donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite à ma mère ...

A mon père, école de mon enfance, qui à été mon ombre durant toutes les années d'études, et qui à veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. Que dieu les gardes et les protèges.

A mes chères adorables sœurs : Torkia Meriem et Hayat

A mes frères : Boumedien Kamel Mohamed Salim et Samir A mes très chères

petits : wail wassim Yasser et Assil

A mon binôme Romaissa et sa famille

A tous ceux qui me sont chères et à tous ceux qui m'aiment et à tous ceux qui j'aimes.

Nacera

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition de fromage fondu.....	4
Tableau 2 : Classification de fromage fondu.....	5
Tableau 3 : Les matières premières utilisées pour la fabrication du fromage fondu	20
Tableau 4 : Les méthodes d'échantillonnage et de prélèvement.....	22
Tableau 5 : Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait.....	32
Tableau 6 : Résultat d'analyse microbiologique de cheddar.....	33
Tableau 7 : Résultats des analyses microbiologique du fromage en bloc.....	34
Tableau 8 : Résultats des analyses microbiologique de l'eau de process.....	35
Tableau 9 : Résultats des analyses microbiologiques du produit fini.....	36
Tableau 10 : Résultats des analyses physico-chimiques du fromage de fonte «Cheddar»...38	
Tableau 11 : Résultats des analyses physico-chimiques du fromage en bloc.....	40
Tableau12 : Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait.....	41
Tableau13 : Résultats des analyses physico-chimiques des sels de fonte.....	42
Tableau14 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process.....	43
Tableau15 : Résultats des analyses physico-chimique du produit fini.....	45

Liste des figures

Figure 01: Diagramme de la fabrication du fromage fondu pasteurisé au niveau de L.F.B 13

Figure 02 : Diagramme de fabrication du fromage fondu pasteurisé au niveau de L.F.B.....21

Liste des abréviations

Abs : Absence

AFNOR : Association Française de Normalisation

AgNO₃: Nitrate d'argent

B.C.P.L : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol

BP : Baird ParK

C.R.S: Clostridium sulfite-réducteur

C° : Degré Celsius

Ca⁺² : Calcium

Cl⁻ : Chlore

d : Densité

D° : Degré Dornic

D/C : Double concentration

E : Echantillon

EDTA : Ethylène Diamine Tétra Acétique

EST : Extrait sec total

E. Coli : Escherichia coli

F° : Degré français

Gram+ : Gram positif

Gram- : Gram négatif

g : Gramme

h : Heure

H : Humidité

HCl : Acide chlorhydrique

H₂O : Eau

H₂SO₄ : Hydroxyde sulfure

H₂S : Acide sulfurique

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

Kg : kilogramme

K₂CrO₄ : Bicarbonate de potassium

L.F.B : Laiterie fromagerie de Boudouaou

M : Molarité

Max : maximum

Mg⁺² : Magnésium

MG : Matière Grasse

Min : Minimum

min : minute

ml : Millilitre

MS : Matière Sèche

N : Normalité

NaOH : Hydroxyde de sodium

NET :Noir ériochrome tomponné

OMS : Organisation Mondiale de la Santé 1990

pH : Potentiel d'hydrogène

S/C : Simple concentration

SFT : Spécification de fiche technique

S. aureus: Staphylococcus aureus

T° : Température

TA : Titre Alcalin Simple

TAC : Titre Alcalin Complet

TH : Titre Hydrométrique

V : Volume

VF : Vionde foie

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction01

Partie bibliographique

I. Généralités sur le fromage fondu

Historique02

I.1. Définition de fromage fondu.....03

I.2. Valeur nutritionnelle du fromage fondu03

I.3. Classification de fromage fondu05

I.3.1. Classification selon la teneur en matière grasse06

I.3.2. Classification selon la forme.....06

I.4. Composition du fromage fondu pasteurisé07

I.5. Processus de fabrication du fromage fondu10

I.6. Hygiène de production.....14

I.7. Les microorganismes du fromage fondu...14

I.7.1. Les micro-organismes pathogènes15

I.7.2. Les bactéries témoins d'une contamination fécale15

I.7.3. Les micro-organismes altérant la qualité marchande16

I.8. Contrôle physico-chimique et microbiologique17

I.1. Le contrôle physico-chimique.....17

I.2. Le contrôle microbiologique.....18

Matériels et méthodes

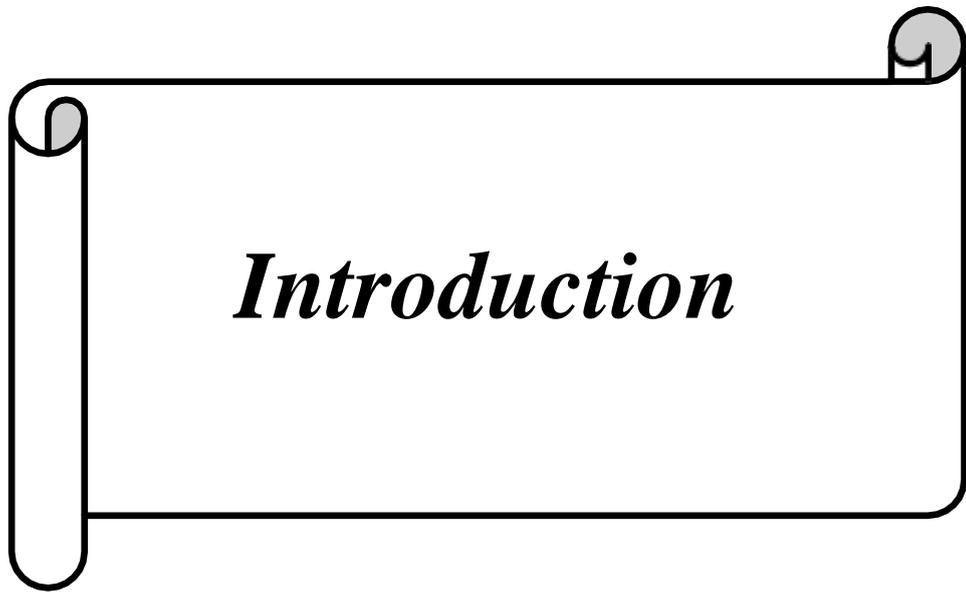
II.1. Présentation de l'unité.....	19
II.2. Le procédé de fabrication du fromage fondu pasteurisé	20
II.3. Méthodes d'échantillonnage et de prélèvement	22
II.4. Analyses microbiologiques	23
II.5. Analyses physico-chimiques	27

Résultats et discussions

III.1. Analyses microbiologiques.....	32
III.1.1. Matières premières.....	32
III.1.2. Produit finit.....	36
III .2. Analyses physico-chimiques	38
III .2.1. Matières premières.....	38
III .2.2. Produit fini	45
Conclusion générale	47

Références bibliographiques.

Annexes



Introduction

Introduction

Les fromages sont des produits de haute qualité énergétique et gustative, ils constituent l'un des principales sources alimentaires par leurs richesses en calcium, protéines, lipides et vitamines. C'est un aliment complet du point de vue nutritionnel (**Simopoulos et Salem, 2002**).

Le fromage fondu est un aliment énergétique riche en protéine et en minéraux, cette technologie de seconde transformation issue du fromage, lui même issu du lait, permet de garantir une conservation plus longue. C'est encore au jour d'hui un type de fromage, particulièrement adapté aux habitudes de consommation: de texture souple à tartinable au goût doux légèrement fromager, c'est un produit laitier à part entière d'une grande sécurité microbiologique et joue un rôle très important d'alimentation de tout les groupes d'âge offrant une praticité d'utilisation, largement consommé à travers le monde et notamment par les enfants (**Eck Gillis, 2000 ; Richonnet, 2016**).

Les fromages les plus consommés en Algérie sont les fromages fondus. La quantité consommée a été estimée à 101 273 tonnes en 2015 soit une moyenne de 2,51 kg /an/habitant (**CNIS ,2015**). Malgré l'immense diversification des types de fromage dans le marché, les fromages en portions ressortent avec une meilleure prédilection du consommateur Algérien au dépend des autres types de fromage qui sont considérés comme des produits de luxe.

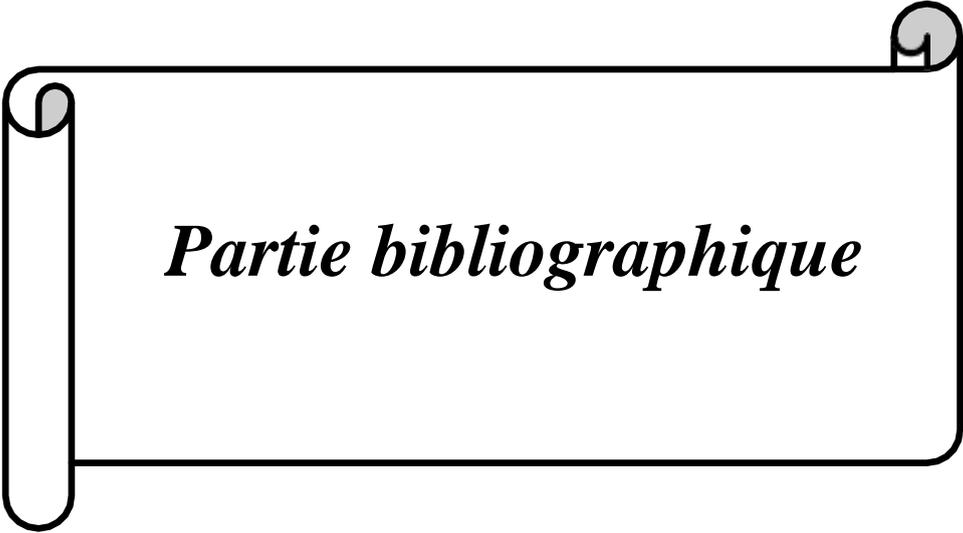
L'unité laitière et fromagère de Boudouaou (L.F.B) est l'une des entreprises Algériennes qui répond à la demande croissante du consommateur. Cette entreprise est spécialisée dans la production laitière et fromagère et elle dispose d'un complexe intégré composé de deux principaux départements de production «Atelier laitière, Atelier fromage », afin de produire une gamme de produits très variables. En outre, pour une surveillance constante de la qualité du produit et pour une protection optimale du consommateur, la(L.F.B) s'est équipée d'un laboratoire d'auto contrôle afin d'effectuer toutes les analyses physicochimiques et microbiologiques exigées.

Notre travail est reparti comme suit :

- Une partie bibliographique qui traite d'une manière claire des généralités sur le fromage fondu pasteurisé.
- Une partie expérimentale porte sur les analyses physico-chimiques et microbiologiques, de la matière première et le produit fini ainsi que le processus de fabrication de ce

dernier au sein de l'unité laitière et fromagère de Boudouaou (L.F.B).

- Une partie résultats et discussions qui traite les résultats des quelques travaux réalisés auparavant à LFB sur le fromage fondu pasteurisé .



Partie bibliographique

I. Fromage Fondu

Aperçu historique

La possibilité de produire le fromage fondu a été traitée pour la première vers la fin du 19^{ème} siècle. 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 fut introduit en Europe en 1911 et aux USA en 1916 par Kraft (**Meyer, 1973**).

En 1917, l'entreprise KRAFT basée à Chicago a commercialisé le premier fromage fondu de cheddar en portion de 5 livres, fabriqué pour ravitailler l'armée américaine. Après 1930, le fromage fondu a pris son envol sur les marchés européens grâce à l'utilisation des poly phosphates, comme sels de fonte émulsifiants (**Eck et al ; 1997**).

Selon **Fox et McSweeny (1993)**, la fonte des fromages présente plusieurs avantages :

- 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 enrichis en vitamines et en minéraux (**Zhang et Mahoney, 1991; Sukhinina et al;1997**).

Définition de fromage fondu

Le décret de 1953 de la réglementation française définit le fromage fondu comme étant le produit de la fonte ou d'un mélange de fromages, éventuellement additionnée d'autres produits laitiers (beurre, poudre de lait, avec ou sans addition d'épices ou d'aromates) **(Luquet,1985)**. 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 **(Evette, 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 %) **(Evette, 1975)**.

La valeur nutritionnelle

Le fromage fondu est un excellent moyen d'apporter à notre corps les éléments énergétiques et bâtisseurs nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux, vitamines, etc.), il apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire (tableau 1) **(Meyer, 1973)** .

Tableau 1 : Composition de fromage fondu (Meyer, 1973)

Composants	Composition par 100g de fromage fondu	
	45% MG dans ES	60% MG dans ES
Eau	51,3%	50,6%
Matière grasse	23,6%	30,4%
Protéines	14,4%	13,2%
Sodium	1,26 mg	1,01mg
Potassium	65,0mg	108mg
Calcium	547,0mg	355,0mg
Phosphor	944,0mg	795,0mg
VitamineA	0,30mg	/
VitamineD	3,13µg	/
VitamineB1	34,0µg	/
VitamineB2	0,38mg	/
VitamineB6	70,0µg	80,0µg
Biotine	3,60µg	2,80µg
Acide folique	3,46µg	3,40µg
VitamineB12	0,025µg	0,25µg
VitamineC	Traces	Traces
Valeur énergétique (KJ/Kcal)	1178/282	1490/339

Classification de fromage fondu

➤ Classification selon la teneur en matière grasse

Selon la teneur en matière grasse de l'extrait sec (MG/ES), les fromages fondus peuvent se diviser en sept catégories :

Tableau2 : Classification des fromages fondus (Dfi, 2009)

Catégories selon la teneur en MG	Teneur minimale MG/ES en g/kg	Fromage fondu ES minima 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- quart gras	350	450	400
Demi- gras	250	400	300
Quart-gras	150	400	300
Maigre	Moins de 150	400	300

➤ Classification selon la forme

✓ Fromage fondu en bloc

C'est le plus ancien des fromages fondus. 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 (Anonyme, 1989).

✓ Fromage fondu en portion

La condition en portion concerne aussi bien le fromage fondu à couper que le fromage à tartiner. La différence entre le fromage à couper et le fromage à tartiner réside dans le rapport MG/ ES. L'extrait sec de fromage à tartiner est généralement de 43% et celui du fromage à couper arrive à 48% (Anonyme, 1991).

