

# République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Saad Dahleb –Blida 1



Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie

Département Agro –alimentaire

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master II en

**Spécialité:** Agro-Alimentaire et Contrôle de Qualité

**Filière :** Sciences Alimentaires

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Thème**

**Caractérisation physicochimique et microbiologique du  
fromage fondu, « Le Picon » de la fromagerie Bel Algérie**

**Présenter Par :**

**Boudene Elalia**

**Ammiche Yasmine**

**Devant le jury:**

AOUES Karima

MCA

USDB1

Présidente

AIT CHAOUCH Feriel

MCB

USDB1

Examinatrice

YEFSAH -IDRES Aicha

MCB

USDB1

Promotrice

**Année universitaire : 2019/2020**

# *Remerciement*

Nous remercions dieu le tout puissant, de nous avoir donné la force, la volonté et la patience nécessaire pour la réalisation de ce modeste travail, le fruit d'un labeur de longue années d'études.

Nos remerciements les plus respectueux vont à notre promotrice Madame YEFSAH- IDRES AICHA pour avoir accepté de nous encadrer et de nous suivre tout au long de la réalisation de ce mémoire. Nous vous remercions pour tout: votre générosité et la grande patience dont il a su faire preuve malgré ses charges professionnelles, votre gentillesse, votre disponibilité, vos conseils et surtout votre confiance qui nous a permis d'exprimer nos compétences durant ce travail.

Nos remerciements sont également adressés aux membres de Jury: Nos profonds remerciements à (Dr AOUES Karima) Maitre de à l'université Saad Dahleb Blida1 d'avoir accepté de juger mon travail en tant que présidente et (Dr AIT CHAOUCH Ferial), De bien vouloir évaluer et examiner mon mémoire.

Nous remercions également tous les enseignants de l'université Saad Dahleb Blida 1, plus particulièrement les enseignants de département Agroalimentaire pour leurs orientations et précieux conseils durant notre cursus.

Très nombreux sont les gens qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce travail. Tout en nous excusant auprès d'eux de ne pas les citer, nous leurs exprimons notre vive reconnaissance.

*Merci* 

# *Dédicace*

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail réalisé grâce à l'aide  
de dieu tout puissant.*

*Je dédie à toutes les personnes qui me sont chères,  
Spécialement à mon père Mohamed,*

*À qui je dois énormément, qui a cru en moi et qui m'a donné les moyens  
d'aller aussi loin, qui m'a beaucoup aidé dans ma vie et durant mes études.*

*Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon  
éducation et ma formation.*

*A ma très chère mère Melha,*

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le Symbole de la  
bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement  
qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta  
bénédictioin m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.*

*A mes chères frères: Fouad, Abdallah.*

*A mes chères sœurs: Sabrina, Djamila, Fatima.*

*A mes adorables amies avec qui j'ai partagé mes moments de joie et de  
bonheur plus particulièrement (Sabrina, Fethia bouchra, Asmaa B, Asmaa  
M, khawla, Nacira et bien sur mon binôme yasmine).*

*Sans oublier toute la promotion de technologie agroalimentaire et  
contrôle de qualité 2017-2018.*

*Dédicace est également faite à l'ensemble des personnes avec lesquelles je  
partage une estime réciproque et tous ceux que j'aime dans ce monde.*

***Elalia***





## *Dédicace*

*Avec l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :*

*A Mes très chers parents, mon père ALI et ma mère ELALIA {tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien être. J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi. Que dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie Inchallah}.*

*A mon cher frère : Abde Alkarim.*

*A mes chères sœurs : Sarah, Safaa, Nada.*

*A mes tantes et oncles (paternel, maternel) qui mon éclairé le chemin par leurs conseils judicieux.*

*A mes cousins et mes cousines*

*Je rends hommage a mon grand pers et ma grand-mère qui sont parti très tôt, vous me manqué terriblement malgré le temps passe mais les souvenirs ne s'efface pas je vous aime.*

*A Mes enseignants qui m'ont accompagné tout au long de mon cursus d'études, qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.*

*A ma binôme elalia et toute sa famille*

*A mes adorables amies avec qui j'ai partagé mes moments de joie et de bonheur plus particulièrement (Sabrina, Fethia bouchra, Asmaa B, Asmaa M, khawla, Nacira, Yasser, Khalil)*

*A tous mes amis de la section du master 2 (agroalimentaire et contrôle de qualité)*

*Enfin, à mes divers compagnons de route et à tous ceux qui m'ont si profondément aidée, je dédie ce travail.*

*Yasmine*

# *Résumé*

Le fromage fondu est un aliment énergétique riche en protéines, lipides et en minéraux. Il est hautement digestible et joue un rôle très important dans l'alimentation de tous les groupes d'âge. Il est obtenu à partir d'un mélange des fromages d'origine et de stade d'affinage différents avec des sels de fonte et éventuellement d'autres ingrédients.

Afin de vérifier si ce fromage fondu « Le Picon » fabriqué par la fromagerie bel Algérie est propre à la consommation et répondant aux exigences normatives, deux types d'analyses sont effectuées: physicochimiques à savoir: la matière grasse, l'extrait sec total, le pH, l'humidité, ainsi que l'évaluation hygiénique et sanitaires (les bactéries d'altération et les bactéries pathogènes).

Dans la présente étude, nous avons recherché comment contrôler et assurer la qualité du fromage « Le Picon » ainsi que les matières premières usagées pour sa fabrication: l'eau de process, la poudre de lait, le cheddar. Nous nous sommes arrivées à la conclusion que le produit fini fabriqué par la fromagerie bel Algérie est de très bonne qualité physicochimique et microbiologique. De ce fait il est conforme aux normes nationales et internationales.

**Mots clés:** Fromage fondu, Qualité physico-chimique, Qualité microbiologique.

## الملخص

الجبن المعالج غذاء غني بالطاقة، غني بالبروتينات و الدهون و المعادن. انه سهل الهضم و يلعب دور مهما جدا في النظام الغذائي لجميع الفئات العمرية يتم الحصول عليه من خليط من الجبن من مختلف المنشأ ومرحلة نضج مع ذوبان الأملاح وربما مكونات أخرى.

للتحقق من الجبن المطبوخ "Le Picon" المنتج في مصنع الجبن بيل الجزائر إذا كان مناسبًا للاستهلاك و يفي بالمتطلبات المعيارية ، يتم إجراء نوعين من التحليلات: فيزيائي-كيميائي ، وهي: الدهن ، المستخلص الجاف التقييم الكلي ودرجة الحموضة والرطوبة وكذلك التقييم الصحي (بكتيريا التلف و البكتيريا المسببة للأمراض).

في هذه الدراسة ، سعينا لإيجاد طرق لضبط وضمان جودة جبن "Le Picon" وكذلك المواد الخام المستخدمة في إنتاجه: المياه المعالجة ، مسحوق الحليب ، جبن الشيدر. لقد توصلنا إلى استنتاج مفاده أن المنتج النهائي الذي تنتجه شركة ألبان بيل الجزائر للجبن يتميز بجودة فيزيائية وكيميائية وميكروبيولوجية جيدة جدًا. لذلك فهو يتوافق مع المعايير الوطنية و الدولية.

**الكلمات المفتاحية:** الجبن المطبوخ ، الجودة الفيزيائية-الكيميائية ، الجودة الميكروبيولوجية.



# *Abstract*

Processed cheese is an energy food rich in proteins, lipids and minerals. It is highly digestible and plays a very important role in the diet of all age groups. It is obtained from a mixture of cheeses of different origin and ripening stage with melting salts and possibly other ingredients.

In order to check whether this "Le Picon" processed cheese produced by the bel Algeria cheese dairy is suitable for consumption and meets the normative requirements, two types of analyzes are carried out: physicochemical, namely: the fat, the total dry extract, pH, humidity, as well as hygienic and sanitary evaluation (spoilage bacteria and pathogenic bacteria).

In this study, we sought to find ways to control and ensure the quality of "Le Picon" cheese as well as the raw materials used for its production: process water, milk powder, cheddar cheese. We came to the conclusion that the finished product produced by the bel Algeria cheese dairy is of very good physicochemical and microbiological quality. It therefore complies with national and international standards.

**Keywords:** Processed cheese, Physico-chemical quality, Microbiological quality.

# *Table de matières*

*Remerciement*

*Dédicaces*

*Résumé*

*الملخص*

*Abstract*

*Table de matières*

*Liste des abréviations*

*Liste des tableaux*

*Liste des figures*

*Liste des annexes*

**Introduction.....1**

## **Partie 1: Synthèse bibliographique**

### **Chapitre I: Généralité sur le fromage**

I.1. Historique .....3

I.2. Situation économique de la filière fromagère .....3

I.2.1. La production du fromage .....5

I.3. Définition .....6

I.4. Composition nutritionnelle.....7

I.4.1. L'eau .....7

I.4.2. Protéines .....7

I.4.3. Lipides .....8

I.4.4. Glucides.....9

I.4.5. Minéraux .....9

I.4.6. Vitamines.....	10
I.5. Les différents types du fromage .....	12
I.5.1. Le fromage frais ou à pâte fraîche .....	12
I.5.2. Les fromages à pâte dure.....	12
I.5.3. Le fromage bleu ou à pâte persillée .....	13
I.5.4. Le fromage fondu.....	13
I.5.5. Les fromages à pâte pressée .....	13
I.5.6. Les fromages à pâte molle.....	14
I.5.7. Les fromages à pâte filées .....	15
I.6. Technologie de fabrication de fromagère.....	16

## **Chapitre II: Le Fromage Fondu**

II.1. Définition normative et réglementaire .....	17
II.2. Historique.....	17
II.3. Caractéristiques nutritionnelles de fromage fondu.....	18
II.3.1. La valeur nutritionnelle.....	18
II.3.2. La composition .....	18
II.4. Les variétés de présentation du fromage fondu.....	19
II.5. Technologie de fabrication du fromage fondu .....	20
II.5.1. Les matières premières utilisées dans la fabrication du fromage fondu .....	20
II.5.1.1. Les matières premières d'origine laitière.....	20
II.5.1.1. Les matières premières d'origine non laitière .....	22

II.5.2. Les principales étapes de la fabrication du fromage fondu.....	24
II.6. Défauts décelables lors de la fabrication .....	29
II.6.1. Les défauts d'origine physico-chimique .....	29
II.6.2. Les défauts d'origine microbiologique .....	30
III.6.3. Les défauts fonctionnels .....	30
II.7. Le fromage fondu et contrôle de la qualité .....	30
II.7.1. Le contrôle physico-chimique .....	31
II.7.2. Le contrôle microbiologique .....	31
II.7.3. Le contrôle organoleptique .....	31

## **Partie 2: Etude expérimentale**

### **Chapitre III: Matériel et Méthodes**

III.1. Présentation du groupe Bel.....	33
III.2. Matériels utilisées.....	34
III.2.1. Matériels biologiques.....	34
III.2.2. Matériel non biologique.....	34
III.3. Echantillonnage et méthodes de prélèvements pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques de la matière première.....	35
III.3.1. La poudre de lait.....	35
III.3.2. Le beurre.....	36
III.3.3. fromage de fonte (cheddar).....	36
III.3.4. L'eau.....	36
III.3.5. Produit fini (fromage fondu).....	36

III.4. Les analyses physicochimiques effectuées.....	36
III.4.1. Analyses physicochimiques des matières premières d'origine laitière utilisées dans la fabrication du fromage fondu.....	37
Détermination du pH.....	37
Détermination de l'extrait sec total « EST ».....	38
Détermination de la teneur en eau (humidité).....	39
Détermination de la matière grasse (MG).....	39
Détermination de la teneur en matière grasse dans la matière sèche (MG/MS).....	41
III.4.2. Analyses physicochimiques des matières premières d'origine non laitière utilisées dans la fabrication du fromage fondu.....	41
Détermination de pH.....	41
Détermination des ions chlore (chlorure).....	42
Détermination des titres alcalimétriques (TA /TAC).....	42
Détermination du titre hydrométrique (TH).....	44
III.6. Les analyses microbiologiques.....	46
III.6.1. Méthodes d'analyses microbiologiques.....	46
III.6.1.1 Préparation des solutions mères et des dilutions décimales.....	46
Cas des produits solides.....	46
Cas des produits liquides.....	46
Recherche et dénombrement des germes mésophiles totaux (GMT).....	46
Recherche des coliformes totaux sur milieu solide.....	48
Recherche des coliformes fécaux (E. coli).....	49