✓ **Fromage fondu en boîtes métalliques**

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

✓ **Fromage fondu en tranche**

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

✓ **Fromage fondu tartinable**

Sa consistance est réglée par le processus de crémage lui conférant une certaine tartinabilité. Ces produits peuvent être aromatisés et conditionnés en emballages souples (portions) ou rigides (pots, barquettes, tubes) (**Boutonnier, 2000**).

✓ **Fromage fondu thermostable**

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 (**Boutonnier, 2000**).

Composition de fromage fondu pasteurisé

I.4.1. Les matières premières utilisées

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

a. Le Cheddar (fromage de fonte)

Le cheddar est un fromage d'origine anglaise, il est fabriqué à partir de lait cru pasteuriser. Il se conserve pendant une durée allant de six semaines à trois (3) mois (**Luquet, 1985**). C'est un fromage à pâte ferme dure et de bonne conservation, sa couleur naturelle varie du blanc au jaune pâle. La teneur en humidité ne peut dépasser 39 % et la teneur en gras ne peut être inférieure à 31 % (**Codex Stan, 1978**).

b. La poudre de lait

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

On répartit les poudres de lait en trois groupe :

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

c. Eau de process

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

d. Les sels de fonte

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

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

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

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

Les propriétés des sels de fonte

- **Le pouvoir complexant ou chélatant**

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

- **Le pouvoir tampon**

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

- **Effet bactériostatique**

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

e. La matière grasse

L'incorporation de matière grasse laitière est fréquente pour ajuster la teneur finale en matière grasse du produit et lui conférer les qualités organoleptiques notamment aromatiques agréables, elle se fait essentiellement sous forme de beurre, de crème ou autres présentations commerciales (**Eck, 1997**).

Autres matières premières

✓ Colorants

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

✓ Hydro colloïdes

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

✓ Aromes :

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

✓ Les agents conservateurs :

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

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

Les conservateurs chimiques doivent assurer :

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

Ils ne peuvent donc pas rendre sain un produit qui ne l'était pas, ni améliorer la qualité d'un

mauvais produit, mais conserve les caractéristiques initiales de produit plus longtemps qu'à l'ordinaire. Ils sont particulièrement utiles pour allonger la durée de conservation des produits alimentaires.

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

Le processus de fabrication du fromage fondu

1. Nettoyage de la surface des fromages

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

2. Découpage et broyage du fromage de fonte

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

3. Pesages et mélange des ingrédients

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

4. Traitement thermique du mélange

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

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

a. La pasteurisation

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

utilisée est suffisante pour détruire les micro-organismes pathogènes (**Braine et al ; 2007**).

b. La péptisation ou échange d'ions

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

c. Hydratation

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

d. Crémage

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

5. Conditionnement du fromage fondu

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

6. Refroidissement

Après le conditionnement, il y a la réfrigération. Les boîtes rondes en carton contenant les portions, sont disposées dans des cartons rectangulaires (ils portent environ 40 boîtes), qui seront placés dans des chambres de refroidissement, sous une température de 8 à 10°C. Le refroidissement doit se faire rapidement, mais sans trop de brutalité pour éviter des condensations d'eau qui pourraient se produire à l'extérieur de l'emballage (**Luquet, 1990**).

7. L'étiquetage

L'étiquetage est collé sur la portion par point de colle, il doit contenir (**Boutonnier, 2000**) :

- La teneur en matière grasse dans l'extrait sec.
- Le nom et l'adresse du fabricant, de l'emballage, du distributeur, de l'exportateur ou du vendeur de produit doivent être déclarés.

- La date de fabrication et de péremption du produit.
- La température de conservation (entre 10 et 15°C).

8. Stockage et commercialisation

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

Le processus de fabrication du fromage fondu est résumé dans la figure 1 :

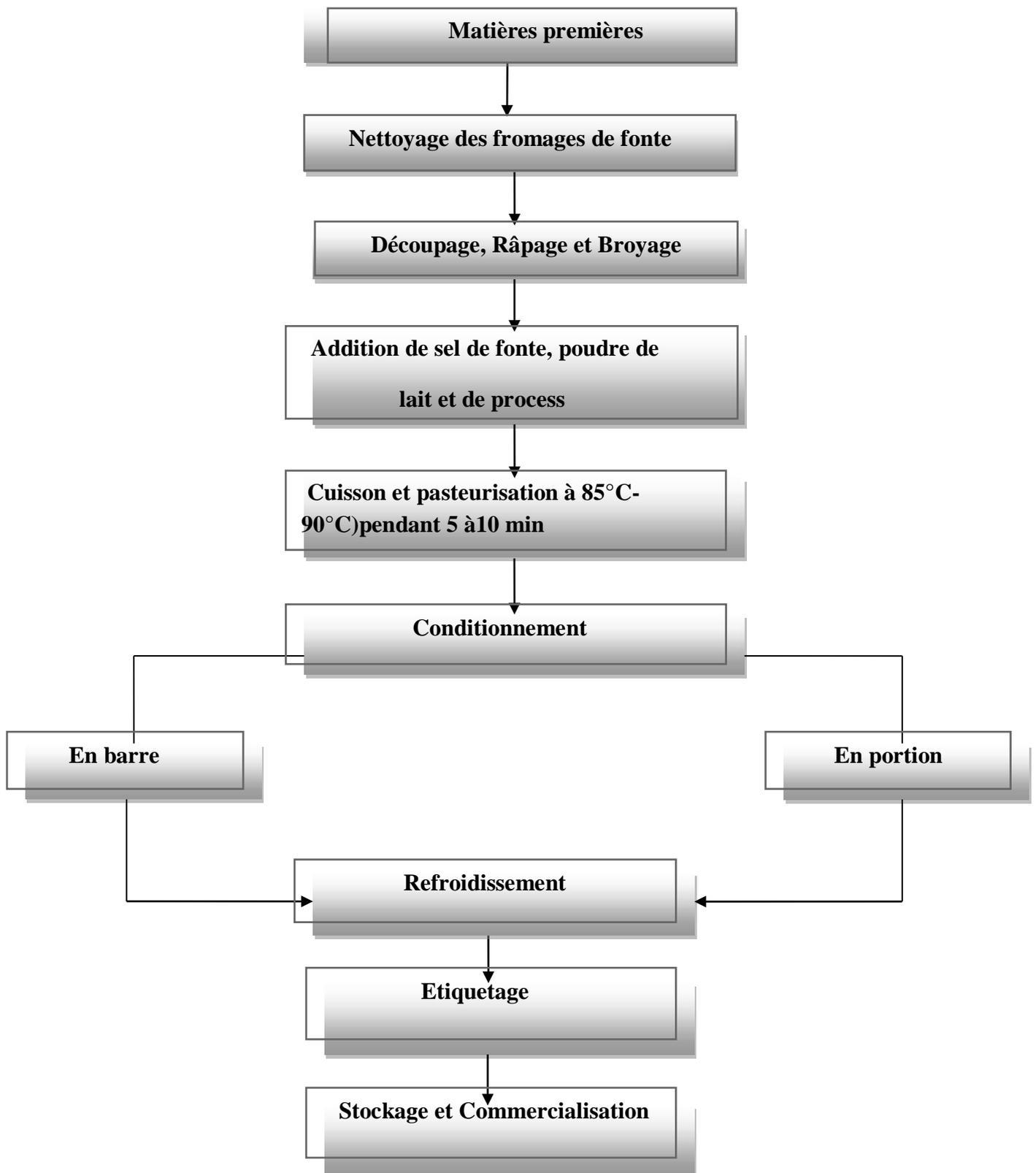


Figure 1 : Diagramme de fabrication du fromage fondu (Luquet, 1990).

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 reconnue d'identification et de contrôle des risques liés à une telle production, cette méthode est **HACCP (Hazard Analysis Critical Point) (Lagrange, 1995)**. Toutes les industries agroalimentaires mettent en place des plans HACCP qui visent à garantir la sécurité sanitaire des aliments qu'elles produisent. Le fromage possède ses propres seuils réglementaires, définis par la directive **92/46/CEE**. Les normes concernent les germes suivants : *Listeria*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Escherichia* et les coliformes totaux (**Zeller, 2005**).

Les micro-organismes du fromage fondu

On peut les diviser en trois classes :

Les micro-organismes pathogènes

➤ Les Salmonelles

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

➤ *Staphylococcus aureus*

Les *Staphylocoques* produisent un grand nombre de substances diffusibles, ou associées à la paroi «les entérotoxines» (**Joffin et Joffin, 2003**). Bactéries commensale de la peau et des muqueuses des mammifères et des oiseaux. Synthétisent de nombreuses enzymes et toxines (entérotoxines), responsables de leur virulence. Mais elles sont détruites par une pasteurisation. Par contre, l'entérotoxine produite au cours de la multiplication du germe dans l'aliment est thermostable et peut être présente sous forme active dans les aliments. Alors que toutes formes viables de la bactérie ont disparu. C'est la toxine qui provoque l'apparition des symptômes (intoxication) (**Branger et al, 2007**).

Les bactéries témoins d'une contamination fécale

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

➤ Les Clostridium sulfito-réducteur

Les Clostridium correspondant à la famille des Clostridiaceae, Gram +, anaérobies stricts, commensaux de l'intestin, telluriques, réduisant les sulfites en sulfures (**Joffin et Joffin, 2003**). Ils peuvent poser des problèmes sanitaires par leurs pouvoirs pathogènes, ainsi que des défauts technologiques par leurs capacités à sporuler.

a) Clostridium botulinum :

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

b) Clostridium perfringens :

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

➤ Les Streptocoques

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

Les micro-organismes altérant la qualité marchande

Ce sont les levures et les moisissures qui sont responsables de ce type d'altération. Dans le domaine laitier, on retrouve des levures nuisibles responsables de certaines dégradations détectées par des odeurs d'alcool, par un gonflement des emballages qui est dû à la production de gaz et par le limonage. Même si les levures ne sont pas pathogènes, la dégradation des aliments qu'elles causent est un indice de la présence d'autres micro- organismes pathogènes. Elle est certainement un indice de mauvaises pratiques et de fabrication (**Manfred et Nicole, 2002**). La plupart des denrées alimentaires au cours de leur préparation et surtout au cours du stockage, sont susceptibles d'être détériorées par les moisissures. Parfois l'altération des denrées aboutit à une modification de la valeur nutritionnelle du produit, à l'apparition de saveurs indésirables, à une modification du caractère organoleptique

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

Les paramètres de contrôle de la qualité du fromage fondu

Aujourd'hui, la qualité est l'objectif recherché dans tous les domaines ; le but vers lequel doivent tendre toutes les entreprises agro-alimentaires. Certainement, pour avoir un produit fini qui satisfait bien le consommateur, il faut évaluer sa qualité en réalisant différentes analyses (**Boutonnier, 2000**).

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

Contrôle physico-chimique

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

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

a. Mesure du pH

Les mesures du pH sont réalisées avec un pH-mètre (Model 9450, Unicam, Cambridge, UK) en introduisant directement les deux sondes (pH et température) dans un échantillon de la pâte de fromage à une température de 20 à 25 C°. Les mesures ont été faites en triple.

b. Mesure de la teneur en matière grasse

La matière grasse est déterminée par la méthode de Gerber ou méthode acido- butyrométrique de VAN GULIK.

c. La détermination de l'extrait sec

est réalisée par un dessiccateur, son principe repose sur l'élimination de toute l'eau à une température de 2C° jusqu'à obtention d'un poids constant de la prise de la d'essai analysée.

Contrôle microbiologique

Les contrôles microbiologiques sur les fromages visent :

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

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

Contrôle De La Qualité

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 relative, 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.

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

Qualité du produit fini

- **Plan physico-chimique:** PH, extrait sec, matière grasse, l'humidité et la densité.
- **Plan bactériologique :** estimation de la charge microbienne finale en germes totaux et sporulés.

✓ **Contrôle organoleptique du produit fini**

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

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

✓ **Contrôle du personnel**

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



Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

L'objectif initial de ce travail était de faire des analyses physicochimiques et microbiologiques du fromage fondu pasteurisé de l'unité fromagerie de Boudouaou (LFB). A cause de la pandémie COVID 19 et pour des raisons de sécurité sanitaire, l'accès à l'unité LFB nous a été interdit. Donc, nous avons opté à la présentation de quelque travaux réalisés antérieurement au niveau de LFB.

Le type du fromage étudié est le fromage fondu pasteurisé en portion, produit par l'unité LFB de Boudouaou

II.1.Présentation de l'unité :

L'unité laitière fromagère de Boudouaou (L.F.B) appartient au groupe industriel pour la production du lait (G.I.P. Lait). Cette unité a commencé sa production en 1978, sous une ancienne appellation **ONALAIT** ; elle s'étend sur une superficie de cinq Hectares (05 Ha); elle est située à l'entrée de la ville de Boudouaou, wilaya de Boumerdès à environ de 40 Km d'Alger.

Production de l'unité :

L'unité de « laiterie fromagerie de Boudouaou » assure la production de :

- ✓ Lait pasteurisé conditionné.
- ✓ Lait acidifié fermenté (LBEN).
- ✓ Fromage fondu pasteurisé en portion (boîtes de 8 et 16) et en barre de 1 Kg.
- ✓ Fromage à pâte pressée non cuite type « EDAM ».
- ✓ Fromage fondu stérilisé, en boîte métallique de 200 Grs.
- ✓ Lait en poudre instantanée de 200 Grs.

L'effectif de la laiterie fromagerie de Boudouaou est de 441 agents réparti comme suit :

- Cadre dirigeant : 04
- Cadre supérieur : 13
- Cadre moyen : 42 441
- Maîtrise : 117
- Exécution : 265

La laiterie fromagerie de Boudouaou composée de trois directions. (**annexe1**)

- ✓ Direction de l'administration et de finances.
- ✓ Direction commerciale.
- ✓ Direction technique.