Recherche des coliformes sur milieu liquide.....	51
Recherche des Staphylococcus aureus.....	55
Recherche de Clostridium sulfito-réducteurs(CRS).....	57
Recherche des Salmonelles.....	60
Recherche des streptocoques fécaux.....	64

## **Chapitre IV: Résultats et Normes**

IV.1. Normes des paramètres physicochimiques et interprétations.....	67
IV.1.1. Matières premières d'origine laitière.....	67
IV.1.2. Matières premières d'origine non laitière.....	69
IV.2. Normes des paramètres microbiologiques.....	70
IV.2.1. Matière première d'origine laitière.....	71
IV.2.2. Matières premières d'origine non laitière.....	71
Conclusion.....	73
Références Bibliographique.....	74
Annexes.....	80



# *Liste des abréviations*

**AGS:** Acide Gras Saturé

**Apr. J-C:** Après Jésus-Christ

**Av. J-C:** Avant Jésus-Christ

**AW:** Activité de L'eau

**DLC:** Date Limite de Conservation

**D/C:** Double Concentration

**E. coli:** Escherichia Coli

**EDTA:** Ethylène Diamine Tétra Acétique

**EST:** Extrait Sec Totale

**FAO:** Food Agriculture Organisation

**GAMT:** Germe Aérobie Mésophile Totaux

**GEM RCN:** Groupe d'Etude des Marches de Restauration Collective et de Nutrition

**HACCP:** Hazzard Analysis Critical Contrôle Point

**H:** Humidité

**H<sup>+</sup>:** Ion d'hydrogène

**INRA:** Institution De La Recherche Agronomique

**JORF:** Journal Officielle de la République Française

**MADR:** Ministère De l'Agriculture et Du Développement Rural

**Max:** Maximum

**Min:** Minimum

**MG:** Matière Grasse

**NET:** Noir Erichrome T



**NPP:** Nombre le Plus Probable

**°C:**Degré Celsius

**OCDE:** Organisation De Coopération Et De Développement Economique

**°F:** Degré Français

**OMS:** Organisation Mondiale De Santé

**ONIL:** Office National Interprofessionnel Du Lait

**pH:** potentiel hydrogène

**PM:** Pâte Molle

**PP:** Pâte Persillé

**PPC:** Pâte Pressées Cuite

**PPNC:** Pâte Pressées Non Cuite

**RM:** Rouge de Méthyle

**SMP:** Skimmed Milk Powder

**S/C:** Simple Concentration

**S.M :** Solution Mère

**T:** Tonne

**TA:** Titre alcalimétrique

**TAC:** Titre Alcalimétrique Complet

**TH:** Titre Hydrométrique

**TSE:** Tryptone Sel Eau

**USA:** United State America

**VB:** Vert de Bromocrésol

**VRBL:** Lactosée Biliée Au Vert Brillant Et Au Rouge De Phénol

**VF:** Viande Foie

**WMP:** Whole Milk Powder

# *Liste des tableaux*

<b>Tableau N°01:</b> Evolution de la production nationale du lait cru de 2000 à 2007.....	5
<b>Tableau N°02:</b> Composition en acides aminés essentiels du lait et ces dérivées, comparaison avec la protéine de référence (mg/g d'azote).....	8
<b>Tableau N°03:</b> Teneur en calcium selon le type du fromage.....	10
<b>Tableau N°04:</b> Valeurs nutritionnelles moyennes des fromages.....	11
<b>Tableau N°05:</b> Composition de fromage fondu pour une portion de 100 g.....	18
<b>Tableau N°06:</b> Les matières premières utilisées dans la fabrication de fromage fondu « le Picon » et leur caractéristique.....	34
<b>Tableau N°07:</b> Normes des paramètres physicochimique selon <b>JORA, 1998</b> et <b>AFNOR, 1986</b> .....	67
<b>Tableau N°08:</b> Normes des paramètres physicochimique selon <b>AFNOR 1986</b> .....	69
<b>Tableau N°09:</b> Normes des paramètres microbiologique .....	71
<b>Tableau N°10:</b> Normes des paramètres microbiologique .....	71
<b>Tableau N°11:</b> Fiche synthétique de l'industrie « Fromagerie Bel Algérie ».....	81
<b>Tableau N°12:</b> Les analyses physico-chimiques qui doivent être effectuées.....	81
<b>Tableau N°13:</b> Les analyses microbiologique doit être effectuées.....	81
<b>Tableau N°14:</b> Les matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques.....	82
<b>Tableau N°15:</b> Les matériels utilisés pour les analyses microbiologiques.....	82
<b>Tableau N°16:</b> Table de Mac Grady pour dénombrements microbiens en milieu li liquide.....	83

# *Liste des annexes*

<b>Annexe I:</b> Présentation de l'entreprise Bel Algérie.....	80
<b>Annexe II:</b> Les analyses physicochimiques et microbiologiques qui doivent être effectuées....	81
<b>Annexe III:</b> Les matériels utilisés.....	82
<b>Annexes IV:</b> Table de Mac Grady pour dénombrements microbiens en milieu li liquide.....	83
<b>Annexe V:</b> Préparation de la solution mère et des dilutions décimales.....	84

# *Liste des figures*

<b>Figure N°01:</b> Exportation de poudre de lait vers l'Algérie (en millier de tonnes).....	4
<b>Figure N°02:</b> Répartition de la production mondiale du fromage.....	6
<b>Figure N°03:</b> Différentes types des fromages.....	12
<b>Figure N°04:</b> Diagramme des étapes générales des fabrications du fromage.....	16
<b>Figure N° 05:</b> Principales voies de fabrication du fromage fondu.....	28
<b>Figure N°06:</b> Schéma de la recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale....	48
<b>Figure N°07:</b> Schéma de la recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	50
<b>Figure N°08:</b> Schéma de la recherche et dénombrement des coliformes dans le milieu BCPL...	53
<b>Figure N°09:</b> Schéma de la recherche et dénombrement des coliformes dans le milieu Schubert.	54
<b>Figure N°10:</b> Schéma de la recherche et dénombrement des Staphylococcus aureus.....	56
<b>Figure N°11:</b> Schéma de la recherche des clostridium sulfite réducteurs.....	59
<b>Figure N° 12:</b> Schéma de la recherche et dénombrements des salmonelles.....	61
<b>Figure N°13:</b> Schéma de la recherche des streptocoques fécaux dans le milieu Rothe.....	63
<b>Figure N°14:</b> Schéma de la recherche des streptocoques fécaux dans le milieu Eva Litesky.....	64
<b>Figure N°15:</b> Carte de localisation de la fromagerie Bel Algérie.....	80
<b>Figure N°16:</b> Schéma de la préparation de la dilution mère.....	83



---

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

---

Le lait est un aliment de haute qualité nutritionnelle. Il occupe en effet, une place stratégique dans l'alimentation quotidienne de l'homme, aliment de choix. Par ailleurs, il constitue un produit difficile à conserver et très fragiles pour celui-ci il a été toujours transformé. En Algérie, comme dans beaucoup de pays du monde, le lait est transformé sous une forme qui permet de le conserver plus longtemps. Cette transformation se fait par l'intermédiaire des bactéries lactiques pour augmenter sa durée de conservation, l'homme depuis l'antiquité jusqu'à ce jour, travail sur sa fermentation et sa transformation en d'autres produits laitiers mieux conservés.

Le fromage présente l'un des premiers moyens de conservation du lait, aliment rapidement périssable (**Boutonnier, 2000**).

Les fromages sont des produits appréciables hautement nutritif avec de nombreuses goûts et consistance diverses. Le fromage peut être utilisé comme collation ou bien intégrer dans le cadre d'un plat cuisiné préemballé (**Yfarkye, 2004**). Ils constituent en effet, une source intéressante en éléments nutritifs (protéines, matières grasses, minéraux, vitamines...). En conséquence, ce dernier est un aliment évidemment assimilable, grâce à sa teneur intéressant en acide aminés essentiels. Par ailleurs, les protéines du fromage le rendent intéressant pour tous les groupements d'âge et confère à ce produit une valeur biologique extrêmement élevée.

Les fondamentaux dynamismes de la technologie fromagère sont l'économie, l'équipement, l'ingénierie, car le consommateur à des exigences vis à vis des normes réglementaires (**Yfarkye, 2004**). La participation de ces facteurs est mieux prise en considération par des étapes typiques de fabrication du fromage, qui comprend certains étapes dont l'une des plus importantes est la coagulation du lait à l'affinage en caves en passant par l'égouttage du caillé, son découpage, moulage, salage, etc (**Devuyst et al., 1972**).

Parmi les fromages les plus consommés dans l'univers et notamment en Algérie est le fromage fondu qui est le fromage le moins cher en Algérie, et le principal fromage produit dans le pays et largement consommé.

Il représente l'essentiel des ventes du fromage avec 79% des volumes globales de ventes et 74% de la valeur des ventes, il enregistre l'augmentation la plus importante en 2014 avec un volume de production de 84,600 tonnes et une valeur de production atteint 77,3 milliards de dinars, avec une consommation plus de 20.000 tonnes par ans (**Anonyme, 2015**).

C'est un fromage moderne dont le goût abordable et la présentation, souvent en portion individuelle, captivant un grand nombre de consommateurs à travers le monde d'entier, et spécialement les enfants (**Richonnet, 2016**).

Le fromage fondu, peut se conserver à température ambiante et n'a pas besoin d'une chaîne de froid. Selon la technologie mises en œuvre, il offre une grande praticité pour son utilisation (**Boudjerare et Messaoudi, 2018**).

Le fromage a une préservation beaucoup plus poussée des nutriments laitiers. Il est l'un des produits destiné à la consommation directe, c'est encore un type de fromage parfaitement adapté aux habitudes de consommation sous plusieurs variétés (tartenable, bloc, toastable, thermostable, et en coupe....).

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes intéressés au fromage fondu « le Picon » qui a été fabriqué par la fromagerie bel Algérie conditionné sous forme de portion, il constitue l'un des fromages les plus consommés en Algérie surtout au cours de ces dernières années. Nous avons proposés d'effectuer une étude caractéristique qui est représenté par des analyses physico-chimiques et microbiologiques de ce produit fini, ainsi que les matières premières qui le constituent.

La fromagerie se doit de respecter toutes les conditions sanitaires pendant les étapes de la fabrication (doit rester propre). Le contrôle des ingrédients et du produit fini doit être effectué soigneusement afin d'obtenir un produit conforme aux normes établies par la législation en vigueur.

# *Partie 1*

## *Synthèse bibliographique*



# CHAPITRE

*I*

---

**GÉNÉRALITÉ SUR LE FROMAGE**

---

## I. Généralités sur le fromage

### I.1. Historique

Non seulement le lait se consomme à l'état nature, il peut également subir différentes biotransformations qui contribuent à élargir considérablement ses qualités sensorielles et nutritionnelles. L'un des dérivés de ces transformations est le fromage, de l'ancien français «fromage» (du latin *formaticus*, c'est-à-dire fait dans une forme). La consommation du lait cru et de ses dérivés suscite de nombreuses questions au sein de la population (Nero et Carvalho, 2019). Le fromage est donc obtenu par la coagulation du lait traité thermiquement (pasteurisation ou stérilisation) ou non (lait cru) (Kongo et Malcata, 2016a).

La première occurrence de l'utilisation d'un fromage comme aliment est inconnue. Les ethnologues tiennent la preuve que l'homme connaît depuis longtemps le phénomène de coagulation du lait depuis la découverte, sur les rives du lac Neuchâtel, de moules à cailler datant de 5000 ans av. J.-C. Cependant, l'origine exacte de la transformation du lait en fromage est incertaine. On s'entend pour dire que le fromage serait originaire du sud-ouest asiatique et daterait d'environ 8000 ans. Les Romains auraient stimulé le développement de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 av. J.-C. et 300 apr. J.-C. Leur influence s'est reflétée dans l'étymologie: en effet, le mot latin *caeus*, signifiant fromage, est la racine qui donnera le mot caséine en français, nom qui désigne les protéines coagulables du lait (Vignola, 2002).