Le procédé de fabrication du fromage fondu pasteurisé

Les matières premières :

Les matières premières utilisées sont représentés dans le (**tableau 3**)

Tableau 3 : Les matières premières utilisées pour la fabrication du fromage fondu

Matière première	Caractéristiques	Origine
Cheddar	Blocs cubiques de 20 Kg	Nouvelle Zélande
Fromage en bloc	Fabriqué par l'unité à partir du lait collecté	Différentes fermes
Poudre de lait	Sac de 25 Kg 26 % de matière grasse	Allemagne
Sels de fonte	Type BL 92 et 90SS	/
Eau de process	/	Eau de robinet

- Le processus de fabrication du fromage fondu pasteurisé

Le procédé de fabrication du fromage fondu pasteurisé est représenté dans la figure 2

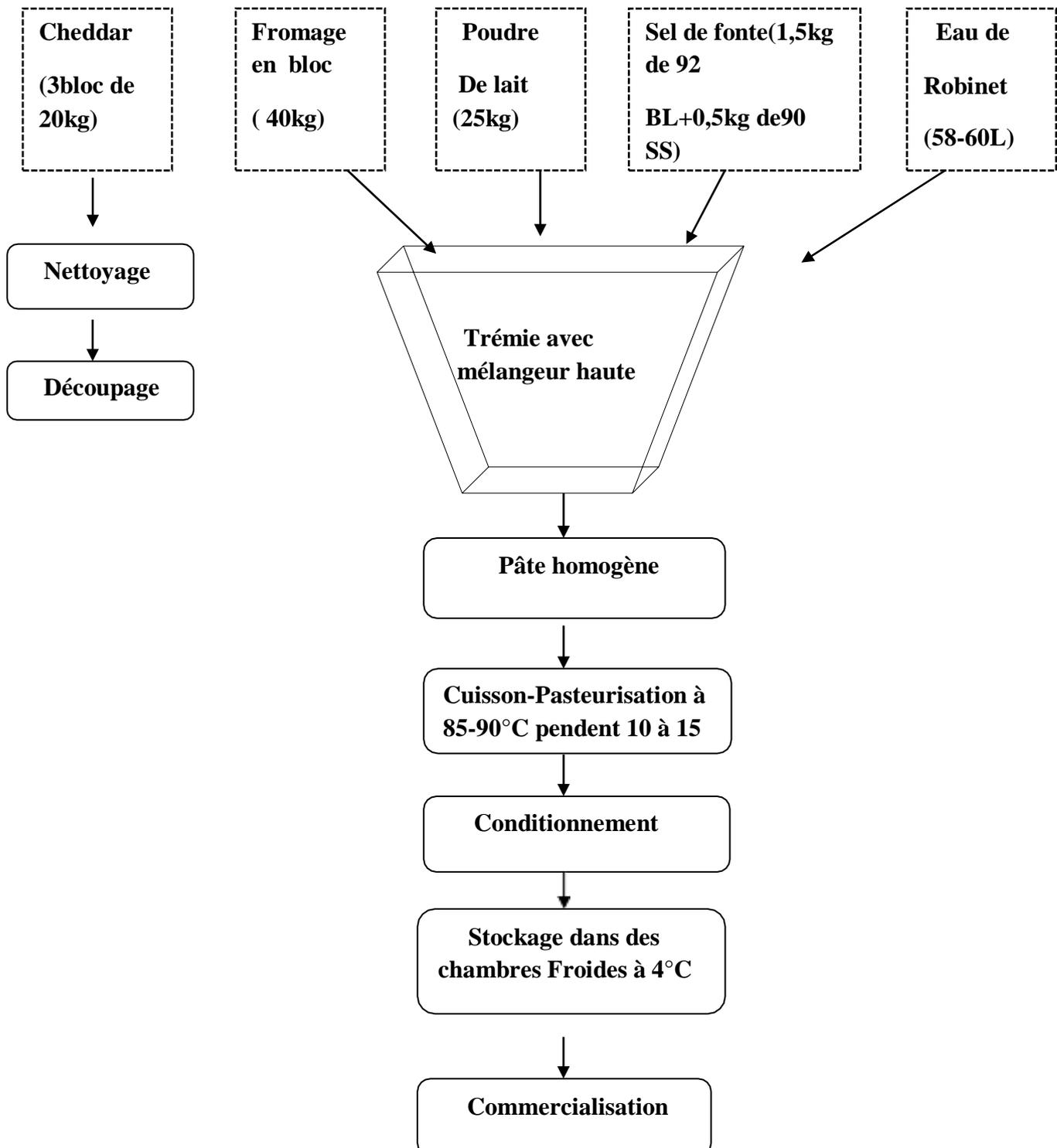


Figure 2 : Diagramme de fabrication du fromage fondu pasteurisé au niveau de L.F.B

Méthodes d'échantillonnage et de prélèvement :

L'échantillonnage est un point clef de l'obtention de résultats analytiques valides. En effet, sa bonne mise en œuvre permettra d'obtenir une bonne représentativité de l'échantillon prélevé (Pointurier, 2003).

Les prélèvements des matières premières et du produit fini se font dans des conditions d'asepsie stricte afin d'éviter toute contamination.

Tableau 4 : Les méthodes d'échantillonnage et de prélèvement

Echantillonnage	Lieu d prélèvement	Technique de prélèvement	Nombre de prélèvement
Poudre de lait	L'atelier de fabrication du fromage .	Prélever avec une sonde stérile au centre et au fond du sac, à proximité de la flamme.	- Trois prélèvements. - Prélever à peu près 100 g dans un flacon stérile.
Sels de fonte	L'atelier de fabrication du fromage.	Prendre une quantité au centre et au fond du sac, à l'aide d'une sonde stérile à proximité de la flamme.	- Trois prélèvements. - 10 g dans un boîte de pétri.
Cheddar et fromage en bloc	L'atelier de fabrication du fromage.	Choisir aléatoirement trois blocs et prélever par une sonde stérile à proximité de la flamme.	Trois prélèvements. - Une quantité de 100g.
Eau de process	Robinet de laboratoire.	-Nettoyer et désinfecter le robinet par l'alcool. - flamber le robinet. - laisser couler l'eau.	-Trois prélèvements. - 50ml dans un flacon stérile.
Produit fini (FFP)	L'atelier de fabrication du fromage. Salle de stockage.	- flamber la portion. - Prélever avec un couteau stérile au centre et au fond, à proximité de la flamme	- Trois prélèvements. -Une quantité de 30g.

(Zaim Edine et zerouali, 2015)

Analyses microbiologiques

Elles sont effectuées en premier lieu sur les matières premières : le cheddar, la poudre de lait, le fromage en bloc et sur l'eau du process et enfin sur le produit fini.

Les analyses microbiologiques nous permettent de vérifier l'innocuité des matières utilisées et celle du produit fini, donc un contrôle continu est effectué lors du processus de fabrication.

Préparation de la dilution mère

Premièrement, on tare le flacon bien stérile, puis on introduit entre 10 à 15 g de l'échantillon (x) solide à analyser, on remplit le flacon d'eau, selon l'équation suivante :

$$V = \text{La quantité d'échantillon (x)} \times 9$$

V : le volume d'eau recherché (ml)

Et le résultat obtenu représente la quantité d'eau physiologique stérile qu'il faut additionner, suivi d'une bonne agitation, c'est la solution 10^{-1} (**Annexe 2**)

Préparation des dilutions décimales

Pour obtenir la dilution 10^{-2} , prélever 1 ml de la solution mère et l'introduire dans un tube contenant 9 ml de l'eau physiologique stérile en respectant l'asepsie puis suivie d'une agitation. Pour la 10^{-3} , on introduit aseptiquement 1 ml de la solution 10^{-2} dans un tube contenant 9 ml de l'eau physiologique stérile avec une homogénéisation, et ainsi de suite pour les autres dilutions jusqu'à l'obtention du nombre de dilutions voulues (**Annexe 3**).

Les Germes recherchés

- **La recherche des coliformes totaux dans un milieu solide**

Elle se fait en milieu solide par la technique des boîtes sur gélose desoxycholate ou sur gélose (gélose lactosée biliée au vert brillant et au rouge de phénol). (**Annexe 4**).

Echantillons analysés

Les échantillons ayant fait l'objet de cette analyse sont : le cheddar, la poudre de lait, fromage en bloc et le produit fini.

- **Coliforme fécaux (*Escherichia coli*) dans un milieu solide**

Echantillons analysés

Les échantillons ayant fait l'objet de cette analyse sont : le cheddar, la poudre de lait, fromage en bloc et le produit fini.

Principe

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

Mode opératoire

Après avoir préparé les dilutions décimales, on prend aseptiquement à coté du bec de Bunsen 1ml de chacune des dilutions (10^{-1} , 10^{-2}) puis on les introduit dans des boites de Pétri. On complète ensuite avec la gélose desoxycholate fondue en faisant des mouvements de huit afin de bien mélanger la gélose à l'inoculum. Laisser refroidir à température ambiante, puis incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Annexe 4**).

La lecture

Les coliformes apparaissent en masse sous forme de colonies de couleur rouge cerise et de 0.5mm de diamètre.

- **La recherche des coliformes totaux et fécaux sur milieu liquide (cas des eaux)**

Echantillons analysés

Les échantillons ayant fait l'objet de cette analyse sont : l'eau de process.

Principe

La recherche se fait sur milieu BCPL, elle fait appel à deux tests consécutifs :

- Test de présomption réservé à la recherche des coliformes totaux .
- Test de confirmation, appelé également test de Mackenzie et réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des réactions positives du test de présomption.

A / Test de présomption

Il consiste à préparer une série de tube contenant le milieu BCPL D/C et BCPL D/C à raison de 5 tubes D/C et 5 tubes S/C. On prépare également un autre flacon contenant 50 ml de BCPL. Le flacon et les tubes utilisés sont munis d'une cloche de Durham. (**Annexe 5**)

Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser ensemercer :

- 50 ml d'eau dans un flacon contenant 50 ml de BCPL
- 5 fois 10 ml d'eau dans des tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C
- 5 fois 1 ml d'eau dans des tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C

Laisser incuber les milieux ensemençés à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois un dégagement gazeux et un virage du milieu du violet au jaune.

B / Test de confirmation ou test de Mackenzie

Ce test se fait à partir des tubes positifs afin de rechercher des coliformes fécaux, on prend 1 ml de chaque tube positif et on les introduit dans deux tubes l'un contient le milieu BCPL muni d'une cloche de Durham et l'autre tube contient le milieu Schubert. L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures.

Lecture

La présence des coliformes fécaux se traduit par un dégagement de gaz dans la cloche de Durham, et l'apparition d'anneau rouge dans l'autre tube après addition du réactif Kovac (**Annexe 6**)

La recherche du *Clostridium sulfito* –réducteurs

Echantillons analysés

Les échantillons ayant fait l'objet de cette analyse sont : le cheddar, fromage en bloc, l'eau de process et le produit fini.

Principe

Les *Clostridium sulfito*-réducteurs appartiennent à la famille des Bacillaceae, ce sont des bacilles Gram positifs, isolées ou en chainettes, catalase négatif, anaérobie, souvent gazogène, capable 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).

Mode opératoire

Introduire dans quatre tubes à essai 5mL de l'échantillon à analyser, puis placer les tubes au bain marie à 80°C pendant 5 minutes afin de détruire la forme végétative. Après chauffage, on ajoute deux gouttes d'alun de fer et quatre gouttes de sulfite de sodium puis on remplit les quatre tubes par la gélose viande de foie (Annexe 9). On mélange doucement puis on incube à 44°C et faire une première lecture après 24h et une deuxième après 48h. (Annexe 7)

Lecture

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

- **La recherche des *Staphylococcus aureus***

Echantillons analysés

Les échantillons ayant fait l'objet de cette analyse sont : le cheddar, fromage en bloc et le produit fini.

Principe

A partir de la dilution mère, on prélève 0.1 ml puis on l'ensemence en surface de la gélose Baird Parker (Annexe 9) coulé en boîte de Pétri. Après incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures, on procède à la lecture. (Annexe 8)

Lecture

Si le résultat est positif, on observera une colonie noire brillante, convexe et entourée d'un anneau clair.

Analyses physico-chimiques

✓ Détermination du pH

La détermination du pH de (Cheddar, fromage en Bloc et Produit fini) se fait par

La mesure directe 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 être effectué avant chaque mesure et cela par étalonnage de l'appareil par deux solutions tampons l'une à pH = 7 et l'autre à pH = 4.

La poudre de lait

On introduit dans un bécher 10g de la poudre de lait avec 100ml d'eau distillée, on met le mélange dans un agitateur magnétique, le mélange obtenu doit être laissé en repos pendant une à deux heures, puis on immerge dans le bécher une électrode reliée à un pH-mètre.

Sel de fonte

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 100 ml 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.

L'eau de process

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. Il est effectué directement par l'émersion de bout de l'électrode du pH-mètre dans un bêcheur contenant de l'eau potable, la valeur du pH s'affiche sur l'écran.

✓ Détermination de l'extrait sec :

La détermination de l'EST de (Cheddar, en Bloc et Produit fini) se fait selon la méthode suivante

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, après on ferme le couvercle du dessiccateur, en le réglant à une température de 85°C pour le fromage fondu et à une température de 90°C pour le cheddar, après quelque minutes la valeur de l'extrait sec s'affiche et qui est exprimée en pourcentage.

La poudre de lait

1.2 à 1.5g de la poudre de lait est introduit dans une coupelle aluminium déjà tarée, puis le couvercle du dessiccateur est fermé à une température de 65°C.

✓ Détermination de la teneur en eau (l'humidité)

Les échantillons a analysés (cheddar, poudre de lait, fromage en bloc et le produit fini)

C'est la teneur en eau ou la quantité d'eau exprimée en pourcentage contenue dans un composé solide ou liquide (Amroche et Salemcherif, 2014)

Principe

Elle peut être lue directement sur l'écran de l'appareil avec la valeur de matière sèche après un simple réglage, comme elle peut être lue à partir de la teneur en matière sèche selon la formule suivante :

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

$$H = 100 - EST$$

H : Humidité.

EST : Extrait sec total (Matière sèche totale).

✓ Détermination de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique)

La détermination du la matière grasse de (Cheddar, en Bloc et Produit fini) se fait

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

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

A la fin on fait une 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.

✓ Détermination de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique)

Dans un bécher on hydrolyse 10g de la poudre de lait avec 100 ml d'eau distillée, le mélange est laissé au repos environ une heure. De l'autre côté, on verse 10ml d'acide sulfurique et 1ml d'alcool iso amylique 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.

✓ Détermination de la teneur en matière grasse dans la matière sèche (MG/ MS)

Les échantillons analysés :(cheddar la poudre de lait fromage en bloc et le produit fini)

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

$$\text{MG/ MS} = \frac{\text{MG}}{\text{MS}} 100$$

MG : matière grasse

MS : matière sèche

MG/MS : teneur en matière grasse dans la matière sèche(%)

✓ Détermination des titres alcalimétriques TA et TAC dans l'eau de process

➤ TA : Titre alcalimétrique

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 100 ml 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 $\text{pH} < 8,3$, 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 $\text{pH} > 8,3$, cela signifie qu'il ya 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 0.1N dans le bécher à l'aide d'une burette, en agitant constamment jusqu'à décoloration complète de la solution ($\text{pH}=8,3$).