### I.2. Situation économique de la filière fromagère

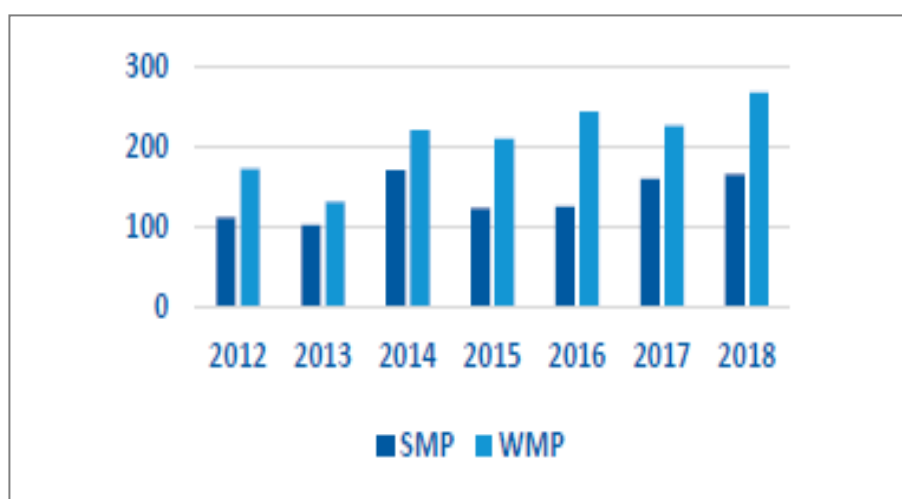
L'Algérie est un marché essentiel pour le secteur des produits laitiers, mais elle doit faire face à de nombreux défis en interne et sur la dispute internationale. En effet, elle consacre actuellement une partie de son budget à des subventions destinées à maintenir le prix des produits laitiers et d'autres articles d'alimentation de base à un niveau accessible pour ses consommateurs, alors que ses réserves fiscales ont été gravement diminuées par l'effondrement des cours du pétrole (Hoogwegt, 2019).

L'Algérie constitue le premier consommateur de lait au sein du grand Maghreb. Ainsi, la consommation est estimée à 147 équivalents lait par an par habitant, avec une consommation de fromages et des yaourts estimée à 5-6 Kg par an par habitant. Cependant, le consommateur

algérien reste loin derrière le consommateur Européen, qui consomme plus de 250 équivalents laits par an par habitant (FAO, 2016). Les produits laitiers représentaient environ 8 % des dépenses alimentaires moyennes par foyer, selon une étude menée en 2017 par l'Association des producteurs algériens de boissons lacté.

En 2018, l'Algérie se place au troisième rang mondial en matière d'importation de laits et produits laitiers. Selon des appréciations basées sur les statistiques communiquées par les exportateurs, ils représentent en effet, environ 16 % des importations alimentaires de l'Algérie en termes de valeur, après la Chine et le Mexique. L'Algérie est un marché majeur pour la poudre de lait entier et la poudre de lait écrémé, elle importe 267 000 tonnes de poudre de lait entier (WMP: Whole Milk Powder) et 165 000 tonnes de poudre de lait écrémé (SMP: Skimmed Milk Powder), soit bien plus que les quantités moyennes des quatre dernières années (2013-2017) comme le montre la figure 1. Si l'Union européenne représente généralement la majorité du commerce de poudre de lait écrémé avec l'Algérie, le marché de la poudre de lait entier est réparti entre des exportateurs de Nouvelle-Zélande, d'Amérique latine et d'Europe.

Des droits d'importation à hauteur de 5 % sont appliqués sur les poudres de lait, mais ils sont de 30 % pour le fromage. Les importations des produits laitiers sont strictement règlementées. Elles sont partagées entre des acheteurs privés titulaires d'une licence d'une part, et l'*Office national interprofessionnel du lait* (ONIL, l'agence d'achat du gouvernement) d'autre part, qui représente 40 à 50 % des importations (Hoogwegt, 2019).



**Figure N°01:** Exportation de poudre de lait vers l'Algérie (en millier de tonnes) (Globe Trade Tracker, 2019).

Les capacités de production industrielle de lait et produits laitiers ont connu une moyenne expansion depuis les premières années 2000, en passant de 1.5 milliard de litre en 2000 à 2.2 milliards de litres équivalent-lait en 2007 (**Tableau 1**). Malgré l'accroissement enregistré durant la période 2000-2007, la production laitière nationale est restée faible car l'évolution de la production de lait cru n'a pas suivi celle des capacités de transformation dans l'industrie laitières (**Kali et al., 2017**).

**Tableau N°01:** Evolution de la production nationale du lait cru de 2000 à 2007 (**MADR, 2007**).

Désignation	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>Production nationale (10<sup>6</sup> litres)</b>	1550	1637	1544	1610	1915	2092	2244	2185

### I.2.1. La production du fromage

Il en existe peu de fromages typiquement algériens. Ces derniers sont estimés à 100 000 tonnes par an sur le marché. La production locale est représentée essentiellement par le fromage fondu (80-90 000 t/an), le fromage à pâte molle de type Camembert-Brie (7-8 000 t/an) et les fromages type petits suisses nature ou aromatisés (6-7 000 t/an). Par ailleurs, La production de fromage à pâtes pressées est faible (2000 t/an) et se développe lentement par manque de lait et de tradition.

Les principaux producteurs de fromages à pâtes molles en Algérie sont représentés par *Beni Tamou*(Président), *Safilait*, *Sidi Saada* (Trèfle). Par contre les producteurs de fromages frais sont *Lactalis*, *Soummam*, *Danone* et *Hodna*.

La vache quirit est le leader incontesté du marché des fondus devant Algérie Crème/La Jeune Vache, Priplait/ Ikil, Falait/Tartino, Goumidi-O'Kids, Lactalis/Alvita,... Parallèlement, l'Algérie importe 6000 t/an de Maasdam (portionné et emballé en Algérie), 3 000 t/an de Kiri venant de Pologne, et très peu de spécialités de France, du Danemark et d'Italie (**Recham, 2015**).

Ces dernières décennies, la production de fromages est en constante augmentation, tant à l'échelle mondiale qu'europpéenne. Située à peu près de 21,3 Millions de tonnes en 2013 enregistrant ainsi une croissance annuelle moyenne de l'ordre de plus (2%) depuis l'année 2000.

Le fromage à base de lait de vache représente 94% de la production, le lait de brebis (3%), le lait de chèvre (2%) et le lait de bufflonne (1%) (FAO, 2013).

L'Europe (figure 2), est le principal producteur avec 50% de la production suivi par l'Amérique du Nord qui en réalise 27%. En termes de pays, les 4 principaux producteurs mondiaux de fromages sont (FAO, 2013).

- Les Etats Unis : 5,4 Millions de tonnes.
- L'Allemagne : 2,2 Millions de tonnes.
- La France : 1,9 Millions de tonnes.
- L'Italie : 1,2 Millions de tonnes.

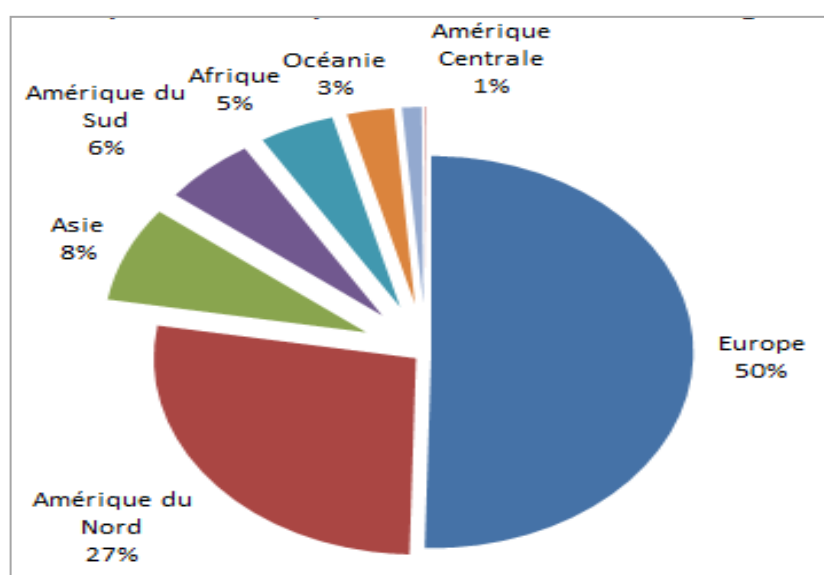


Figure N°02: Répartition de la production mondiale du fromage (FAO, 2013).

### I.3. Définition

Le fromage est une création de l'homme destinée à assurer la conservation du lait à long terme et d'en différer la consommation dans le temps et constituer aussi des réserves alimentaires (Ramet, 1993). Cependant, le fromage est un produit laitier «vivant» qui offre une stabilité relative et variable (Richonnet, 2016).

Selon le **Décret 88.1206 du 30 Décembre 1988**, La dénomination "fromage" est réservée au produit fermentés ou non, affinés ou non, obtenu à partir des matières exclusivement laitières (lait, lait partiellement ou totalement écrémé, babeurre) utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la phase aqueuse.

La teneur minimale de la matière sèche du produit ainsi défini doit être de 23(g) par 100(g) de fromage (bien que pour des produits maigres de type pâte fraîche, elle soit inférieure à 13%), sauf le fromage blanc 10 à 15g/100g (**JORF, 2007**).

#### **I.4. Composition nutritionnelle**

Les fromages représentent un groupe alimentaire très hétérogène dont la constitution est très variable selon la qualité de la matière première utilisée, ou selon la technique de fabrication. La composition des fromages sont dues aux constituants énergétiques tels que les protéines, les sels minéraux, les vitamines, l'eau et les lipides.

##### **I.4.1. L'eau**

L'activité de l'eau (AW) d'un aliment est un indicateur de sa stabilité donc c'est un facteur déterminant la durée de conservation d'un fromage. Selon la quantité retenue dans le caillé, l'eau à une incidence directe sur la fermeté du fromage, donc sur la texture.

La teneur en humidité des fromages peut être un moyen de classer les fromages. Une pâte molle peut contenir plus de 50% d'eau, une pâte semi-ferme, entre 45% et 50%, tandis qu'une pâte ferme en aura entre 35% et 45%. Cette eau est essentielle aux microorganismes et influence leur croissance et, par le fait même, la vitesse de fermentation et d'affinage (**Vignola, 2002**).

##### **I.4.2. Protéines**

Les fromages contiennent de 10à30% de protéine selon leur mode de fabrication et le type de fromage obtenu, ce sont les aliments les plus riches en protéine, en particulière les fromages à pâtes pressée dont la teneur en protéines (30%) dépasse celle de la viande (20%). Ces protéines proviennent de la caséine modifiée dont, au cours de l'affinage, une partie importante (entre 20% et 30% selon les fromages) se trouve dégradée et solubilisée en oligopeptides et acides aminés sous l'influence d'une série d'enzymes. Différentes selon la microflore, ce qui confère au fromage sa texture et sa saveur. Du fait de cette protéolyse les protéines du fromage sont aisément digestible.

Outre sa teneur élevée en protéine, la haute valeur biologique extrêmement du fromage lui est conférée par sa composition en acides aminés essentiels très intéressante sur le plan nutritionnel (**Eck et Gillis, 1997**).

**Tableau N°02:** Composition en acides aminés essentiels du lait et ces dérivées, comparaison avec la protéine de référence (mg/g d'azote) (**Eck et Gillis, 1997**).

	Lait	Fromage frais	pâte molle (camembert)	pâte pressée (emmental)	Protéine de référence
<b>Isoleucine</b>	295	370	339	342	250
<b>Leucine</b>	596	706	661	672	440
<b>Lysine</b>	487	502	553	571	340
<b>Méthionine</b>	208	278	215	254	220
<b>Phénylalanine</b>	633	796	682	758	380
<b>Thréonine</b>	278	289	257	280	250
<b>Tryptophane</b>	88	76	77	94	60
<b>Valine</b>	362	511	494	540	310

#### I.4.3. Lipides

Les graisses existent dans lait comme les petits globules entourés par des protéines, sa quantité dépend de la race, stade de lactation et le régime alimentaire de la vache (**Fredot, 2005**).

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. Au cours de la maturation se produit, sous l'influence de lipases microbiennes, une lipolyse limitée avec formation d'acides gras libres par exemple qui va de 0,25% de la matière grasse dans le camembert frais à 6,4% dans le camembert très affiné. Certains des acides gras obtenus par lipolyse contribuent au développement de l'arôme. Les lipides de lait (triglycérides, phosphoglycérides, sphingolipides) se trouvent dans le fromage sous forme émulsifiée, ce qui les rend plus digestibles (**Eck et Gillis, 1997**).

La teneur en lipides des fromages est indiquée en fonction du poids total du produit fini ; plus le produit est riche en eau, plus il est pauvre en matières grasses (MG). Leur teneur en MG est variable suivant le taux de MG du lait utilisé ou de l'enrichissement en crème: elle varie de 0 à 30 g/ 100 g (**Lucie, 2013**).

La réglementation française précédemment en vigueur (**décret du 30 décembre 1988**) exigeait que la teneur en matière grasse des fromages soit exprimée en pourcentage par rapport à

l'extrait sec (MG/ES) c'est à dire la matière fromagère restant après complète déshydratation du produit.

#### **I.4.4. Glucides**

Le lactose est quasiment absent dans les fromages fermentés compte tenu du process de fabrication, celui-ci étant transformé en acide lactique par la fermentation obtenue des ferments lactiques (**Schlienger, 2014**).

Les fromages affinés ont une teneur nulle en glucides car ils sont utilisés par les bactéries lors de l'affinage. Les fromages frais et fondus ont teneur faible en lactose: 4g max/100g (**Lucie, 2013**).

#### **I.4.5. Minéraux**

La composition minérale d'un fromage dépend étroitement des paramètres technologiques mis en œuvre pour l'obtenir; les teneurs en calcium et phosphate ainsi que le rapport de ces deux éléments permettent de caractériser un très grand nombre de variétés. Les taux de calcium, magnésium et phosphates inorganiques associés aux protéines et peptides pour déterminer les caractéristiques rhéologiques du fromage (**Eck et Gillis, 1997**).

Les éléments minéraux des fromages représentent les facteurs nutritionnels les plus intéressants parmi les on distingue:

##### **I.4.5.1. Calcium**

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium. Toutefois, le taux de calcium varie en fonction de la teneur en eau et du mode de fabrication.

On note une bonne constance des teneurs en calcium pour les fromages à pâte pressée, par contre, parmi les fromages à pâte molle, on constate une grande variabilité, en particulier pour le camembert dont la teneur en calcium varie selon la marque de 200 à 700mg par 100g d'après (**Guegen, 1979**).

Le même auteur à proposer une classification approximative des fromages en fonction de leur teneur en calcium en mg/100g. Le tableau 3, nous renseigne sur la teneur en calcium selon le type du fromage (**Guegen, 1979**).

Tout comme le calcium du lait, le calcium des fromages est bien assimilé par l'organisme humain en raison des proportions respectives de calcium et de phosphore qu'ils apportent et de la



présence concomitante de protéines qui en favorisent l'absorption intestinal (**Eck et Gillis, 1997**).

**Tableau N°03:** Teneur en calcium selon le type du fromage (**Guegen, 1979**).

Type du fromage	La teneur en calcium (mg/100g)
Fromage fondu	500 à 700
Fromage frais	60 à 100
Fromage à pâte molles à croûte lavée	400 à 800
Fromage à pâte molles à croûte fleurie	200 à 500
Fromage à pâtes pressées cuites	1000 à 1200
Fromage à pâte pressées	600 à 900
Fromage de la chèvre	100 à 300

#### I.4.5.2. Sodium

Le sodium est un nutriment à contrôler, notamment pour le jeune enfant, car il a besoin de 4 fois de sel que l'adulte. Mais il reste un élément indispensable au fromage car il contribue à son goût, sa texture, sa fabrication en favorisant la croissance d'une bonne flore microbienne (**Lucie, 2013**). De plus l'utilisation de sodium reste nécessaire pour la conservation des fromages (limiter la prolifération de certaine moisissure indésirable et régler l'humidité du caillé) (**Eck et Gillis, 1997**).

30 à 16000mg/100g 30mg/100g pour les fromages frais si naturels.

200 à 1600mg/100g: pour les fromages fermentés (**Lucie, 2013**).

**Remarque:** 2 pincées de sel = 1g de sel (ou chlorure de sodium) = 400mg de sodium.

#### I.4.6. Vitamines

Les vitamines liposolubles (essentiellement A et D, accessoirement vitamine E) sont apportés par les lipides, laquelle peut varier de 0% dans certains fromages frais à 70% dans les produits enrichis en crème (**Eck et Gillis, 1997**). L'espèce animale (vache, chèvre) constitue un

facteur de variation important des teneurs du fromage en micronutriments liposolubles, en particulier  $\beta$ -carotène (vitamine A) l'absence totale dans le fromage au lait de chèvre, à l'inverse de ceux au lait de vache, Des teneurs plus importantes en vitamines (A et E) (Lucas et al., 2006).

Les vitamines hydrosolubles, celle-ci varie considérablement selon le fromage elle est le résultat de deux facteurs opposés : la perte au moment de l'égouttage (25% de groupe B et que la vitamine C est intégralement éliminées), et l'enrichissement en cours d'affinage. En compensation, les microflores bactériennes et fongiques synthétisent plusieurs vitamines du groupe B (riboflavine, acide pantothénique, pyridoxine, acide folique, et parfois aussi en thiamine et vitamine B<sub>12</sub> (Eck et Gillis, 1997). Le tableau 4 nous montre les valeurs nutritionnelles moyennes des fromages selon Richonnet en (2016).

**Tableau N°04:** valeurs nutritionnelles moyennes des fromages (Richonnet, 2016).

composition fromage	Matière sèche%	Protéines (g/100g)	Lipides (g/100g)	AGS (g/100g)	Lactose (g/100g)	Sodium (g/100g)	Calcium (g/100g)
	Frais	40	10	17	12	3	520
PM	50	22	20-26	13-17	0.4	560	460-590
PPC	65	30	28	17.6	Traces	417	766
PPNC	60	22-27	28	18	Traces	320-511	500-760
PP	60	19	29	19	Traces	1260	543

### I.5. Les différents types du fromage

La classification est basée sur le mode de fabrication, la variété des produits obtenus, ont conduit les spécialistes à des classifications usuelles comme le montre la figure 3.



Figure N°03: Différentes types des fromages (Anonyme, 2020).

#### I.5.1. Le fromage frais ou à pâte fraîche

Le terme de fromage frais ou pâte fraîche est attribuées à une catégorie de fromages caractérisés par un certain nombre de particularité technologique qui leur confèrent leur originalité (Ramet, 1993). Est un fromage non affiné qui, lorsqu'il est fermenté, a subi une fermentation principalement lactique, ou bien obtenus par action de la présure (Georges et Vincent, 2009).

Sont des fromages particuliers qui bénéficient de plus de souplesse en termes de minimum de matière sèche. Ils se reconnaissent par l'absence de croûte, par leur haute teneur en humidité (60 à 86 %) (Eck et Gillis, 1997).

#### I.5.2. Les fromages à pâte dure

Leur teneur en extrait sec (64 à 72 %) et leur durée de conservation pouvant atteindre 2 à 3 ans en font de véritables fromage de garde. Les principaux représentants sont le parmesan, l'asiago en Italie, le sbrinz en suisse. Leur technologie se rapproche de celle des fromages à pâte

pressée cuite: le tranchage est poussé (grains de 0.2à0.3cm), et le brassage est effectué à chaud pendant 1 à 2 h avec une montée en température à 55-58 °C, ce qui permet d'atteindre l'extrait sec recherché. La croûte est sèche et brossé régulièrement, parfois huilée (**Mahaut, et al., 2003**).

### **I.5.3. Le fromage bleu ou à pâte persillée**

La catégorie des fromages à pâtes persillé caractérisée par un développement interne de la moisissure bleu (*Penicillium roqueforti*). Leur nombre assez restreint est issue principalement de la transformation du lait de vache, du lait de brebis et de bufflesse, rarement de chèvre (**Eck et Gillis, 1997**).

La dénomination «**bleu**» est réservée à un fromage affiné, à pâte légèrement salée, éventuellement malaxée et persillée en raison de la présence de moisissures internes de couleur bleu-vert à blanc-gris (**Georges et Vincent, 2009**).

### **I.5.4. Le fromage fondu**

Est un produit obtenu par le mélange de fromages de différentes origines et à différentes stades de maturité avec des sels de fonte (l'acide citrique, le citrate de sodium, poly phosphates et ortho phosphates de sodium) sont autorisées dans la limites de 3% du poids du produit fini (**Mahaut, et al., 2003**). Ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel et agitation constante jusqu'à l'obtention d'une masse homogène qui est conditionnées dans un emballage protecteur. On peut ajoutée d'autres matière première d'origine laitières (beurre, poudre de lait..) ou incorporer des ingrédients aromatiques (**Eck et Gillis, 1997**).

### **I.5.5. Les fromages à pâte pressée**

Le fromage à pâte pressée désigne un ensemble des fromages très variés dans leurs compositions, leurs formats et leurs aspects extérieurs.

Il s'agit des fromages dont le caillé est pressé après soutirage, puis mis à l'affinage (**Georges et Vincent, 2009**).

#### **I.5.5.1. Les fromages à pâte pressée non cuite (PPNC)**

Ce sont des fromages dont le mélange caillé-sérum peut être chauffé pendant moins d'une heure (**Eck et Gillis, 1997**). Mais à une température inférieure à 50°C et dont le caillé est pressé

après soutirage-moulage. Sa croûte dure cache une pâte souple à la saveur subtile, qui se marie aux salades et préparations chaudes.

La grande majorité des membres de cette famille ont un taux de matière grasse de 45%. Parmi les exceptions notables: la tomme de Savoie qui varie de 20 à 40% de MG, le fromage des Pyrénées 50% de MG (**Georges et Vincent, 2009**).

#### **I.5.5.2. Les fromages à pâte pressée cuite (PPC)**

Ce sont des fromages à pâte pressée dont le caillé a subi un chauffage supérieur ou égal à 50°C au moment de son tranchage (**Georges et Vincent, 2009**).

Les fromages à pâte pressée cuite proviennent généralement du lait de vache qui subit un découpage du caillé, brassage et pression (**Guiraud, 2003**). Ils ont une teneur minimale en MG respectivement de 45% pour le Comté et l'Emmental, de 47% pour le Gruyère, et de 48% pour le Beaufort. La teneur minimale en matière sèche pour 100g de fromage est de 60g pour l'Emmental, 61g pour le Beaufort et 62g pour le Gruyère et le Comté. Sa saveur fruitée révèle une maturation lente et longue (**Georges et Vincent, 2009**).

#### **I.5.6. Les fromages à pâte molle**

Les fromages à pâte molle sont des fromages affinés ou non ayant éventuellement subi, indépendamment de la fermentation lactique, d'autres fermentations, et dont la pâte n'est ni cuite ni pressée.

Ils sont le plus souvent élaborés à partir de lait de vache pasteurisé (**Georges et Vincent, 2009**)

##### **I.5.6.1. Les fromages à pâtes molle croûte fleurie**

L'expression à croûte fleurie s'applique à un fromage dont la croûte est couverte de moisissures (notamment *Penicillium*) qui lui donne un aspect duveteux blanc (**Georges et Vincent, 2009**). Onctueux sans être coulant, cette croûte fleurie est comestible mais devrait être enlevée si son goût est trop prononcé (**Eck et Gillis, 1997**).

##### **I.5.6.2. Les fromages à pâte molle croûte lavée**

Sont des fromages soumis au cours de l'affinage à des lavages de saumure légère et brossage qui ont pour but de maintenir l'humidité, la souplesse de la pâte et de la croûte et d'éliminer certains ferments et le développement d'un goût prononcé. Ces fromages sont placés

en atmosphère humide, près de 90% d'humidité, et à une T° entre 12 et 15°C (**Eck et Gillis, 1997**).

La plupart des fromages de pâtes molles à croûte lavée sont ceux dont la teneur en matière grasse est importante, rarement inférieure à 45% sur extrait sec (**Georges et Vincent, 2009**).

#### **I.5.7. Les fromages à pâte filées**

Ce sont des fromages d'origine italienne de type pasta filata comme la mozzarella ou le provolone. Ils présentent une grande analogie avec la fabrication des pâtes pressées jusqu'à la fin du brassage en cuve. Après soutirage du lactosérum, les grains sont alors pressés et laissés au repos pendant 3 à 8 h, et un pH de 5,15 à 5,20 est nécessaire pour avoir un bon filage.

Ensuite le caillé est découpé en lamelles. Celles-ci sont alors immergées dans l'eau ou le lactosérum à 70-85°C pendant 10 à 20 min afin de favoriser l'élasticité et le filage. Il faut noter que le conditionnement est varié: il peut être sous forme de balle, de cylindre ou de disque (**Mahaut, et al., 2003**).