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

$$\text{TA (F}^\circ\text{)} = V_1 \times 5$$

V_1 : Le volume de la solution H_2SO_4 0.1 N utilisée en (ml) pour le titrage.

TA : Titre alcalimétrique (F°)

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 bêcher, 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 ($\text{pH} = 4.3$).

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

$$\text{TAC (F}^\circ\text{)} = (V_2 - 0.1) \times 5$$

V_2 : Le volume de la solution H_2SO_4 0.1 N utilisée en (ml)

TAC : Le titre alcalimétrique complet (F°)

➤ Détermination de titre hydrotimétrique TH

Principe

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

Mode opératoire

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

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

$$TH = 1000 * C * V1 / V2$$

V1 : volume de la solution EDTA (ml)

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

C : concentration de la solution EDTA (mol)

➤ Détermination du dosage des ions chlore (chlorures)

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) (N/10), en présence de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$)(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 bêcher avec un volume de 2.5ml de bicarbonate de potassium (K_2CO_3), la solution se colore en jaune, puis on la titre par la solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$ 0.1 N) jusqu'au virage rouge brique. Un essai blanc est nécessaire, et il est effectué dans les mêmes conditions que celle de l'échantillon, mais avec 50 ml d'eau distillée.

Elle est mesurée par la formule :

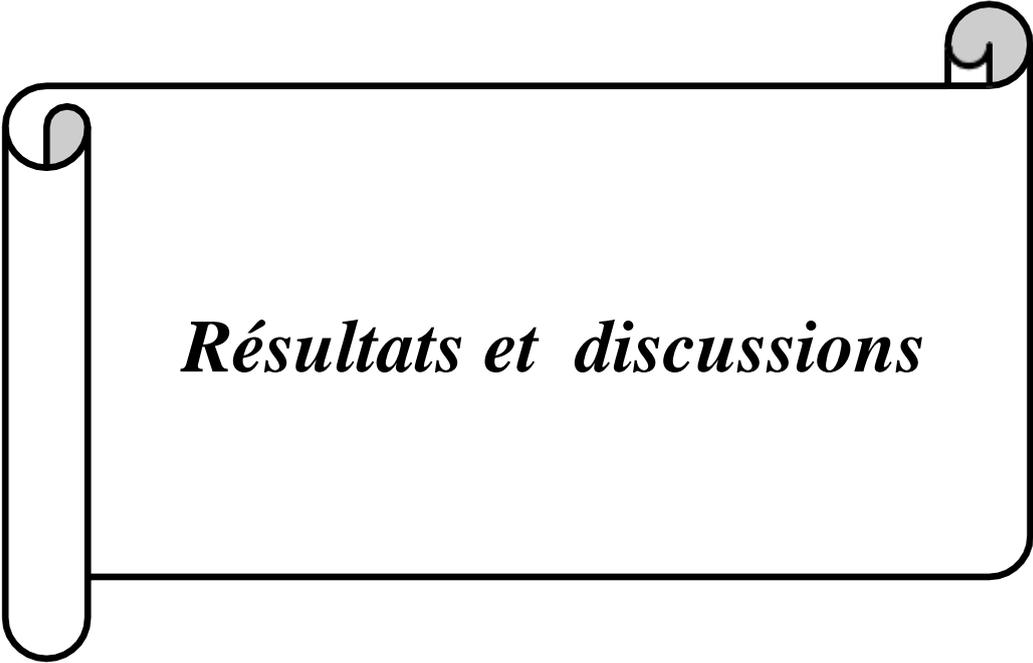
$$Cl^- = M (n-b)$$

M : la masse molaire du chlore (35.5 g/mol).

n : le volume d' $AgNO_3$ (0.1) utilisé pour le titrage.(ml)

b : le volume de la solution de $AgNO_3$ (0.1) utilisé pour avoir la même teinte (rouge brique) dans l'essai blanc.(ml)

Cl⁻ : la teneur en chlorures est exprimée en **mg/l**



Résultats et discussions

Résultats et discussions

Analyses microbiologiques

L'objectif initial de ce travail était de faire des analyses physicochimiques et microbiologiques du fromage fondu pasteurisé de l'unité fromagerie de Boudouaou (LFB).

Vu la situation exceptionnelle liée à l'épidémie du COVID 19, tous les résultats présentés dans cette partie sont ceux de quelques travaux antérieurs. Les travaux choisis sont ceux de **Magri et al. (2016)**, **Brahimi et al. (2016)** et **Mokhtari et al. (2017)**. Ils portent sur le fromage fondu pasteurisé fabriqué par LFB

Matières première

La poudre de lait 26%

Le tableau 05 représente les résultats des analyses microbiologiques effectués sur la poudre de lait.

Tableau 5 : Résultats des analyses microbiologiques sur la poudre de lait

Germes recherchés	résultats	Normes J.O.R.A 1998 (N°35)	Références
Coliformes totaux	0	1	Magri et al. (2016)
	0		Brahimi et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Magri et al. (2016)
	Abs		Brahimi et al. (2016)
	Abs		Mokhtari et al. (2017)
Staphylococcus aureus	Abs	Abs	Magri et al. (2016)
	Abs		Brahimi et al. (2016)
	Abs		Mokhtari et al. (2017)
Clostridium sulfito réducteurs	Abs	Abs	Magri et al. (2016)
	Abs		Brahimi et al. (2016)
	Abs		Mokhtari et al. (2017)

D'après, le tableau 05 on remarque l'absence de tous les germes recherchés y compris les Coliforme totaux, Coliformes fécaux, Staphylococcus aureus, Clostridium sulfito-réducteur. Alors, on peut dire que la poudre de lait utilisée est conforme à la norme de **J.O.R.A1998** et de bonne qualité bactériologique, cela peut être justifié par le fait par qu'elle a subi un bon traitement thermique, ainsi que sa nature physique (déshydratée) ne favorise pas la prolifération des microorganismes.

Le cheddar

Le cheddar est considéré comme une matière qui doit être toujours contrôlée avant la préparation de la fonte (**Boutonnier, 2000**). Les résultats de l'analyse microbiologique du cheddar sont mentionnés au tableau 06.

Tableau 6 : Résultats des analyses microbiologiques du cheddar

Germes recherchés	résultats	Normes J.O.R.A 1998 (N°35)	Références
Coliformes totaux	0	10 ²	Brahimi et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Brahimi et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)
Staphylococcus aureus	Abs	10 ²	Brahimi et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)
Clostridium sulfito réducteurs	Abs	Abs	Brahimi et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)

Résultats et discussions

D'après le tableau 6, on remarque l'absence totale des indicateurs de contamination fécale (coliforme totaux et fécaux), et l'absence totale des germes pathogènes (Staphylococcus aureus, Clostridium sulfito-réducteur) pour **Brahimi et al. (2016)** et **Mokhtari et al.** Alor on peut conclure que le cheddar utilisé est conforme à la norme de (**J.O.R.A.N°35,1998**).Ce qui montre la bonne qualité microbiologique de fromage de font (cheddar).

Le fromage en bloc

Les analyses microbiologiques effectuées sur le fromage en bloc sont représenté dans le tableau 07

Tableau 7: Résultats des analyses microbiologique du fromage en bloc.

Germes recherchés	résultats	Normes J.O.R.A 1998 (N°35)	Références
Coliformes totaux	16	10 ²	Magri et al. (2016)
	43		Mokhtari et al. (2017)
Coliformes fécaux	8.67	10	Magri et al. (2016)
	7.75		Mokhtari et al. (2017)
Staphylococcus aureus	Abs	Abs	Magri et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)
Clostridium sulfito réducteurs	Abs	Abs	Magri et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)

D'après le tableau 7, on remarque la présence de coliformes totaux et fécaux pour **Magri et al. (2016)** et **Mokhtari et al (2017)** mais sans dépasser les normes. Pour les (*Staphylococcus aureus*, *Clostridium sulfito-réducteur*) sont absent dans le fromage en bloc.

On conclue que le fromage en bloc utilisé est conforme à la norme (**J.O.R.A N°35,1998**) et de bonne qualité microbiologique.

Selon **Bourgeois et Leveau, 1991**, les indices de contaminations fécales sont des microorganismes 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.

Selon **Cleret, 1991**, les mains en contact permanent avec l'environnement sont le support de nombreux microorganismes. Ils sont en général plus concentrés 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.

L'eau de process

Les résultats des analyses microbiologiques réalisées sur l'eau de process sont résumés dans le tableau 08

Tableau 8: Résultats des analyses microbiologique de l'eau de process

Germes recherchés	résultats	Normes J.O.R.A 1998 (N°35)	Références
Coliformes totaux	Abs	<10	Magri et al. (2016)
	0		Brahimi et al. (2016)
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Magri et al. (2016)
	Abs		Brahimi et al. (2016)
Staphylococcus aureus	/	Abs	Magri et al. (2016)
	Abs		Brahimi et al. (2016)
Clostridium sulfito réducteurs	0	Abs	Magri et al. (2016)
	Abs		Brahimi et al. (2016)

D'après les résultats des analyses qui sont résumées dans le tableau 08 :

On remarque l'absence total des indicateurs de contamination fécale (coliforme totaux et fécaux) et l'absence des germes pathogènes (*Clostridium sulfito-réducteur* et *Staphylococcus aureus*) pour **Magri et al. (2016)** et **Brahimi et al. (2016)**. Alor en conclue que les analyses microbiologiques de l'eau utilisée pour la fabrication du fromage fondu subir un traitement des eaux (la chloration) et affairement qu'elle réponde totalement aux normes du **(J.O.R.A .N°35,1998)**.

Produit fini

Les résultats des analyses microbiologiques effectués sur le produit fini sont placés dans le tableau 09

Tableau 9: Résultats des analyses microbiologiques du produit fini.

Germes recherchés	résultats	Normes J.O.R.A 1998 (N°35)	Références
Coliformes totaux	0	10 ²	Magri et al. (2016)
	0		Brahimi et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Magri et al. (2016)
	Abs		Brahimi et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)
Staphylococcus aureus	/	Abs	Magri et al. (2016)
	Abs		Brahimi et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)
Clostridium sulfito réducteurs	Abs	Abs	Magri et al. (2016)
	Abs		Brahimi et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)

D'après le tableau 9, on remarque l'absence totale des germes non pathogènes (coliforme fécaux et coliforme totaux) et des germes pathogènes (*Clostridium sulfito-réducteur* et *Staphylococcus aureus*) dans le fromage fondu pasteurisé par **Magri et al. (2016)** **Brahimi et al. (2016)** **Mokhtari et al. (2017)**. Alor en conclue que le fromage fondu pasteurisé produit par L.F.B est conforme à la norme de (**J.O.R.A.N°35,1998**) et de bonne qualité microbiologique. Ce fromage ne présent aucune risque du point de vue microbiologique pour la santé du consommateur.

Analyses physicochimiques

Matière première

Le fromage de fonte «Cheddar»

Les analyses physicochimiques du cheddar sont récapitulées dans le tableau 10 :

Tableau 10: Résultats des analyses physico-chimiques du fromage de fonte «Cheddar»

Paramètres	résultats	Normes	Références
pH	5.07	AFNOR 1986 5.1-5.9	Magri et al. (2016)
	5.17		Brahimi et al. (2016)
	5.13	J.O.R.A 1998 5.3-5.5	Mokhtari et al. (2017)
EST%	64.42	AFNOR 1986 61-69%	Magri et al. (2016)
	65.15		Brahimi et al. (2016)
	65	J.O.R.A 1998 61-69%	Mokhtari et al. (2017)
MG%	36	AFNOR 1986 30%-38%	Magri et al. (2016)
	33.7		Brahimi et al. (2016)
	34	J.O.R.A 1998 30-38%	Mokhtari et al. (2017)
MG/MS%	56.11	AFNOR 1986 50% Min	Magri et al. (2016)
	52.35		Brahimi et al. (2016)
	52	J.O.R.A 1998 50%	Mokhtari et al. (2017)
Teneur en eau%	35.85	AFNOR 1986 39%Max	Magri et al. (2016)
	34.84		Brahimi et al. (2016)
	35	J.O.R.A 1998 31-35%	Mokhtari et al. (2017)

D'après le tableau 10, On remarque que les valeurs de pH de fromage de fonte (cheddar) obtenu par **Magri et al. (2016)** et **Mokhtari et al. (2017)** sont relativement bas de ce qui n'est pas conforme à la norme **AFNOR, (1986)**. Par contre la valeur de pH de cheddar obtenu par **Brahimi et al. (2016)** qui est en accord à la norme (**J.O.R.A.N°35,1998**).

Pour l'extrait sec total en remarque les valeurs obtenues par **Magri et al. (2016)** et **Mokhtari et al. (2017)** et **Brahimi et al. (2016)**, sont resté dans l'intervalle des normes. Alor sont conforme aux normes **AFNOR, (1986)** et (**J.O.R.A.N°35,1998**).

Les valeurs de la matière grasse de cheddar sont conformes à la norme d'**AFNOR, (1986)** et (**J.O.R.A.N°35,1998**).

Pour le rapport MG/MS de cheddar varie de 50% à 56% avec une norme 50% minimum donc une valeur acceptable.

La valeur d'humidité de cheddar est conforme à la norme **AFNOR, (1986)** et de (**J.O.R.A.N°35,1998**).

D'après ces résultats de tableau 10, on peut conclure que le cheddar utilisé dans la fabrication du fromage fondu au niveau de L.F.B étudié par **Magri et al. (2016)**, **Brahimi et al. (2016)** et **Mokhtari et al. (2017)** est de bonne qualité physicochimique. Ce qui renseigne sur le respect des conditions de fabrication, de transport et de stockage

Le fromage en bloc

Les analyses physicochimiques du fromage en bloc sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Résultats des analyses physico-chimiques du fromage en bloc

Paramètres	résultats	Normes	Références
pH	5.23	AFNOR 1986 5.4-5.5	Magri et al. (2016)
	5.27		Mokhtari et al. (2017)
EST%	53.5	AFNOR 1986 50±1%	Magri et al. (2016)
	54		Mokhtari et al. (2017)
MG%	22.3	AFNOR 1986 20%-22%	Magri et al. (2016)
	26		Mokhtari et al. (2017)
MG/MS%	42.27	AFNOR 1986 40% Min	Magri et al. (2016)
	48		Mokhtari et al. (2017)
Teneur en eau%	/	/	Magri et al. (2016)
	46		Mokhtari et al. (2017)

D'après le tableau 11, en remarque les valeurs de pH sort légèrement de la norme (un peu bas), ce la peut être justifié par l'acidité du lait à partir du quel fromage est fabriqué.