## I.6. Technologie de fabrication fromagère

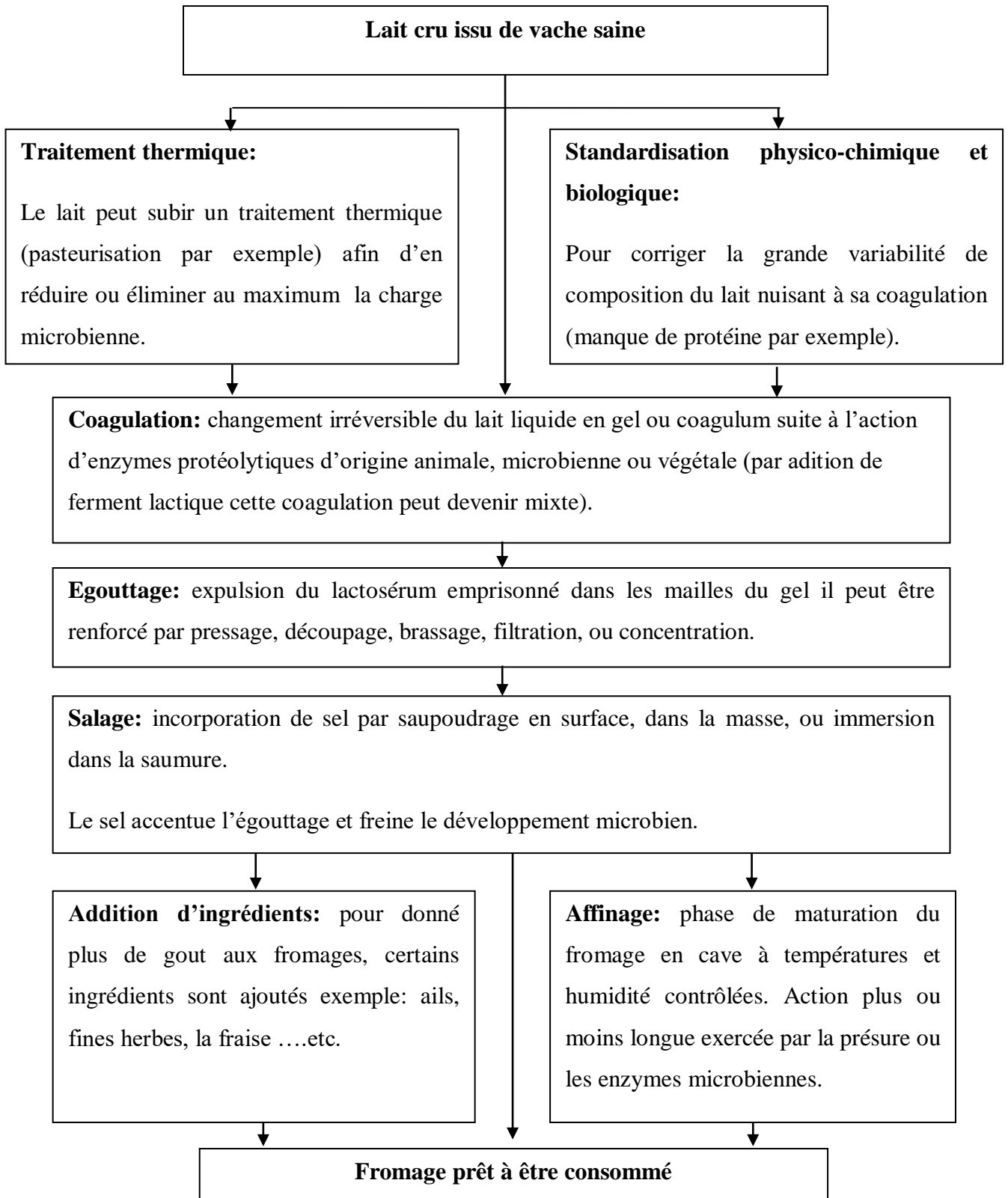


Figure N°04: Diagramme des étapes générales des fabrications du fromage selon Mahaut et al., 2003).

# CHAPITRE

# *II*

---

## **FROMAGE FONDU**

---



## II. Le fromage fondu

### II.1. Définition normative et réglementaire

Les fromages fondus sont des produits laitiers obtenus à partir de fromage selon la description de Codex Stan 283-1978, avec ou sans ajout d'autres matières premières et d'ingrédients autorisés, par fonte et émulsification du mélange, sous l'action de la chaleur et par utilisation de sels émulsifiants (ou de fonte) dans un mélange homogène, pour produire une émulsion homogène, lisse et stable. Le changement des techniques de transformation et de la composition entraînent des textures différentes allant de filant, tartinable, semi-solide à tranchable, thermostable (**Codex alimentaire, 2015**).

Sur le plan réglementaire la dénomination «fromage fondu» est réservée au produit obtenu par la fonte et l'émulsification, à l'aide de la chaleur (à une température d'au moins 70°C pendant 30s ou toute autre combinaison équivalente), ou d'un mélange de fromage affinés ou non, additionné éventuellement d'autres produits laitiers. Compte tenu de la diversité des ingrédients autorisés, les fromages fondus fabriqués peuvent ainsi présenter des caractéristiques gustatives et fonctionnelles extrêmement variées. Selon **Roussel, (2014)**, le fromage fondu est un produit particulièrement intéressant au regard de la formulation et des procédés.

Les normes établies en 1978 par le *Codex Alimentarius*, ont été révoquées en 2010, les réglementations existantes sont donc nationales. En France, le décret n°2013-1010, entré en vigueur le 1<sup>ère</sup> janvier 2014, a précisé et modifié le précédent décret n°2007-628. Ces décrets définissent l'attribution de la dénomination «fromage fondu» aux produits obtenus par la fonte et l'émulsification, à l'aide de la chaleur, de fromage ou d'un mélange de fromages, éventuellement additionnés d'autres produits laitiers. Lorsque le fromage fondu est constitué d'un fromage spécifique, défini dans une norme, à 50 % du poids total des matières premières laitières utilisées, celui-ci peut porter le nom de ce fromage, accompagné de la dénomination «fondu».

### II.2. Historique

Les premiers essais de fonte, en vue d'obtenir un fromage de longue conservation ont eu lieu en Allemagne en 1890 à partir de fromages à pâte molle. La technique de fonte ultérieurement été perfectionnée pour être applicable aux fromages à pâte pressée et en 1911, la société Gerber commercialisa en Suisse le 1<sup>ère</sup> fromage fondu à base d'emmental. Les dernières

années de la Grande Guerre marquent le début de l'industrialisation des fromages fondus et la 1<sup>ère</sup> usine européenne fut montée à Dôle en 1917 (Richonnet, 2016).

### II.3. Caractéristiques nutritionnelles de fromage fondu

#### II.3.1. La valeur nutritionnelle

Le fromage fondu comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Il apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire. C'est un excellent moyen d'apporter à notre corps tous les nutriments nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux, et vitamines). Comme tous les produits laitiers c'est une source importante de protéine et de calcium. En outre la présence de la matière grasse sous forme bien émulsionnée et des protéines finement dispersées lui confèrent une efficacité nutritionnelle (digestibilité) (Chérifi et Riane, 2017).

#### II.3.2. La composition

**Le fromage fondu se compose de plusieurs éléments cités dans le tableau N°05**

**Tableau N°05:** Composition de fromage fondu pour une portion de 100 g (Anonyme, 1)

Les éléments nutritifs	La composition moyenne
Protéines	24.73
Lipides	25.01
Glucides	2.1
Cendres	5.85
Energie (Kcal)	334
Alcool	0
Eau	42.31
Fibres	0
Acide alpha-linolénique	0.28
Acide eicosapentanoïque	0

#### II.4. Les variétés de présentation du fromage fondu

Les fromages fondus portant un ou plusieurs noms de variétés ont des fromages fondus, tel que définis précédemment. Ils sont caractérisés en effet, par l'utilisation en cours de fabrication d'une ou de plusieurs variétés de fromage figurant dans leur nom (cheddar, l'emmental, gruyère.....) (**Codex alimentaire, 2015**).

Selon les produits issus de la fonte de fromages peuvent être regroupés en cinq familles, classées par un ordre chronologique d'apparition sur le marché mondiale.

##### ➤ Fromage fondu (Bloc)

C'est le plus ancien des fromages fondus. L'extrait sec totale est relativement élevé dans le rapport matière grasse/matière sèche (MG/ES). Il a une consistance ferme et une bonne élasticité résultant d'un traitement thermique adéquat.

Le traitement thermique appliqué est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée et plus de stabilité. Le bloc est obtenu par le moulage dans l'emballage formé préalablement. Il est fondu partiellement ou totalement avec le citrate de sodium (**Chambre et Daurelles, 1997**).

##### ➤ Fromage fondu (Coupe)

Moins consistant que le «bloc» mais non tartinable, il contient 3 à 4 points de moins de matière sèche (MS) que le précédent, qui le rend plus agréable à la dégustation (**Chambre et Daurelles, 1997**). L'élasticité parfois recherchée n'est pas toujours souhaitable en raison de la formation de fils qui rendent le conditionnement délicat (**Boutonnier, 2000**).

##### ➤ Fromage fondu (Tartinable)

Grâce à un processus de crémage ajusté, aromatisés avec des inclusions (épices, graines, herbe.....), conditionnés en emballages souple (portions individuelles principalement sous film aluminium) ou rigides (pot et barquettes de formes diverses) (**Chambre et Daurelles, 1997**).

##### ➤ Fromage fondu (Toastable)

Originaire d'Amérique du Nord, destinés à la refonte rapidement sans carbonisation superficielle (**Boutonnier, 2000**). Ils se présentent sous forme de tranches qui sont obtenus en

forme des bandes qui seront découpées et ensuite emballées, adaptées à une mise en œuvre culinaire (dans les hamburgers, croque-monsieur.....) (**Chambre et Daurelles, 1997**).

➤ **Fromage fondu (Thermostable)**

Il subit alors un crémage très poussé pour ne pas fondre lorsqu'on le soumet à la chaleur, et les blocs obtenus sont découpés puis incorporés dans les plats cuisinés (**Boutonnier, 2000**), on la retrouve notamment sous forme d'un cube dans les plats asiatiques par exemple (**Chambre et Daurelles, 1997**).

## **II.5. Technologie de fabrication du fromage fondu**

### **II.5.1. Les matières premières utilisées dans la fabrication du fromage fondu**

Les matières premières (MP) utilisées dans la fabrication des fromages fondus se distinguent en trois catégories: Catégorie «a» représente les fromages; Catégorie «b» c'est des produits laitiers riches en matière grasse (par exemple, beurre, huile de beurre, crème, crème en poudre.....); Catégorie «c» est représentée par: lait et produits laitiers autres que ceux mentionnés ci-dessus (par exemple, laits concentrés, babeurre, laits en poudre, protéines de lait, poudres de lactosérum, lactose....) (**Codex alimentaire, 2015**).

La production de fromage fondu exige la présence des matières premières d'origine laitière et non laitières.

#### **II.5.1.1. Les matières premières d'origine laitière**

➤ **Le fromage**

Le fondeur (fabricant de fromage fondu) utilisera principalement des pâtes pressées (cheddar, gouda...) ou pâtes pressées cuites (emmental, gruyère, comté...) pour leur aptitude à la fonte liée à leur minéralisation importante, mais des fromages à pâte molle, à croûte fleurie ou fromages blancs peuvent aussi être utilisés ou ajoutés au mélange, pour leurs attributs organoleptiques. Tous ces fromages peuvent être au lait de vache mais aussi de chèvre ou de brebis (**Richonnet, 2016**).

Dans certains pays, la fabrication du fromage fondu est faite à partir d'une seule variété de fromage à différents degrés d'affinage, parmi les plus utilisés, nous observons;

- Le cheddar aux USA, et en Australie.
- Le gruyère et la mozzarella aux USA et au Canada.
- L'emmental en Europe occidentale.

Il faut savoir qu'il est impossible de fabriquer de bons fromages fondus avec de mauvaises matières premières fromagères. Le fromage destiné à la fonte est choisi dont les critères suivants: le type, la saveur, la maturité, la composition, la texture, le pH et enfin, le prix (**Luquet, 1985**).

#### ➤ **La poudre de lait**

La poudre de lait 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. On répartit les poudres de lait en trois groupes: poudre de lait entier (26% de MG), poudre de lait demi entier (22% de MG) et poudre de lait écrémée (0% de MG). Le lactose contenu dans la poudre de lait favorise normalement l'épaississement de la consistance, pour des raisons de goût, la teneur en lactose du produit fini ne doit pas être supérieure à 4% pour la fabrication de fromage fondu en blocs (**Vignola, 2002**).

#### ➤ **La préfonte**

Il s'agit de fromage déjà fondu qui résulte de la récupération de la pâte contenue dans différents endroits du circuit de la production (**Boutonnier, 2000**).

C'est un régulateur du processus de fonte se justifie surtout dans le cas de fabrication des produits tartinables et son taux d'incorporation varie de 2 à 10 % en masse selon la nature des matières premières mises en œuvre et le type de texture recherché pour les produits finis (**Patart, 1987**).

#### ➤ **Beurre**

L'incorporation de ces composants gras pour équilibrer les formulations en matière grasse, et fabriquer des fromages fondus à apport élevé en MG/ES, lui confère des qualités

organoleptiques (texture, goût...) notamment aromatiques agréables. Elle se fait essentiellement sous forme de beurre, de crème, de matière grasse laitière anhydride...

La qualité des MG laitières mise en œuvre est importante pour éviter l'apparition de défauts tels que les « off flavors » liés à l'oxydation (**Luquet, 1985**).

❖ En outre des fromages..., d'autres matières premières laitières sont utilisées pour assurer la stabilité de l'émulsion et donc du fromage fondu, des concentrés protéiques laitiers, des caséines ou des protéines de sérum peuvent être ajoutées pour ajuster la teneur en protéines (**Richonnet, 2016**).

### II.5.1.2. Matières premières d'origines non laitières

#### ➤ L'eau de procédé

Elle intervient comme matière première (MP). Elle constitue, l'un des paramètres physico-chimiques jouant un rôle déterminant dans la fabrication de tous les produits alimentaires, l'eau va solubiliser et disperser les protéines et émulsionner la matière grasse. Cette eau doit être exempte de micro-organismes et de contaminants chimiques (**German, 1976**).

La quantité d'eau nécessaire ou bien utilisée au cours de la fabrication de fromage fondu peut être calculée à partir de l'extrait sec de la matière première et de l'extrait sec du produit fini.

#### ➤ Les sels de fonte

Les sels de fonte ou les sels émulsifiants sont des additifs de base, employés dans la fabrication des fromages fondus. Ils agissent comme émulsifiants, permettant de donner au produit fini une texture homogène et coulante. Dans la pratique, le taux maximal de sels de fonte autorisé varie jusqu'à 3% dans la fabrication de fromage fondu (**Eck et Gillis, 1997**).

Les produits suivants, sont exclusivement les sels qui sont fournis aux « fondeurs » par l'industrie chimique:

- Les polyphosphates de sodium (E450).
- Les orthophosphates de sodium (E339).
- Le citrate de sodium (E331).

- L'acide citrique (E330).

## Sels de fonte: propriétés et risques

### ■ Les propriétés

- Contrairement aux sels de table qui sont utiles pour l'assaisonnement des aliments, les sels de fonte confèrent une texture homogène au fromage.

- Le fromage fondu est fabriquée à partir d'un ou de plusieurs fromages associées à divers ingrédient (épices, aromates, laits, sel, beurre...) incluant les sels de fonte. Ces diverses composantes sont mélangées aromatisées, puis fondus.

- La présence d'additifs alimentaire, notamment les sels de fonte, permettent la non-séparation des ingrédients après l'arrêt du mélange.

- Ils contribuent à la stabilisation de la matière grasse et favorisent une répartition homogène de celle-ci et des autres composants.

- Les protéines contenus dans le fromage se séparent les unes des autres et forment une émulsion avec l'eau et les matières grâce aux sels de fonte.

- Ces additifs homogénéisent la pâte et permettent d'obtenir une consistance lisse et homogène.

- Aussi, l'excellente conservation du fromage provient de l'action bactériostique des sels de fonte, et plus précisément des polyphosphates et du phosphate de potassium ou orthophosphates de potassium, qui empêchent la multiplication des germes (**Anonyme 2**).

### ■ Les risques

- L'incorporation des sels de fonte dans les aliments, conformément aux doses alimentaires, ne présente pas de péril pour la santé. Néanmoins, à haute dose, ces additifs alimentaires ne sont pas toujours inoffensifs.

- Certains en l'occurrence, les polyphosphates (E452), sont susceptibles de provoquer des dysfonctionnements au niveau du métabolisme. A très hautes concentrations, ils sont toxiques pour l'homme et peuvent troubler l'assimilation des sels minéraux.

- Des risques élevés d'apparition des pathologies osseuses ou néphrétiques, sont associés à un excès de phosphate de potassium (E340). Des douleurs abdominales, des vomissements et des

nausées peuvent être associés à la consommation de l'acide citrate de sodium (E331) (Anonyme 2).

✚ Si d'autres matières premières non laitières sont employées à des fins économiques ou nutritionnelles, comme des matières grasses végétales ou protéines végétales, le produit perd alors sa dénomination «fromage fondu» dans certains pays et notamment en France (Richonnet, 2016). Les protéines végétales (classiquement les protéines de soja), peuvent être utilisées pour des raisons culturelles ou économiques mais leur saveur particulière reste un frein à leur utilisation (Chaiti et Zermane, 2019). Elles peuvent être aussi employées des ingrédients d'aromatation d'origine animale (bœuf fumé, jambon, crustacés....) ou végétale (aromates, épices, fruits, légumes....), qui permettant aux fromages fondus d'être un des secteurs fromagères les plus variés et innovants, dans la limite d'utilisation de 30 % en poids du produit fini (Richonnet, 2016).

### II.5.2. Les principales étapes de la fabrication du fromage fondu

Les Principales voies de fabrication du fromage fondu sont représenté sur la figure N°05.

1. Préparation des matières premières.
2. Mélange, cuisson et fonte.
3. Stabilisation thermique de la pâte.
4. Crémage pour ajustement de la pâte.
5. Conditionnement (cas des portions individuelles).
6. Refroidissement.
7. Etiquetage.
8. Stockage et commercialisation.

#### II.5.2.1. Préparation des matières premières

Les différents ingrédients appropriés qui entrent dans la composition du fromage fondu sont préparés, pesés et fragmentés. L'écroûtage des fromages peut se faire par raclage, abrasion ou encore par jets d'eau ou de vapeur sous pression. Pour faciliter le mélange avec les autres



ingrédients et réduire le temps de fonte, les fromages de grand format à pâte dure et le beurre sont découpés à l'aide de lames ou de couteaux. Cette découpe grossière est suivie d'un broyage, car il est indispensable de dissocier finement ces derniers dans un appareil à double vis sans fin, qui conduit les morceaux vers une grille dont les perforations mesurent 2 à 10 mm de diamètre, pour obtenir un fromage fondu homogène (**Richonnet, 2016**).

#### **II.5.2.2. Mélange, cuisson et fonte**

Les ingrédients peuvent être mélangés dans un cutter-cuiseur, un pétrin-cuiseur ou un mélangeur en fonction de la taille de la ligne de production. À ce stade, de l'eau peut être ajoutée afin d'ajuster l'extrait sec, et donc la texture de la pâte.

Les sels de fonte sont également ajoutés à cette étape pour assurer l'homogénéité de la pâte en désagrégeant le système protéique et réorganisant les chaînes protéiques en présence d'eau, suivi d'une cuisson à une température d'au moins 70 °C pendant 30 s ou toute autre combinaison équivalente (**Richonnet, 2016**).

#### **II.5.2.3. Stabilisation thermique de la pâte**

Elle se fait par pasteurisation ou stérilisation (upérisation qui consiste en une injection de vapeur dans la pâte fondue liquide) à des températures qui s'échelonnent de 70 °C pour des produits finis à pouvoir de refonte élevé jusqu'à 140 °C, pour des fromages fondus tartinable, suivi d'un refroidissement par détente directe du mélange dans une cuve sous vide partiel (**Richonnet, 2016**).

#### **II.5.2.4. Crémage pour ajustement de la consistance**

Après la fonte et la stérilisation, la pâte a perdu sa texture. Pour obtenir une consistance tartinable, l'étape de crémage permet un épaissement du produit en contrôlant la gélification des protéines, c'est-à-dire leur restructuration partielle en réseau tridimensionnel. Elle est réalisée dans une cuve de crémage possédant un système d'agitation à 85°C pendant 10 à 20 min (**Richonnet, 2016**).

### II.5.2.5. Conditionnement (cas des portions individuelles)

Le conditionnement des portions de fromage fondu, s'effectue de manière entièrement automatisée à température de pasteurisation (entre 65 et 85 °C) maintenue de manière à éviter toute contamination microbiologique, dans une feuille d'aluminium vernissée sur les deux faces. La feuille est préformée par pression sur la machine sous forme d'une coquille qui après remplissage avec la pâte fondue, reçoit un couvercle avant l'accomplissement du scellage. Pour les tranches, c'est la méthode par injection de fromage fondu chaud dans un tuyau plastique, pressé à plat puis refroidi par immersion dans un bain d'eau glacée qui s'est généralisée aujourd'hui (Richonnet, 2016).

### II.5.2.6. Refroidissement

Le fromage fondu conditionné à chaud doit être refroidi rapidement afin d'éviter les risques de brunissement non enzymatique de la pâte dû aux réactions de Maillard, grâce à des tunnels de refroidissement qui se fait par circulation des produits sur des tapis à l'air ambiant mais les meilleurs résultats sont obtenus avec des tunnels de refroidissement. Le mode et le temps de cette phase varie selon le format, le type du produit et son système d'emballage. C'est dans cette phase que se produit la gélification (le réseau protéique va continuer sa structuration pour former un gel qui va enfermer la matière grasse émulsionnée et l'eau d'hydratation) (Richonnet, 2016).

### II.5.2.7. Etiquetage

Cette étape est nécessaire. Elle vient directement après l'étape de refroidissement. Selon (Bureau et Milton 1998 a), plusieurs notions doivent être mentionnées sur l'étiquetage :

- La dénomination de vente avec le mot «fromage de» est impérative.
- La date de fabrication, exprimée par la mention «fabriqué le.....» et la date limite de consommation annoncée par « a consommer avant 1e.....» ainsi que les conditions particulières de conservation(DLC).
- La liste des ingrédients. La teneur en MG, la quantité nette, le lieu de fabrication, la ration sociale de la fabrication et/ou du conditionneur et les colorants utilisés.
- La température de conservation (<+15°C).

Les notes d'étiquetage doivent être visibles lisibles et indélébiles. Elles sont écrites en langue nationale et, à titre supplémentaire, dans une autre langue (JORA, 1990).

**II.5.2.8. Stockage et commercialisation**

Le fromage fondu est apparenté aux conserves et semi-conserves. Sa durée de vie est de plusieurs mois à basse température, l'idéal se situe entre 8°C et 12°C.

- Il faut éviter l'écrasement par surplus et le mouillage.
- Il faut éviter aussi l'exposition au soleil et le stockage à des températures trop élevées.
- Eviter surtout le brusque changement de température, notamment le passage du froid au chaud, ce qui provoque des condensations dégradant spécialement les emballages en cartons (Ghezali et *al.*, 2016).