Pour l'extrait sec total de fromage en bloc un peu plus élevées par rapport à la norme est dépassent 51%, cette augmentation peut être due à un excès d'égouttage lors du processus de fabrication.

Les valeurs de la matière grasse supérieure à la norme **AFNOR, (1986)** peut être expliqué par la richesse en MG du lait utilisé pour la fabrication du fromage en bloc.

Pour le rapport MG/MS de fromage en bloc les valeurs 42,27% et 48% un peut plus élèves par apport à la norme **AFNOR, (1986)**.

D'après les résultats de tableau, en peut conclue que les valeurs sont acceptables et le fromage en bloc du fromage fondu pasteurisé sont conforme à les normes **AFNOR, (1986)** et de bonne qualité physico-chimique.

La poudre de lait

Les résultats des analyses physicochimiques effectuées sur la poudre de lait (26%) sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau 12: Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait.

Paramètres	résultats	Norme AFNOR 1986	Références
pH	6.61	6.5-6.75	Magri et al. (2016)
	6.60		Brahimi et al. (2016)
	6.6		Mokhtari et al. (2017)
EST%	96.3	96%	Magri et al. (2016)
	96.45		Brahimi et al. (2016)
	97.25		Mokhtari et al. (2017)
MG%	26.33	26%	Magri et al. (2016)
	26.35		Brahimi et al. (2016)
	28		Mokhtari et al. (2017)
Teneur en eau%	3.68	4%	Magri et al. (2016)
	3.54		Brahimi et al. (2016)
	2.66		Mokhtari et al. (2017)

A partir de tableau 12, on remarque que les valeurs de pH du la poudre de lait sont reste dans l'intervalle des normes et en accord à la norme d'AFNOR, (1986).

La teneur en extrait sec les valeurs du la poudre de lait obtenu sont compris entre 96,3 et 97,25 et évolue dans le sens inverse de l'humidité, néanmoins, ces valeurs restent dans la conformité.

En ce qui concerne la teneur en matière grasse, les valeurs obtenues sont comprises entre 26% et 28%, donc ce résultat est conforme à a norme d'AFNOR, (1986).

L'humidité du la poudre de lait reste conforme aux normes. Pour des valeurs ne dépassant pas 3,68.

On conclue que la poudre de lait du fromage fondu pasteurisé sont conforme à les normes AFNOR, (1986) et de bonne qualité physico-chimique.

Les sels de fonte

Les analyses des paramètres physico-chimiques des sels de fontes sont basées sur la valeur du pH uniquement, le tableau suivant résume les résultats moyens du pH des sels de fontes utilisés (SS90-BL92).

Tableau 13 : Résultats des analyses physico-chimiques des sels de fonte.

Paramètre	Résultats		Normes		Références
pH	92 BL	90 SS	S.F.T KASOMEL 2394		/
	9.4	9.05	92 BL	90 SS	Magri et al. (2016)
			9.2	9.00	
	9.11	8.99	DANIMEX 2002		Brahimi et al. (2016)
			92 BL	90 SS	
			8.5-9.5	8.7-9.5	
	9.1	9.06	AFNOR 1986		Mokhtari et al. (2017)
			92 BL	90 SS	
			9.2	9	

D'après les résultats de tableau 13 qui montrent que les valeurs du pH obtenues des sels de fonte (EMPIRO 90 SS ET 92 BL) pour le fromage fondu pasteurisé étudié par **Magri et al.(2016)** et **Brahimi et al.(2016)** et **Mokhtari et al.(2017)**, sont conformes aux les normes **DANIMEX**,

(2002)et **AFNOR 1986** selon la fiche technique de sel de fonte **KASOMEL**.

Le pH joue un rôle très important dans les analyses physicochimiques car il intervient de façon déterminante dans la qualité organoleptique. (**Boutonnier, 2002**).

On peut conclure que le pH de sel de font de fromage fondu pasteurisé est conforme aux les normes et de bonne qualité physicochimique

Eau de process

Les analyses physicochimiques de l'eau de processus sont représentées dans le tableau 14

Tableau 14: Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process

Paramètres	Résultats	Normes	Références
pH	6.87	AFNOR 1986 6.5-8.5	Magri et al. (2016)
	7.04		Brahimi et al. (2016)
	7.13		Mokhtari et al. (2017)
TA	0	OMS 0F°	Magri et al. (2016)
	/		Brahimi et al. (2016)
	0		Mokhtari et al. (2017)
TAC	8.67	OMS 22F°	Magri et al. (2016)
	/		Brahimi et al. (2016)
	43.75		Mokhtari et al. (2017)
TH	20	60	Magri et al. (2016)
	74.6		Brahimi et al. (2016)
	69.2		Mokhtari et al. (2017)
Cl ⁻	223	AFNOR 1986 <250 mg/l	Magri et al. (2016)
	/	/	Brahimi et al. (2016)
	195.12	200 Max	Mokhtari et al. (2017)

D'après les résultats de tableau 14 on remarque, les valeurs de pH du l'eau de process obtenu par **Magri et al. (2016) et Brahimi et al. (2016) et Mokhtari et al.(2017)** sont comprise entre 6.87 et 7, 13 ces valeurs sont en accord avec la norme d'**AFNOR, (1986)** (6.8 – 8.5).

Pour les valeurs de TA (titre alcalimétrique) du l'eau de process obtenues sont conformes à la norme de l'OMS, sont égal à 0°F. Concernent l'étude fait par **Brahimi et al. (2016)** cette analyse n'est pas effectuée.

Les valeurs de TAC (titre alcalimétrique complet) du l'eau de process obtenues par **Magri et al. (2016)** sont comprises entre 8.4 et 9 F° qui se trouvent inferieur à la norme de l'OMS, ceci est expliqué par la pauvresse de l'eau en alcalins libres, en carbonates et en bicarbonate.

Les valeurs de TAC (titre alcalimétrique complet) du l'eau de process obtenu par **Brahimi et al. (2016)** sont supérieur à la norme, dont la moyenne est 27, cet intervalle de différence peut être expliqué par la richesse de l'eau en alcalins libre, carbonates (hydrogénocarbonates).

La valeur moyenne de TH (Titre hydrométrique) Les analyses du titre hydrométrique révèlent des valeurs élevées qui dépassent les normes (Max 60 F°). Ce qui indique que l'eau de process utilisée au niveau de L.F.B est dure. Cette dureté peut être expliquée par la richesse de cette eau en ions calcium (Ca^{+2}) et magnésium (Mg^{+2}).

Pour le Cl^- , les valeurs obtenues sont comprises entre 195,12 et 223 mg/l et ces valeurs sont inferieur à la norme d'**AFNOR, (1986)**. Concernent l'étude fait par **Brahimi et al. (2016)** cette analyse n'est pas effectuée.

D'après les résultats de tableau 14, on conclu que l'eau utilisée dans la fabrication est dure. Cette dureté pose un grand problème dans les canalisations et la tuyauterie des appareils, mais n'influe pas sur la qualité organoleptique de produit fini, il suffit donc d'assurer un bon nettoyage.

Produit fini

Les résultats des analyses physico-chimiques du produit fini sont notés dans le tableau suivant :

Tableau15 : Résultats des analyses physico-chimiques du produit fini.

Paramètres	résultats	Norme AFNOR 1986	Références
pH	5.69	5.5-5.8	Magri et al. (2016)
	5.67		Brahimi et al. (2016)
	5.95		Mokhtari et al. (2017)
EST%	39.1	39%-40%	Magri et al. (2016)
	44.78		Brahimi et al. (2016)
	43.26		Mokhtari et al. (2017)
MG%	15.67	16%	Magri et al. (2016)
	15		Brahimi et al. (2016)
	16		Mokhtari et al. (2017)
MG/MS%	42.09	40%	Magri et al. (2016)
	/		Brahimi et al. (2016)
	37		Mokhtari et al. (2017)
Teneur en eau%	60.89	Min 60%	Magri et al. (2016)
	55.22		Brahimi et al. (2016)
	56.74		Mokhtari et al. (2017)

D'après les résultats de tableau 15 on remarque que les valeurs de pH du produit fini obtenu par **Magri et al. (2016)** et **Brahimi et al. (2016)** sont resté dans l'intervalle des normes (5,5- 5,8), par contre la valeur de pH obtenu par **Mokhtari et al. (2017)** est un peu supérieure à la norme AFNOR, (1986).

Pour l'extrait sec total du produit fini les valeurs obtenues par **Magri et al. (2016)** sont conformes à la norme **AFNOR 1986**. Par contre les valeurs d'extrait sec obtenues par **Brahimi et al. (2016)** et **Mokhtari et al. (2017)** sont un peu supérieures à la norme **AFNOR (1986)**. Ce sont des valeurs acceptables.

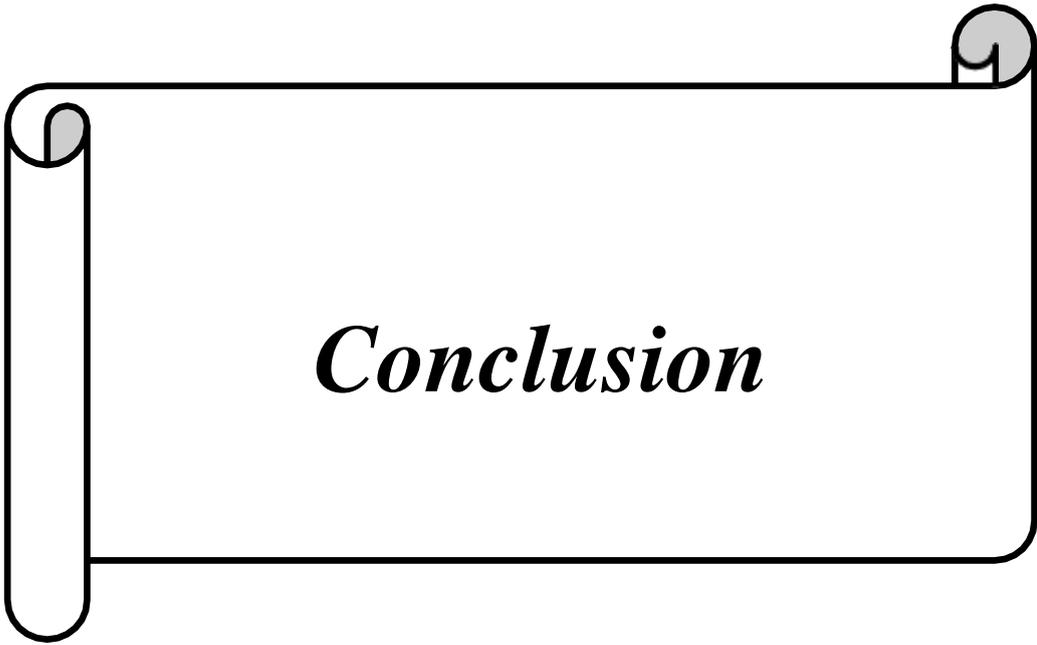
Les valeurs de la matière grasse du produit fini sont conformes et en accord à la norme **AFNOR, (1986)**.

Le rapport MG/MS du produit fini on remarque pour le résultat obtenu par **Magri et al. (2016)** présente une valeur de 42,09% par rapport à la norme et pour le résultat obtenu par **Mokhtari et al. (2017)** présente une valeur de 37 % ces valeurs sont acceptables et conformes à la norme **AFNOR, (1986)**. Concernant l'étude faite par **Brahimi et al. (2016)** cette analyse n'est pas effectuée.

Pour la teneur en eau les valeurs obtenues sont conformes en accord à la norme **AFNOR, (1986)**.

On conclut que le produit fini de fromage fondu pasteurisé produit par L.F.B est de bonne qualité physicochimique et conforme à les normes. Ce qui renseigne sur le respect des conditions de fabrication, de transport et de stockage.

D'après les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées sur le fromage fondu pasteurisé et par comparaison des résultats pris à partir de références déférentes, on remarque qu'il n'y a pas de différence entre les moyennes trouvées donc ils sont conformes aux normes appliquées à LFB.



Conclusion

Conclusion

L'objectif de ce travail est la présentation et la synthèse des résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques du fromage fondu pasteurisé fabriqué par LFB. Ces résultats sont issus des travaux réalisés ultérieurement à LFB.

D'après l'étude sur le fromage fondu pasteurisé produit par LFB et les différentes analyses effectuées sur les matières premières et le produit fini, on peut déduire globalement que les matières premières utilisées sont de bonne qualité physico chimiques et microbiologiques, malgré qu'on a observé lors de l'analyse microbiologique du fromage en bloc la présence des coliformes fécaux qui indique que la contamination est récente.

Les résultats obtenus permettent d'avancer les déductions suivantes :

Sur le plan microbiologique :

L'absence des microorganismes pathogènes concernant les matières premières et le produit fini conservé, même un mois après la date limite de consommation ; cela révèle la salubrité du fromage fondu et sa stabilité du point de vue microbiologique.

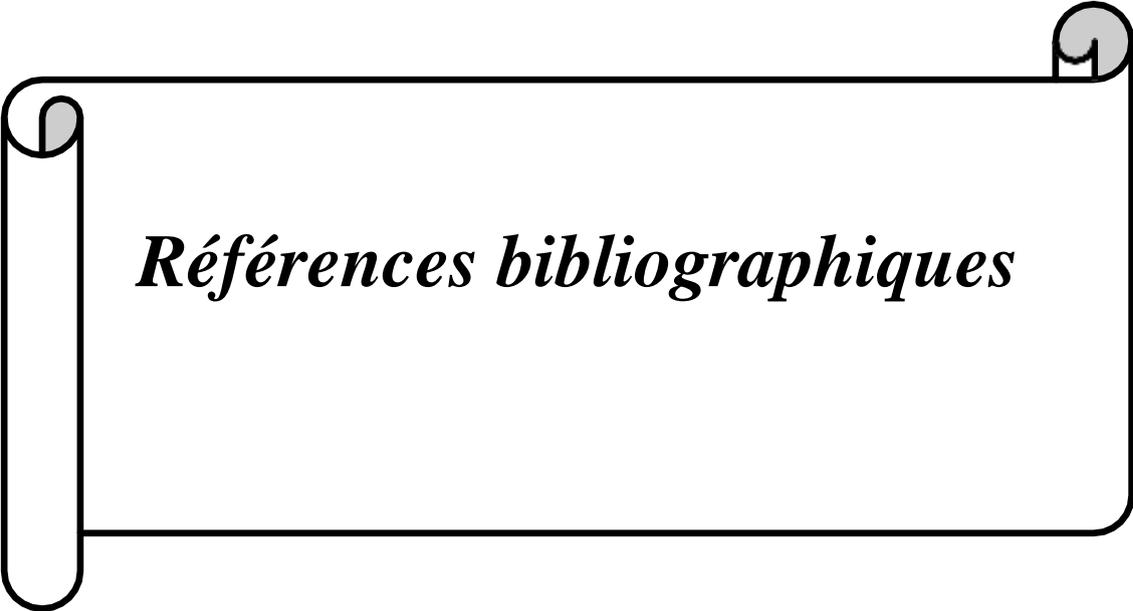
Sur le plan physicochimique :

Les résultats sont conformes aux normes pour les matières premières ; sauf pour l'eau de process qui est d'une qualité médiocre vue sa dureté qui pourrait influencer négativement la qualité organoleptique du produit.

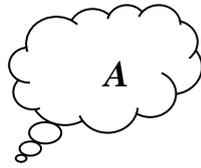
Ainsi, on peut dire que le produit fini est de bonne qualité microbiologique et physico chimique du moment que les résultats de ces analyses effectuées sont totalement conformes à la norme.

De manière générale, on peut dire que LFB suit les bonnes pratiques de fabrication, et qu'elle possède un laboratoire d'autocontrôle indépendant et en cas de défaillance la correction est possible ainsi que les conditions d'hygiène sont présentes.

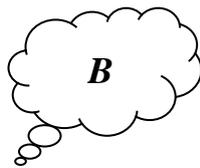
En perspective, l'application réelle de l'**HACCP**, (Hazard Analysis Critical Control Point), au niveau de l'atelier de fabrication du fromage constituera un véritable plan de maîtrise sanitaire largement reconnue comme un outil efficace de management de la sécurité des denrées alimentaires.



Références bibliographiques



- **AFNOR. (1986):** (Association Française de Normalisation). 2ème éditions, Lavoisier, Paris. Edition Techniques et Documentation -Lavoisier, Paris, 632p. 599p.601p. AFNOR. Agroalimentaire, F 6 310-1, 14 p.
- **Ait Abdelouhab N. (2001).** Microbiologie alimentaire. Office de publication universitaire
- **Amrouche K, et Salemcherif M., 2014.**Suivi de la chaine de fabrication du fromage fondu pasteurise jusqu'à la mise en vente au niveau de la laiterie Fromagerie de Boudouaou (LFB). Mém .Mas .Technicien supérieur .Agro, Univ.Boumerdes, p.69.
- **Anonyme, 1989.** Bienvenu dans le mande des KASOMEL et des fromages fondus. EUROPHOS, 73p.

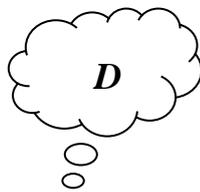


- **Bourgeois C-M. Leveau J-Y. 1990.** Technique d'analyse et de contrôle dans l'industrie agro-alimentaire, 2ème éd, Lavoisier, Paris.
- **Bourgeois C-M. (1996).** Microbiologie alimentaire .Tome 1. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. 2 ème édition, Lavoisier, paris.
- **Bourgeois C.M. Leveau J.Y,1991.** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro- alimentaires, volume 3 : le contrôle microbiologique .Ed . Technique et documentation, Lavoisier, 480p.
- **Boutonnier, 2000.** Fabrication du fromage fondu. Technique de l'ingénieur, F631.
- **Boutonnier, 2002.** Fabrication du fromage fondu. Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, F 6 310-1, 14 p.
- **Brahimi massinis et Khali salim abdeslam, (2015/2016).** Etude de La Stabilité d'un fromage fondu au cour du stockage réfrigéré au niveau de la laiterie-fromagerie de Boudouaou.

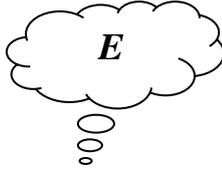
- **Brainer a. Madeleine Richer m. Rostel. s. 2007.** Alimentations et processus
- **Branger a. Roustel s. Richer m. 2007.** Microbiochimie et alimentation. Vol 1. Edition Educagri.



- **Carole.l et Vignola.m. (2002).** Science et technologie du lait.598P.
- **Chambre et Daurelles. (2006).** Le fromage de la science à l'assurance qualité 3^{ème} édition. In (fromage), édition Eck et Gillis, Technique et documentation Lavoisier, paris.
- **Christensen j., Povlsen v.t.,Sørensen J. 2003.** Application of fluorescence spectroscopy and chemometrics in the évaluation of processed cheese during storage. J. Dairy Sci. vol. 86, p. 1101–1107.
- **Cleret j.j, 1991.** Principe de base de du contrôle microbiologique industriel, volume 3.Ed. Technique et documentation – Lavoisier.
- **Codex standard 283-1978,** norme général pour le fromage –Lait et produit laitières, 2^{ème} édition .p1.d'origine animale, 48p.



- **Danimex. (2002).** Fiches techniques des sels de fontes. (Information produit). DANIMEX FOOD A/S. Ryttervangen 17323GIVE, Danemark.
- **Dfi (Département Fédéral de l'Intérieur), 2009.** Ordonnance sur les denrées alimentaires d'origine animale, 48p



- **Eck a et Gillis ., 1997.** Le fromage. 2ème édition, 3ème édition. Lavoisier. Techniques et documentation.
- **Eck a. Gillis ., (2006).** Le fromage de la science à l'assurance qualité. 3ème édition technique et documentation. Lavoisier, paris.
- **Eck a et Gillis ., 1997.** Le fromage. 3ème édition. Lavoisier. Techniques et documentation, 891p.
- **Eck, 1997.** Le fromage : de la science à l'assurance qualité. 3ème édition. Lavoisier. Techniques et documentation, Paris, pp 692-699. EUROPHOS, 73p.
- **Evette j.l. 1975.** La fromagerie.- Paris : Presses universitaires de France, 140 p. FOOD A/S. Ryttervangen 17323GIVE, Danemark.



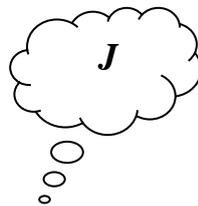
- **Fox p.f., law j., Mcsweeney p.l.h. and Wallace j. 1993.** Biochemistry of



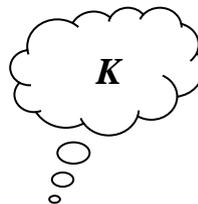
- **Gaucheron f. (2004).** Minéraux et produits laitiers. Tech & Doc, Lavoisier, paris.
- **Germinal. (1976).** le traitement des eaux. Edition Technique et Documentation.

Guiraud j-p. 1998- Microbiologie alimentaire. Microbiologie des principaux

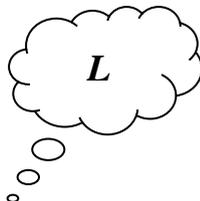
- **Guiraud j-p. Rosec j-p. (2004).** Pratique des normes en microbiologie alimentaire. isolées de fromages fondus fabriqués en Algérie. Thèse de Doctorat en Microbiologie.



- **Joffin c. Joffin j-n. (2003).** Microbiologie alimentaire. Biologie et Technique, 5^{ème} édition, CRDP Aquitaine



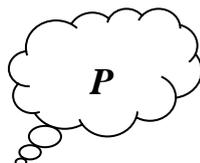
- **Kasomel, 1989.** Bien venus dans le monde des Kasomel et des fromages fondus 2 Ed. Europhos. Belgique, p.73.
- **Kiboua a, 1992.** Qualité du fromage fondu pasteurisé fabriqué à l'unité Boudouaou. Thèse d'ingénieur d'état en agronomie. Institut national agronomique, 90p. l'industrie agro-alimentaire, 2^{ème} éd, Lavoisier, Paris



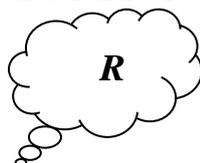
- **Lagrange i, 1995.** Mise en pratique de la méthode « HACCP » en élevage caprin laitier afin de garantir la qualité du lait: l'exemple des laiteries Triballat. Thèse de doctorat en médecine vétérinaire. Alfort.
- **Luquet . ;1990.** Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc.,
- **Luquet. (1985).** lait et produits laitiers, vaches, brebis et chèvre. Tome 2 ,2^{ème} édition.



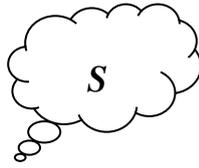
- **Manfred m. Nicole m. (2002).** Sécurité alimentaire du consommateur. Sciences et techniques agroalimentaires sciences et techniques agroalimentaires. 2^{ème} édition. Tec & Doc Lavoisier. Paris.
- **Magri widad, Belarouci meriem et Meriouli yasmine, (2015/2016).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique du fromage fondu pasteurisé.
- **Margat j. Andressian v. (2008).** Édition Le cavalier bleu L'eau, Idée reçue.
- **Mokhtari wafa, Rahmouni nadia et Makhiouba thiziri, (2016/2017).** Etude la stabilité physico-chimique et microbiologique du fromage fondu pasteurisé de l'unité fromagerie de Boudouaou (LFB).



- **Pointurier h, 2003.** La gestion matière dans l'industrie laitière. Lavoisier. Techniques et polytechnica, Paris. Produits laitiers. Edition DUNOD, Paris.



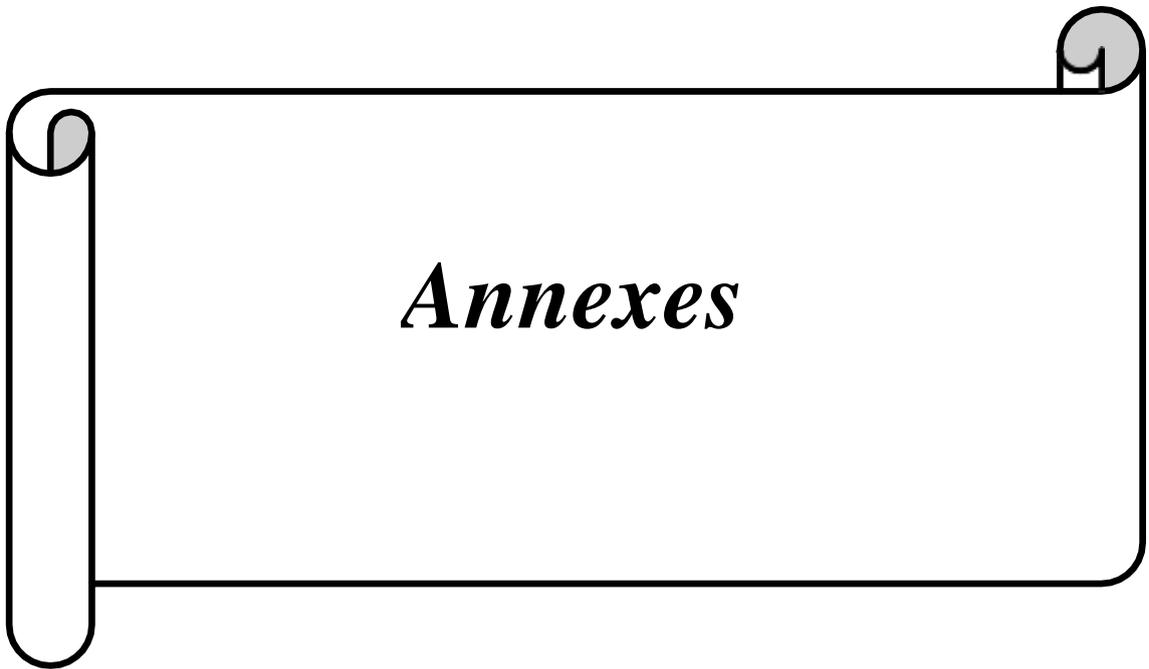
- **Richonnet c. (2016).** Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus. Cahiers de Sci. vol. 86, p. 1101–1107. sécurité et de la qualité alimentaire. 2^{ème} édition, Lavoisier, paris.
spectroscopy and chémoeptices in the évaluation of processed cheese during storage. J. Dairy technologique. Sécurité et contrôle microbiologique, Edition Educ agri.



- **Simopoulos et Salem, 2002.** N Jr. Egg, yolk as source of long chaine polyunsaturated fatty acide in infantfiding.