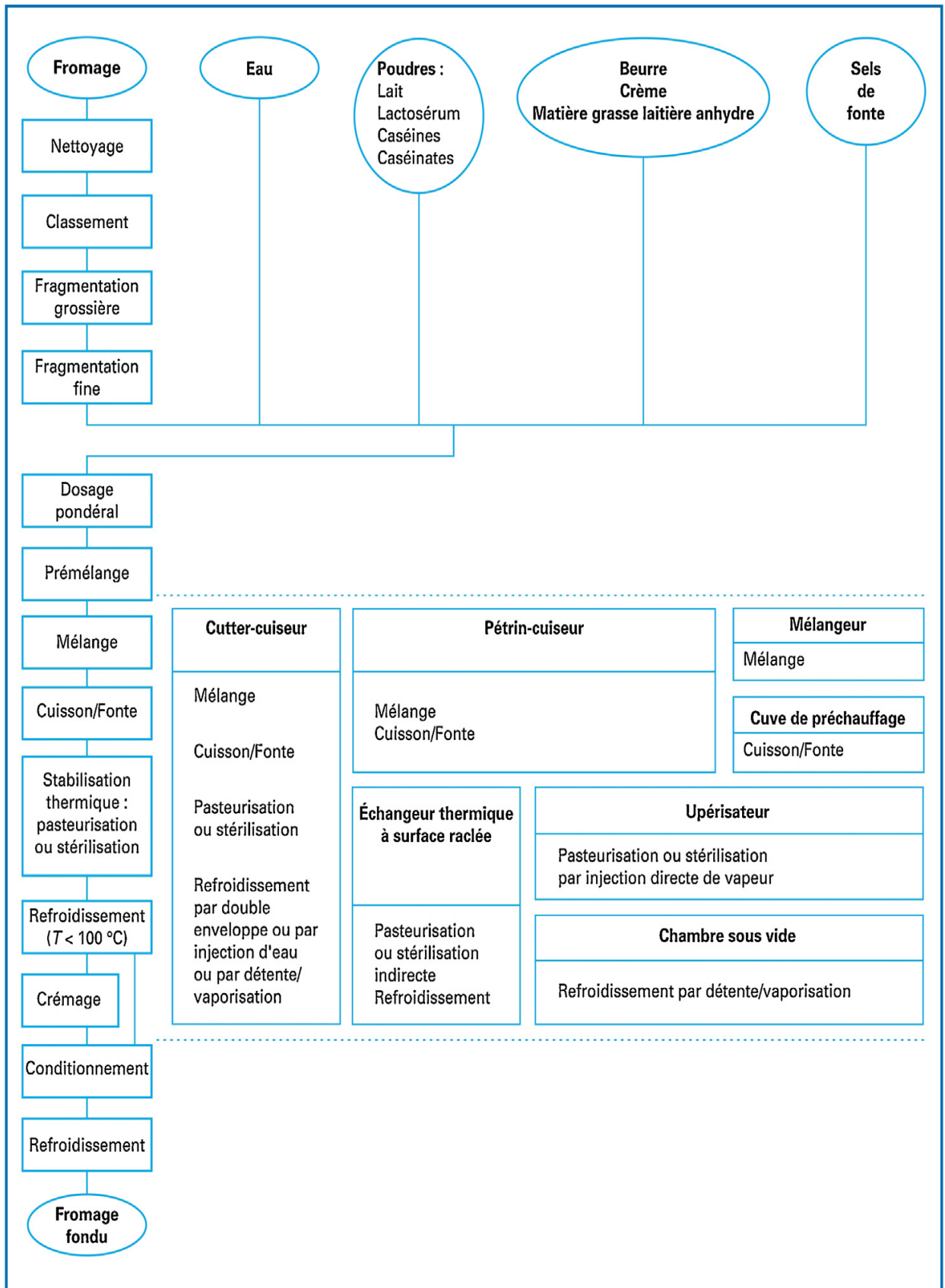


Figure N° 05: Principales voies de fabrication du fromage fondu (Richonnet, 2016).

## II.6. Défauts décelables lors de la fabrication

La qualité d'un fromage fondu est affectée par des facteurs liés à la formulation et au procédé de fabrication. C'est ainsi que de très légers écarts dans la mise en œuvre peuvent avoir des conséquences significatives. Celles-ci peuvent se traduire par la survenue de défauts observables d'étape de fonte ou après un certain temps de stockage. La nature des matières premières et les ingrédients sont la cause la plus fréquente de ces défauts. Les paramètres liés au procédé, notamment les éléments mécaniques, chimiques et thermiques, il ne faut pas oublier (**Roustel et Boutonnier, 2015**).

De nombreuses déficiences peuvent être décelées lors de la fabrication ou bien avant le conditionnement. Le fromage fondu peut présenter différents types de défauts (microbiens, chimiques, physiques, fonctionnels). Il est possible d'identifier les défauts suivant (**Thierry, 2012**).

### II.6.1. Les défauts d'origine physico-chimique

✚ La pâte peut présenter un aspect grumeleux (et se décolle des parois par morceaux): Ce défaut est souvent résultant d'une pâte trop acide, ou d'un processus de fonte partiel (manque de chauffage pendant le processus de fonte, dose insuffisante de sels de fonte).

✚ La pâte reste liquide : Ce défaut peut résulter de plusieurs facteurs, dont le manque d'aptitude à crémifier de la matière première, l'emploi d'un sel de fonte peu crémant, une teneur en eau trop élevée, l'emploi d'une préfonte non ajustée, une durée de fonte trop courte qui n'a pas permis une peptisation satisfaisante.

✚ La pâte destinée au fromage fondu à tartiner fait des fils: Ce défaut résulte principalement d'une interaction protéine-protéine très forte, l'effet d'un processus de fonte incomplet (dose insuffisante de sels de fonte ou de sels peu crémant, taux de cisaillement faible et limité dans le temps, matière première jeune et très minéralisée) (**Roustel et Boutonnier, 2015**).

✚ Off flavors: liés à l'oxydation de la matière grasse contenue dans le fromage tel que le beurre (**Luquet, 1985**).

✚ Brunissement non enzymatique de la pâte : dû aux réactions de Maillard (**Richonnet, 2016**) (lactose et acides aminés), habituellement lors de l'utilisation des fromages très jeunes ou des produits de lactosérum (**Chaiti et Zermane, 2019**).

### II.6.2. Les défauts d'origine microbiologique

Parmi les défauts les plus répandus d'origine microbienne:

✚ Présence d'ouvertures (trous dans la pâte du fromage fondu) due au développement bactérien (*Clostridium*, coliformes...), changements physiques (présence de l'air, CO<sub>2</sub> produit par le mélange du citrate) et changements chimiques (hydrogène résultant de la réaction entre le fromage fondu et le papier aluminium) (**Chaiti et Zermane, 2019**).

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

✚ Le fromage fondu peut être aussi recontaminé au moment du conditionnement (Coliformes, levures, moisissures) ou après conditionnement, par suite d'un défaut dans l'étanchéité de l'emballage (**Benamara, 2017**).

### II.6.3. Défaut fonctionnels

✚ Il existe d'autres défauts également tels les défauts fonctionnels qui peuvent être définis comme l'incapacité des fromages à présenter les propriétés d'usages pour lesquels ils ont été fabriqués. Ces défauts englobent leurs propriétés lors de leur découpe, fragmentation (fermeté, collant, texture friable ou fragile, etc..), leur comportement à la fonte (étalement, filant, coloration, exsudation de matière grasse...), et leur durée de conservation (**Roustel et Boutonnier, 2000**).

## II.7. Le fromage fondu et contrôle de la qualité

Les contrôles effectués dans les laboratoires au sein des industries ont pour but d'analyser les matières premières et les produits finis qui sont réalisées à chaque étape de la production afin de pouvoir corriger à n'importe quel moment s'il y a un problème (**Magri et al., 2016**).

Le contrôle du fromage fondu doit avoir pour objectif l'assurance de la qualité tant sur le plan physicochimique (le respect de la matière sèche, de la matière grasse, du poids net, du pH...) que bactériologique (la bonne manipulation, l'hygiène, le respect de la température.....).

### II.7.1. Le contrôle physico-chimique

Ces contrôles ont pour but de vérifier la qualité intrinsèque du fromage en se basant sur les mesures de certaines caractéristiques notamment l'extrait sec totale (EST), la matière grasse (MG), le rapport de la matière grasse sur l'extrait sec (MG/EST) et la mesure du pH....des matières premières usagées y compris le produit fini, pour la comparer aux normes exigées et en cas d'anomalie (les défauts décelables lors de la fabrication) faire une correction.

### II.7.2. Le contrôle microbiologique

La qualité microbiologique d'un produit alimentaire en globe deux aspects:

- La qualité hygiénique qui vise la santé de consommateur, cette qualité est refusable lorsque le produit contient de la toxine ou lorsqu'il présente des microorganismes pathogènes.
- La qualité marchande, strictement liée à la qualité sensorielle, elle est garantie lorsque le produit est exempt de tout micro-organisme d'altération (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

Ce type de contrôle vise:

- D'une part à vérifier l'absence des pathogènes et l'éventuelle présence de nombre limite de micro-organismes indicateurs d'hygiène.
- D'autre part à contrôler l'absence de germes ayant des incidences technologique défavorables (**Magri et al., 2016**).

Il s'agit des spores, des levures, ainsi des microorganismes tels que les coliformes, staphylocoques, salmonelles.

### II.7.3. Le contrôle organoleptique

Les caractéristiques organoleptiques sont un critère important d'acceptabilité de l'aliment pour le consommateur. L'aspect d'un fromage, sa couleur, son odeur, sa consistance, son goût, son parfum stimulent le sens de la vue de l'œil, de touchet, de l'odorat et du goût et provoquent des réactions plus ou moins vives de l'acceptation ou du rejet.

Les qualités organoleptique, physico-chimique et microbiologique des fromages fondus sont assurées par la mise en place de contrôles qualité sévère tout au long de la ligne de

production et dès l'amont, sur les matières premières. Le respect des conditions optimales au cours de différentes étapes de fabrication permet d'obtenir un produit de bonne conservation d'une durée comprise entre 06 mois et 1 an (**Richonnet, 2016**).

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 Control Point). Toutes les industries agroalimentaires mettent en place des plans HACCP qui visent à garantir la sécurité sanitaire des aliments telle que le fromage (**Zeller, 2005**).



# *Partie 2*

## *Etude expérimentale*

# CHAPITRE

*III*

---

**MATÉRIELS ET MÉTHODES**

---

### III.1. Présentation du groupe Bel

BEL est un groupe familial international d'origine français, spécialisé dans l'élaboration et la production de fromage. Il est présent dans plus de 120 pays à travers des marques mondiales comme la vache qui rit, Mini Babybel, Kiri, Leerdammer.... Le groupe embauche près de 9000 salariés animés par des valeurs partagées d'éthique, d'esprit d'innovation, d'enthousiasme, de compétences et de cohérence. Avec un chiffre d'affaires renforcé de plus de 2.2 milliard d'euros en 2008 et environ 80% des ventes en volume réalisées hors de France, Bel poursuit sa stratégie de croissance durable fondée sur une rentabilité et un leadership solide sur chacun de ses marchés.

Le début des Fromageries Bel remonte à 1865 par la création «des établissements de Jules Bel» En 1921, la fameuse « Vache Qui Rit » a vu le jour en déposant la marque. Dès lors le groupe a connu un véritable développement de son implantation géographique, et de ses résultats. Le groupe a adopté une politique basée sur la diversité des marques et sur la qualité des produits.

Actuellement, cette gigantesque fromagerie occupe le numéro 3 mondial des fromages de marque (plus de 25 marques présentent dans 130 pays) et le numéro 1 des fromages de marque en portions, et représente le premier producteur de fromage fondu en France et en Europe.

Bel Algérie a été créée en 2002 par action de droit algérien à capitaux privés détenue à 100 % par fromagerie Bel SPA France. En 2007 la production de la vache qui rit en a vu le jour sur le site de Koléa Tipaza (**Bel fromagerie, 2020**).

L'ensemble de notre travail est construit autour d'un type de fromage fondu « le Picon » fabriqué par l'entreprise Bel Algérie située dans la zone industrielle de route de Boufarik à Tipaza. Notre étude a pour objectif la caractérisation physico chimique et microbiologique de ce fromage fondu« le Picon ».

### III.2. Matériels utilisés

#### III.2.1. Matériels biologiques

Le matériel biologique comporte les différentes matières premières utilisées et le produit fini.

**Tableau N°06:** Les matières premières utilisées dans la fabrication de fromage fondu « le Picon » et leur caractéristique.

Matière première	Caractéristiques
<b>Poudre de lait</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poudre de lait (le taux de MG) 0%</li> <li>• Importée de l'étranger</li> <li>• Livrée à l'unité dans des sacs en papier de (25) Kg de poids net.</li> </ul>
<b>Beurre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importé de l'étranger</li> <li>• Conditionné en bloc (25) Kg dans un Réfrigéré dans des chambres</li> </ul>
<b>Cheddar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importé de l'étranger</li> <li>• Conditionné dans des sacs de 25 Kg</li> </ul>
<b>Sel de fonte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conditionné dans des sacs de 25 Kg</li> </ul>
<b>Eau de process</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eau de robinet</li> </ul>

#### III.2.2. Matériel non biologique

Le matériel non biologique est l'ensemble de matériels (verrerie) et les appareils de laboratoire utilisé dans cette étude, ainsi que les réactifs et les milieux de culture utilisés lors des analyses microbiologiques, physicochimiques (voir annexe III).

### III.3. Echantillonnage et méthodes de prélèvements pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques de la matière première

On procède généralement avant toute analyse alimentaire à un échantillonnage qui consiste à choisir un élément représentatif de l'ensemble.

Il est important que le laboratoire reçoive un échantillon réellement représentatif, non endommagé, ni modifié.

Conserver les échantillons pour essai à une température comprise entre 0 °C et 20 °C depuis l'échantillonnage jusqu'au début du mode opératoire. La composition des échantillons ne doit pas être affectée au cours de l'entreposage (**JORA n°25, 2014**).

L'échantillonnage est très intéressant pour obtenir des résultats analytiques valables. En effet, sa bonne mise en œuvre permettra d'obtenir une bonne représentativité de l'échantillon prélevé.

L'échantillonnage se fait selon une méthode appropriée.

Les prélèvements de la matière première doivent être effectués à partir du même lot, afin de garder les mêmes paramètres pour la réalisation d'essai.