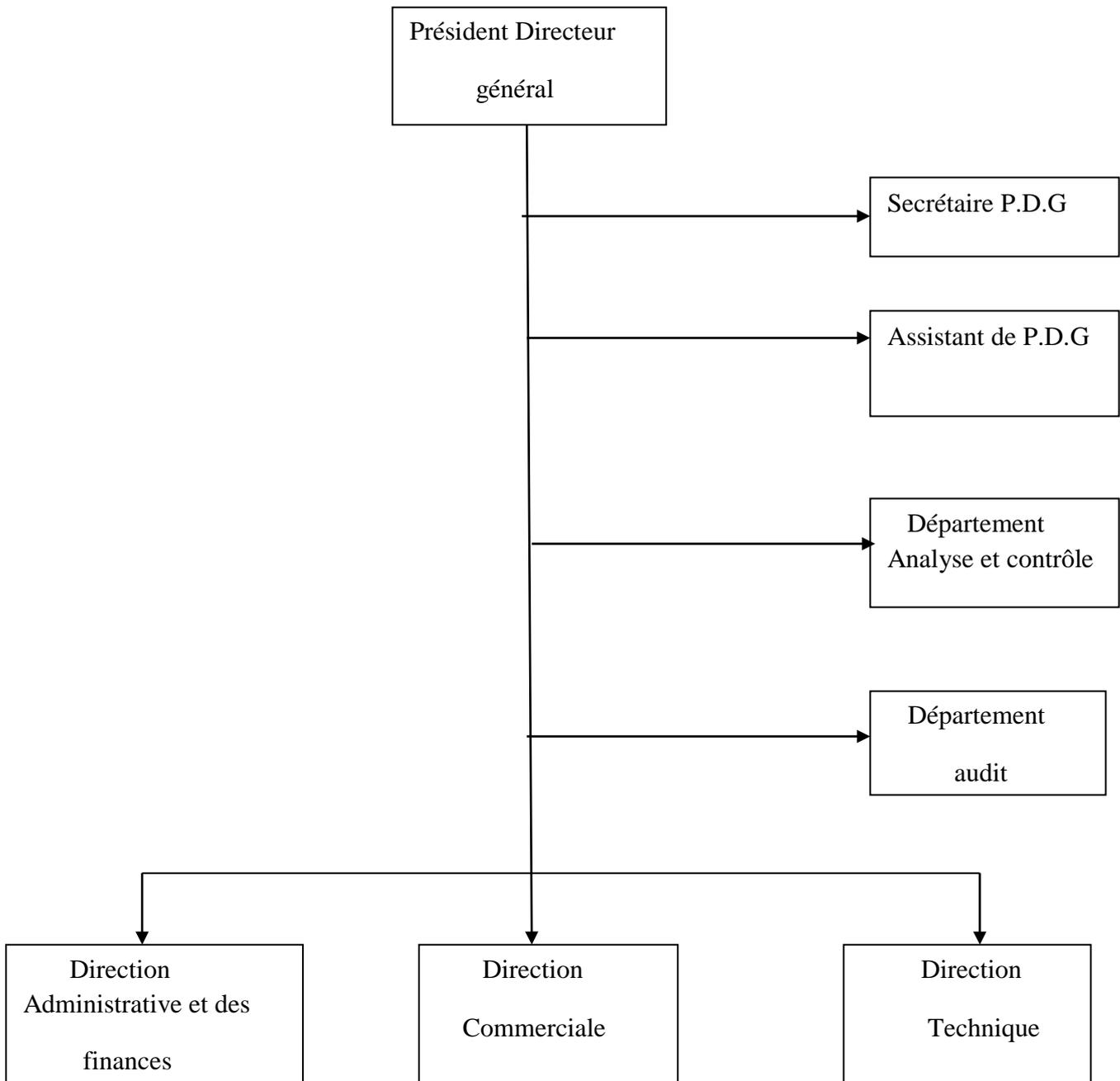


- **Zaimdin z et Zerouali s ,2015.** Suivi de la chaine de fabrication et analyses physico-chimiques et microbiologiques du fromage fondu pasteurisé fabriqué en algerie au niveau de LFB .Mémoire de fin d'étude en génie biologie université de M'hamed Bougerra, Boumerdes, 60p.
- **Zeller b, 2005.** Le fromage de chèvre : spécificités technologiques et économiques. Thèse de doctorat en science vétérinaire. Université Paul-Sabatier de Toulouse, France, 78p.
- **Zhang d. et Ahoney a.w. 1991.** Iron fortification of process Cheddar cheese. Journal



Annexes

Annexe 1



Organigramme générale de l'unité (L.F.B)

Annexe 2

10 à 15g du fromage à analyser

Quantité d'eau physiologique

Stérile=

La quantité d'échantillon $\times 9$



Homogénéisation



Solution mère 10^{-1}

Figure 02 : Schéma de la préparation de la solution mère

Annexe 3

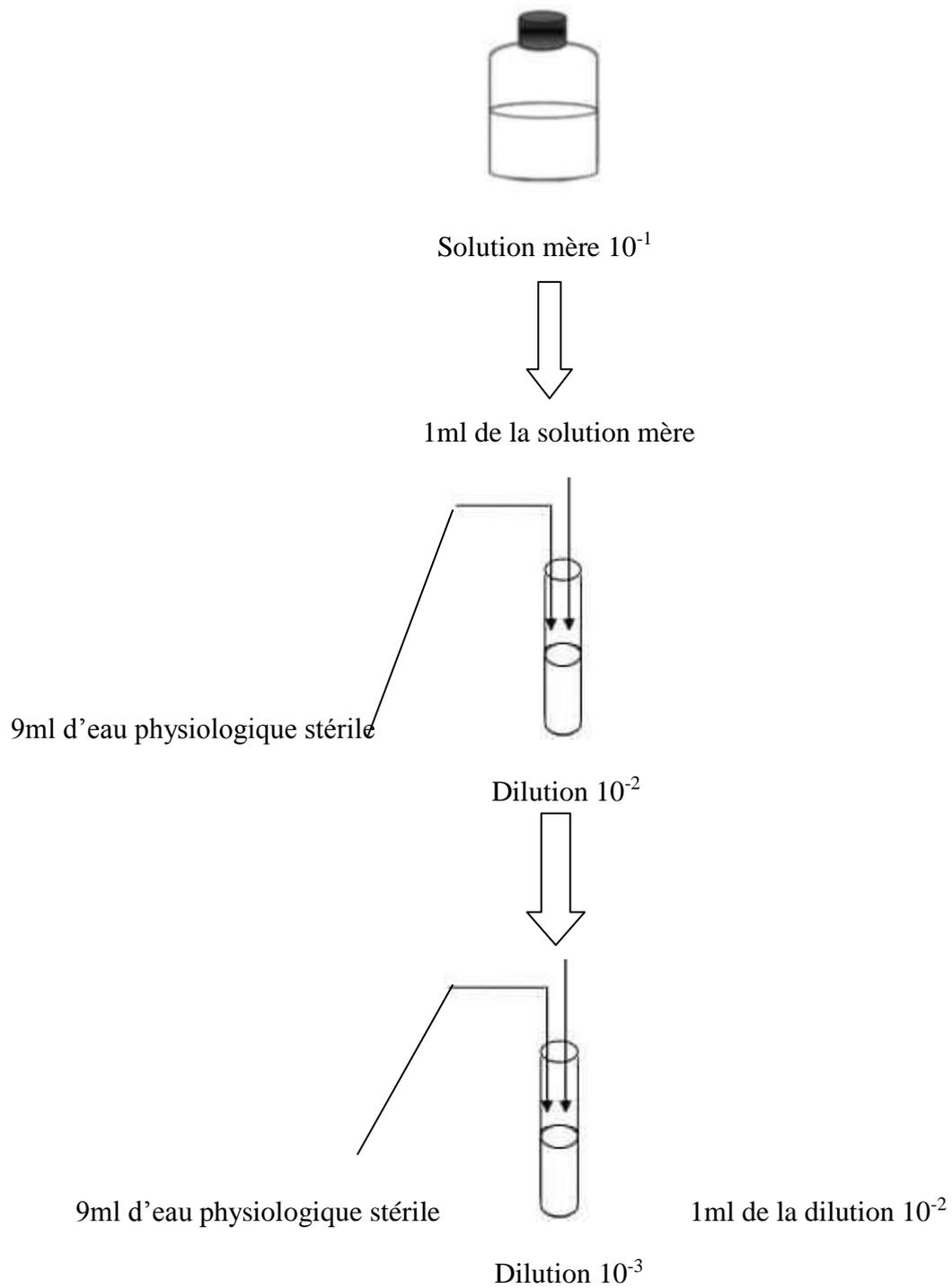


Figure 03 : Schéma de la préparation des dilutions décimales

Annexe 4

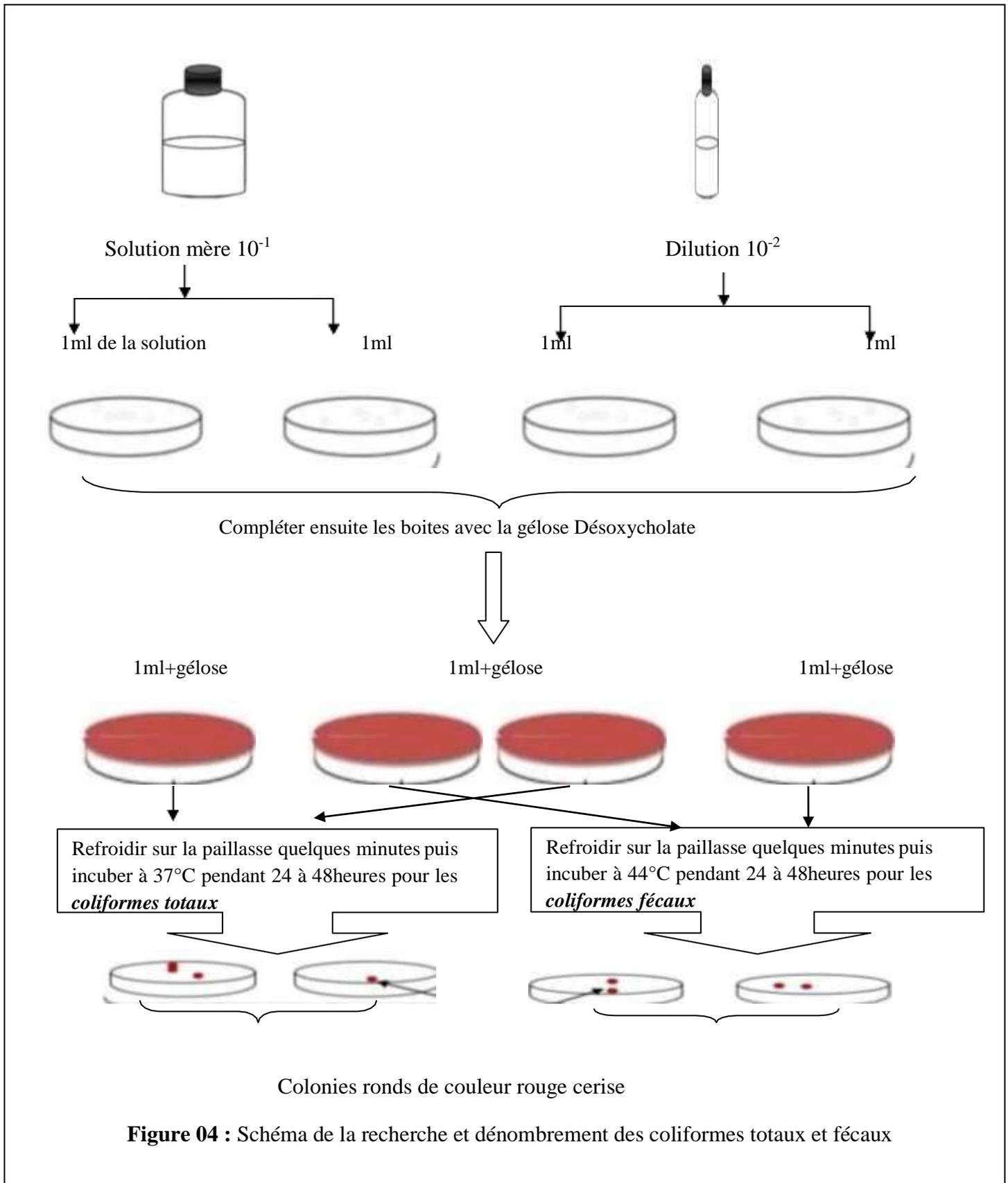


Figure 04 : Schéma de la recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Annexe 5

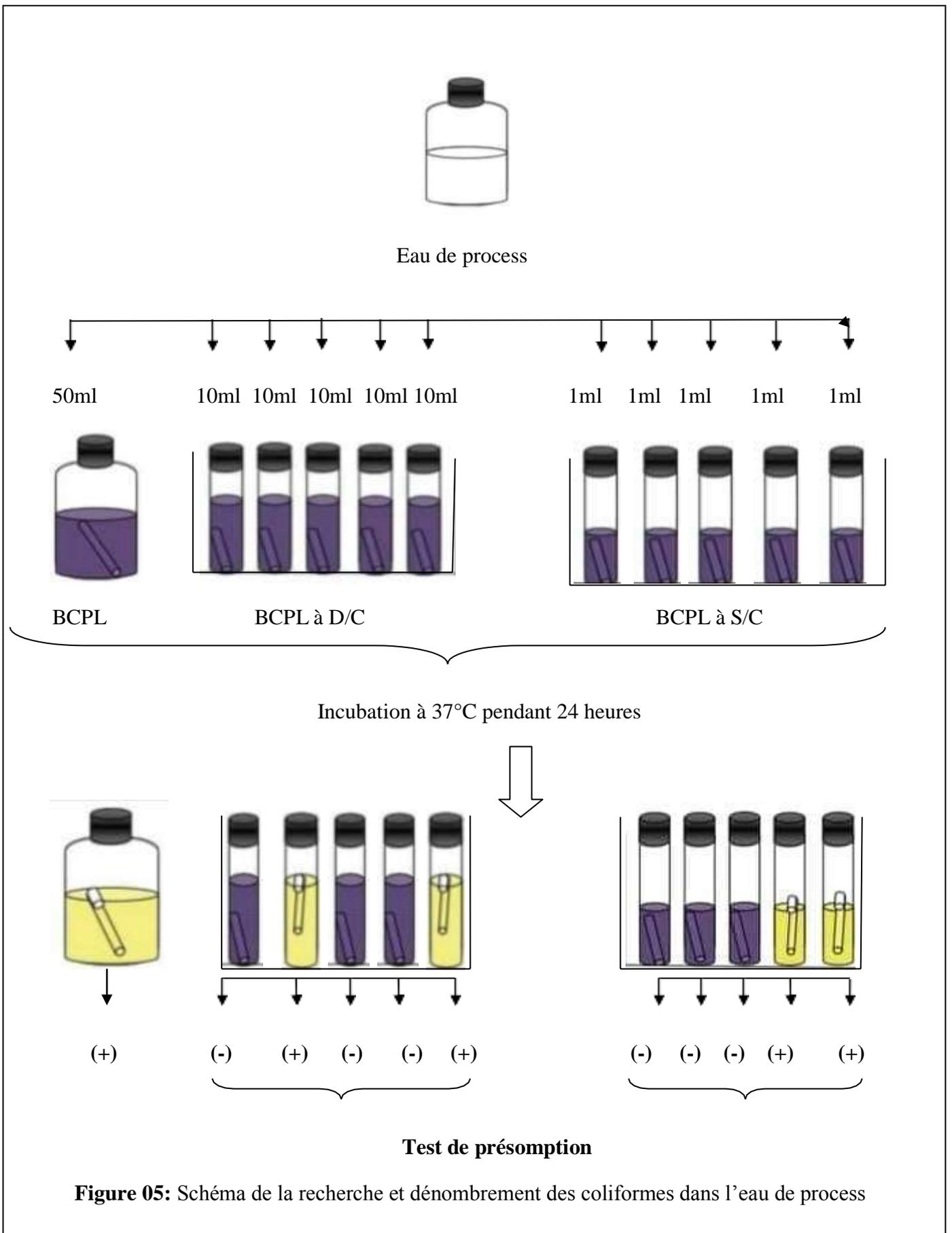


Figure 05: Schéma de la recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau de process

Annexe 6

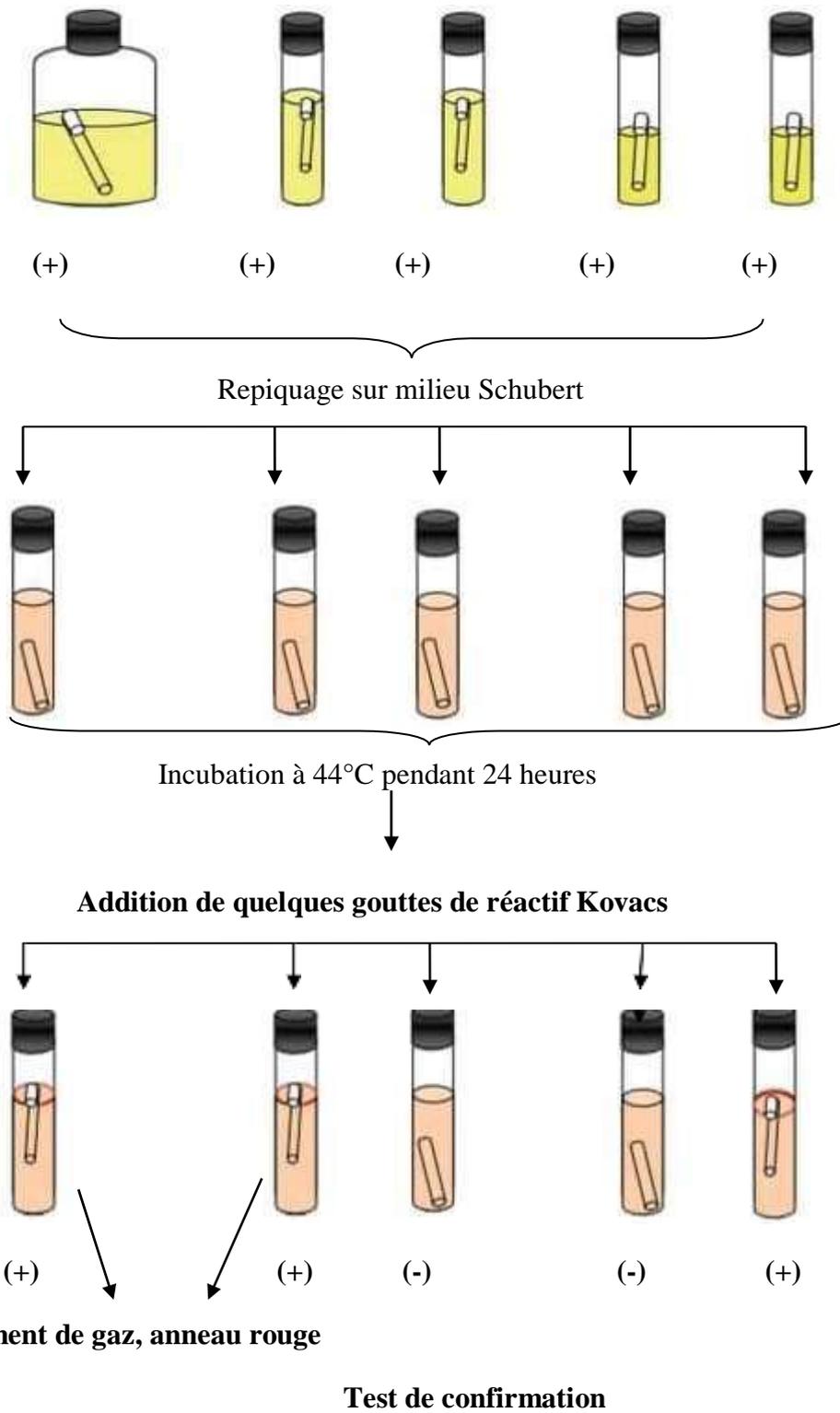
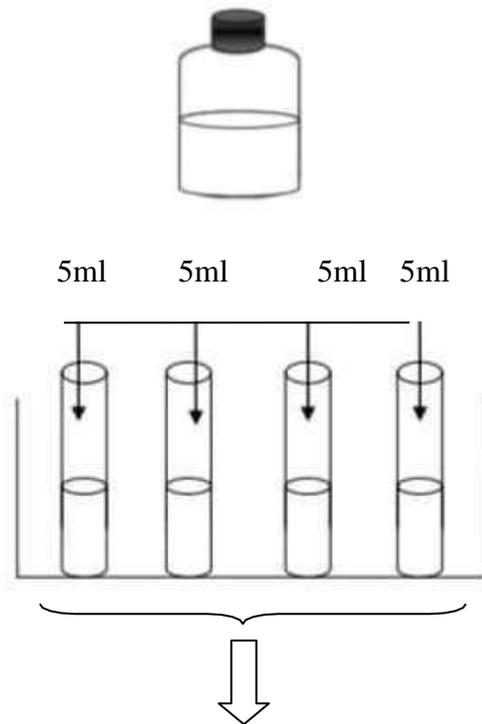


Figure 06 : schéma de la recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau de process

Annexe 7

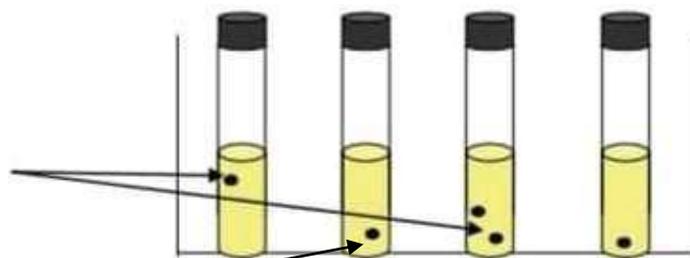


Introduire dans un bain marie à 80°C pendant 10 minutes , ensuite refroidir à l'eau de robe, puis

incuber à 37°C pendant 48 heures



Additionner le melieu Viande-foie sulfite citrate ferrique ,puis incuber à 37°C pendant 48h



Colonies noires

Figure 07 : Schéma de la recherche et dénombrement de Clostridium sulfito-réducteurs

Annexe 8

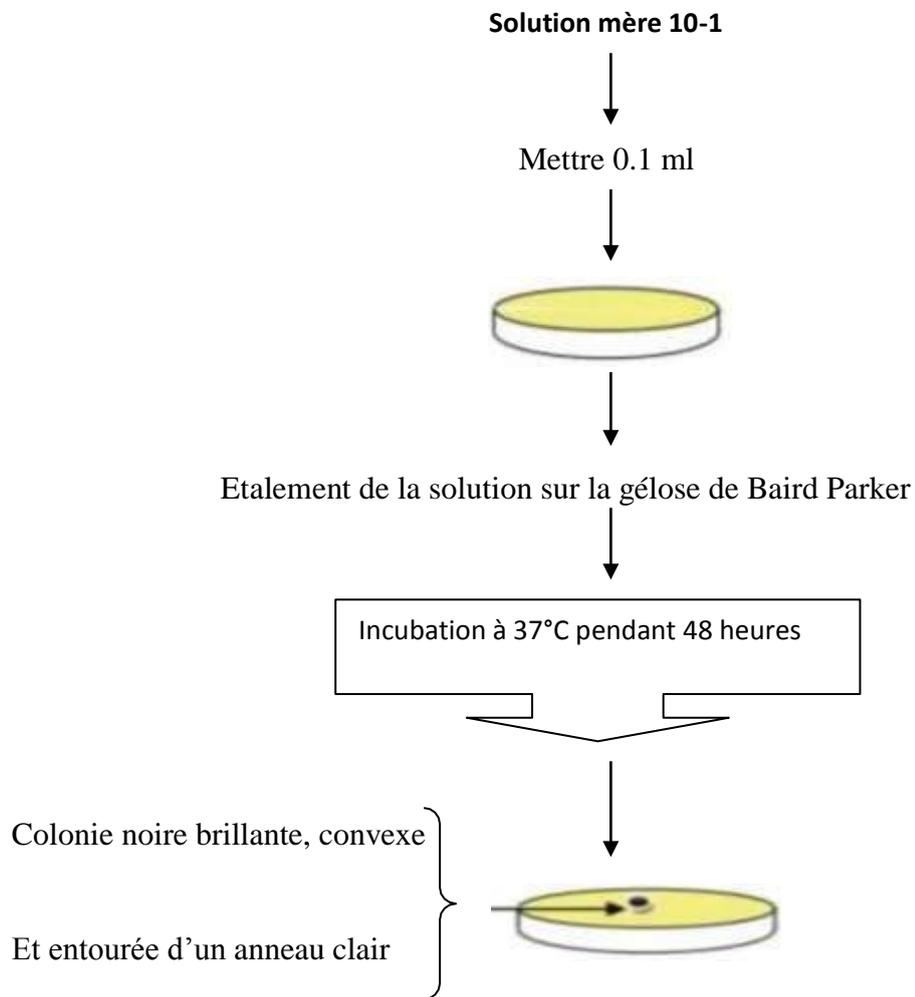


Figure 08/ Schéma de la recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*

Annexe 9

Composition des milieux de culture

Gélose viande foie

Bouillon	
VF.....	100ml
Glucose.....	2g
Sulfate de sodium	7g
Citrate de sodium.....	0,4g
Alun de fer d'ammonium	2g
Gélose.....	8g
Eau distillée.....	1000ml

PH=7.4

Gélose désoxycholate

Peptone.....	10g
Lactose.....	10g
Desoxycholate de sodium.....	1g
Chlorure de sodium.....	5g
Citrate de sodium.....	2g
Agar.....	12g
Rouge neutre.....	0,03g

PH=7.1

Milieu B.C.P.L à double concentration (D/C)

Extrait de viande de bœuf.....	6g
Peptone.....	10g
Lactose.....	10g
Pourpre de bromocrésol.....	0,05g
Eau distillée.....	

PH=6.7

Milieu B.C.P.L à simple concentration (S/C)

Extrait de viande de bœuf.....	3g
Peptone.....	5g
Lactose.....	5g
Pourpre de bromocrésol.....	0,025g
Eau distillée.....	1000g

PH=6.9

Milieu BP (Baird-Parker)

Peptone de caséine.....	10g
Extrait de viande de bœuf.....	5g
Extrait de levure.....	1g
Pyruvate de sodium.....	10g
Chlorure de lithium.....	5g
Glycocolle.....	12g
Agar.....	20g
Eau distillée.....	1000ml

PH =6.8

Eau physiologique

Chlorure de sodium.....	9g
Eau distillée.....	1000ml

PH=7.4

Annexe 10

Matériels et milieux de culture utilisés pour les analyses microbiologiques

✓ Matériels utilisés :

- Eprouvette graduées de 100 ml et 250 ml
- Coton
- Bain-marie
- Etuve à incubation à 30 C°,37 C°,44 C°
- Tube à essai en verre de 25ml
- Boite de pétris
- Bec benzène
- Pipette Pasteur
- Autoclave (FUNKE-GERBER)
- Agitateur à tige
- Flacon de verre de 500ml et de 250ml
- Pincés

✓ Milieu de culture :

- Gélose viande foie
- Gélose désoxycholate
- Milieu **B.C.P.L** à double concentration (D/C)
- Milieu **B.C.P.L** à simple concentration (S/C)
- Milieu **BP** (Baird-Parker)
- Eau physiologique

Annexe 11

Matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques

✓ Matériels utilisés :

- pH mètre (Funk Gerber)
- Dessiccateur (Analyseur d'humidité)
- Butyromètre à fromage (Van Gulik)
- Butyromètre à lait (Funk Gerber)
- Bain marie avec support pour Butyromètre à la température de $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (Guber)
- Thermomètre
- Centrifugeuse (Funk Gerber)
- Bêcher
- Agitateur magnétique (Rotamag N12 pro-labo)
- Burette graduée
- Barreau aimanté pour agitation
- Etaloir
- Pipette à lait de 11 ml , pipette de 10 ml
- Pipette permettant de délivrer 1 ml d'alcool amylique
- Coupelles aluminiums
- Papier buvard
- Seringue graduée
- Pipette pasteur

✓ Réactifs utilisés :

- Acide sulfurique $d = 1.522$
- Acide sulfurique concentré $d = 1.82 \pm 0.005$
- Alcool iso-amylique (Méthyle-3Butanol-1) $d = 0.813$
- Phénolphtaléine à 1 %.

- Acide CH_2SO_4 0.1 N. H_2SO_4 .
- Méthylorange.
- Hydroxyde de sodium 0.1N (NaOH).
- Solution Tampon.
- EDTA 0.01M.
- Bicarbonate de potassium (K_2CrO_4).
- Nitrate d'argent 0.1N (AgNO_3).
- Noir enriochrome trituré.

ملخص :

من خلال تحليل الجبن المذاب على مستوى ملبنة و مجبنة بودواو لاحظنا نوعية ميكروبيولوجية جيدة لغياب الجراثيم الممرضة (المكورات العنقودية والسالمونيلا) عصيات الكزاز المختزل لكبريت .
من ناحية اخرى التحاليل الفيزيوكيميائية (الحموضة المادة الجافة و المادة الدسمة) اظهرت ان كل الخواص هي في اتفاق مع افنور (1986)
نستخلص ان المنتج المخصص للاستهلاك ذو نوعية جيدة

فكاح الكلمات : الجبن المذاب المبستر , ثبات , نوعية ميكروبيولوجية التحاليل الفيزيوكيميائية

Summary:

The pasteurized cheese spread analyzed on the level of the unity cheese dairy of Boudouaou showed a good microbiological quality by the absence of all the photogénie germs (S.aureus) The indicators of fecal contamination such as: coliformes and clostridium sulfite- reducers .

In addition the physicochemical tests showed that all the physicochemical parameters (pH IS and MG) are in agreement with standard (AFNOR, 1986).

It is deduced that the product which is intended for the consumption is of a good quality.

Keywords: The pasteurized cheese spread, Stability, Microbiological quality, physicochemical tests, LFB.