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions de travail désinfecté avec des matériaux et des récipients immaculés et stériles, en utilisant un bec Benzène ou à alcool. Il faut éviter les courants d'air, les déplacements et discussions oiseux.

Afin d'évaluer la qualité de produit, réaliser aléatoirement 3 prélèvements pour chacune des matières premières utilisées ainsi que le produit fini.

#### III.3.1. La poudre de lait

Elle est conditionnée dans des sacs de 25 kg qui sont doublés ou triplés avec du papier kraft et fermés hermétiquement. Choisi aléatoirement de la palette de stockage en bois pour éviter le contact direct avec le sol, les prélèvements sont réalisés au hasard à l'aide d'une sonde de prélèvement stérile, et l'ouverture se fait par des ciseaux désinfectés.

Prélever environ 100g de poudre de lait à partir de trois niveaux (la surface, le milieu et le fond du sac). La poudre prélevée est disposée dans un bécher infertile, bien fermé.

**III.3.2. Le beurre**

Le prélèvement de beurre se fait à partir de 03 blocs de beurres de 25 Kg. Ces blocs doivent être choisis aléatoirement de la palette de stockage et l'ouverture de l'emballage est réalisée par un couteau stérilisé ainsi que les morceaux du beurre sont introduits aseptiquement dans un bécher stérilisé et bien fermé.

**III.3.3. fromage de fonte (cheddar)**

Le prélèvement s'effectue dans les mêmes conditions que celle réalisée lors du prélèvement de lait en poudre et à l'aide d'une sonde stérile de fromage à partir de la surface, milieu et le fond.

**III.3.4. L'eau**

L'eau de process est stockée dans des citernes d'une capacité de 20.000 litre. Prélever environ de 225 ml d'eau après bien se laver les mains et ne pas toucher l'intérieur du flacon ou du bouchon, notamment lors d'un prélèvement pour les analyses microbiologiques (respecter les règles d'asepsies).

Désinfecté le robinet c'est-à-dire l'extrémité des robinets qui doit être nettoyé convenablement et flambée.

Laisser couler les premiers jets d'eau quelques instants, remplie l'eau dans des flacons déjà stérilisée et bien fermés.

**III.3.5. Produit fini (fromage fondu)**

Il s'effectue directement en retirant aléatoirement du côté et de milieu le haut et le bas de la palette 03 boites de fromage de 08 portions et 16 portions.

**III.4. Les analyses physicochimiques effectuées (Annexe II)**

Le consommateur est l'agent concluant pour juger l'acceptabilité d'un produit sur le marché national et international, où il se base sur ses organes de sens pour évaluer la qualité du produit. C'est pour cet objectif « Bel Algérie » dispose d'une fonction responsable pour corriger ces paramètres recherchés en termes des paramètres mesurables tels que le pH, extrait sec totale, matière grasse, .....Et afin d'affirmer analytiquement la bonne qualité du produit fabriqué.

### III.4.1. Analyses physicochimiques des matières premières d'origine laitière utilisées dans la fabrication du fromage fondu

#### ➤ Détermination du pH

Le pH est le potentielle chimique des ions  $H^+$  dans une solution. Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre, qui est équipé par une électrode de température et une électrode de pH, cet équipement doit être étalonné chaque matin avant de commencer l'analyse (Vignola, 2002).

#### ▪ Principe

Repose sur la différence de potentiel chimique entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $H^+$ .

#### ○ Modes opératoires

Etalonner le pH mètre en immergeant l'électrode dans une solution tampon, puis l'introduire dans l'échantillon à analyser et attendre jusqu'à la stabilité du pH et lire la valeur affichée.

#### ■ La poudre de lait

La méthode est basé sur la dispersion du lait en poudre dans l'eau distillée avec mesure directe du pH à l'aide d'un pH mètre.

Dans un bécher, peser  $3 \pm 0.001$  g de l'échantillon, puis ajouter 30 ml d'eau distillée fraîchement, mélanger à l'aide d'une baguette en verre, jusqu'à la dispersion complète de la prise d'essai, le mélange obtenu doit être laissé en repos pendant une à deux heures. Après immerge l'électrode dans le bécher qui compris la prise d'essai.

#### ■ Le cheddar et le beurre

Cette méthode décrit la mesure de l'acidité ionique. Introduire délicatement l'électrode du pH-mètre dans un échantillon de la pâte (cheddar, beurre) à analyser et en fixant le correcteur de la température.

### ✚ La lecture

- ❖ La valeur du pH est s'affiche immédiatement sur l'écran de pH-mètre.

**Remarque:** L'électrode doit être rincée avec de l'eau distillé et séchée par un papier buvard après chaque utilisation. Ainsi qu'un contrôle de crédibilité 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.

### ➤ Détermination de l'extrait sec total « EST »

L'extrait sec total c'est la proportion de matières sèche entre dans la composition des aliments et qui restent après la dessiccation complète à l'étuve ( $103\pm 2^\circ\text{C}$  pendant certains temps). Sert à définir légalement différents types de fromage (**JORA n° 54, 2013**).

#### ▪ Principe

Le principe de cette méthode repose sur la dessiccation par l'évaporation de l'eau contenue au niveau de l'échantillon à analyser, sous l'effet d'une source de chaleur (étuve de  $103\pm 2^\circ\text{C}$ ), la matière sèche est exprimée en pourcentage de masse.

#### ○ Modes opératoires

##### ■ La poudre du lait

- Dans le creuset d'aluminium stérile sèche et taré peser 2g d'échantillon puis l'introduire dans l'étuve à  $103\pm 2^\circ\text{C}$  durant 3 h. Laisser refroidir au dessiccateur pour préserver le produit déshydraté de l'humidité.

##### ■ Le fromage et le beurre

- Dans le creuset d'aluminium séchée et tarée, peser  $3\pm 0.0002\text{g}$  et étuver à  $103\pm 2^\circ\text{C}$  durant 5 h de produit à analyser.

- Ensuite entrer le creuset dans le dessiccateur en verre pendant 45 min afin qu'il se refroidisse et pour l'absorption des traces d'eau par le gel de silice.

### ✚ La lecture

L'extrait sec est exprimé en % massique, est égale à:



$$\text{EST \%} = \frac{(M_1 - M_0)}{(M_2 - M_0)} \times 100$$

**M<sub>0</sub>**: Masse en (g) du creuset vide.

**M<sub>1</sub>**: Masse en (g) du creuset + le fromage (échantillon frais).

**M<sub>2</sub>**: (Masse en (g) du creuset + le fromage) après dessiccation (échantillon séché) (**JORA n° 54, 2013**).

**Remarque:** Placer le creuset en silice vide à l'étuve à 103±2°C durant 5 min puis refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température du laboratoire.

#### ➤ Détermination de la teneur en eau (humidité)

La teneur en eau c'est la quantité d'eau réelle qui s'exprime en pourcentage contenue dans les aliments, appelée aussi taux d'humidité.

#### ✚ La lecture

La teneur en eau elle est déterminée selon la formule suivante :

$$\text{H\%} = 100 - \text{EST}$$

■ **La poudre de lait:** H%=100-EST (poudre de lait).

■ **Le fromage:** H%=100-EST (fromage).

■ **Le beurre:** H%=100-EST (beurre).

#### ➤ Détermination de la matière grasse (MG)

Fraction massique des substances déterminée selon le mode d'emploi spécifié dans la présente méthode. La détermination du taux de la matière grasse (MG) est réalisée selon la méthode de **Van Gulik (JORA n°67, 2014)**.

#### ▪ Principe

Elle est basée sur la dissolution des protéines au moyen d'acide sulfurique, il est procédé à la séparation de la matière grasse par centrifugation dans un butyromètre de Van Gulik à godet

perforé, cette séparation est favorisée par l'addition de l'alcool iso-amylque (JORA n°67, 2014).

### ○ Modes opératoires

#### ■ La poudre du lait

-A l'aide d'une pipette ou d'un système automatique en introduire dans un opérant de façon que l'acide ne mouille pas le col du butyromètre ou n'entraîne pas d'air.

-Dans un bécher hydrolyser 10g de la poudre de lait avec 100ml d'eau distillée, le mélange doit être laissé au repos environ une heure.

-D'un autre côté, verser 10ml d'acide sulfurique et 1ml d'alcool iso amylique dans un butyromètre, alors à l'aide d'une pipette additionner 10ml du lait reconstitué et ce mélange va être mélangé manuellement.

-Le butyromètre est ensuite déposé dans un bain marie à température 65°C pendant 5min puis mis dans la centrifugeuse durant 10min.

#### ■ Le cheddar et le beurre

-Une masse de  $3 \pm 0.005$  g de la pâte à peser dans un godet préalablement taré. Ce dernier est introduit dans la panse du butyromètre.

-Ensuite l'acide sulfurique est ajouté jusqu'à ce que l'acide obtenu une altitude d'environ de 2/3 de la chambre de butyromètre et que la quantité pesée soit entièrement entourée d'acide sulfurique.

-Le tout est mis dans un bain marie de 65°C pendant 2h avec une agitation énergétiquement incessante chaque 20 min jusqu'à dissolution parfaite de la pâte.

-Une fois retiré le butyromètre du bain marie, ajouté 1ml d'alcool iso amylique, puis agité immédiatement pendant 3 seconds, puis une quantité d'acide sulfurique jusqu'à ce que le niveau atteigne le trait repère 35% de l'échelle. Faire une centrifugation pendant 10 min.

#### ✚ La lecture

❖ **L'obtention de la teneur en matière grasse se fait par la lecture directe sur l'échelle de butyromètre. Il faut maintenir le butyromètre verticalement et faire la lecture rapidement. (Le résultat est exprimé en % massique).**

$$\text{MG}\% = (A-B) \times 100$$

**A:** La valeur de matière grasse lue sur l'extrémité supérieur de butyromètre.

**B:** La valeur de matière grasse lue sur l'extrémité inférieur de butyromètre.

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

✚ **La lecture**

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

$$\text{MG/MS} = \frac{\text{MG}(\%)}{\text{MS}(\%)} \times 100$$

**III.4.2. Les analyses physicochimiques des matières premières d'origine non-laitière utilisées dans la fabrication du fromage fondu**

➤ **Détermination du pH**

○ **Modes opératoires**

■ **Le sel de fonte**

Cette méthode est réalisée pour déterminer l'acidité et la basicité de la solution de sel de fonte. Elle consiste à introduire 1g de sel de fonte dans un bécher puis ajouter 100ml d'eau distillée, on agite bien jusqu'à la dissolution totale du sel. Ensuite on immerge le bout de l'électrode dans la solution préparée.

■ **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  $\text{H}_3\text{O}^+$  présents en solution. Elle se fait par l'immersion le bout de l'électrode du pH-mètre dans un bécher contenant de l'eau potable.

✚ **La lecture**

❖ **La valeur du pH s'affiche directement sur l'écran.**

### ➤ Détermination des ions chlore (chlorure)

#### ▪ Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ), le titrage est fait en présence de bichromate de potassium ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ ) (5%) comme indicateur coloré, la fin de réaction est indiquée par l'apparition de la couleur rouge caractéristique du chromate d'argent.

#### ○ Mode opératoire

#### ■ L'eau de process

- On introduit un volume de 100ml d'eau à analyser dans un bêcher, puis ajouté 10 gouttes de bicarbonate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) à 10%, la solution se colore en jaune.

- Ensuite on la titre avec la solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) à 0.1N jusqu'au le virage de jaune au rouge brique.

**Remarque:** Un essai blanc est nécessaire, et il est effectué dans les mêmes conditions que celle de l'échantillon, mais avec 50ml d'eau distillée.

#### ✚ La lecture

Elle est mesurée par la formule suivante:

$$\text{Cl}^- = M (n-b)$$

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

**n:** le volume d' $\text{AgNO}_3$  (0.1N) utilisé pour le titrage.

**b:** le volume de la solution d' $\text{AgNO}_3$  (0.1N) utilisé pour avoir la même teinte (rouge brique) dans l'essai à blanc.

**N.B:** La teneur en chlorures est exprimée en mg/l.

### ➤ Détermination des titres alcalimétriques (TA /TAC)

**Le titre alcalimétrique simple (TA):** correspond à la somme des concentrations des ions carbonates et des ions hydroxydes:  $\text{T.A} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$ . Il s'exprime en degré français (°F).

### ▪ Principe

Cette méthode est basé sur la neutralisation d'un volume d'eau (base) par une solution d'acide fort ( $H_2SO_4$  ou  $HCl$ ) en présence de phénol phtaléine comme indicateur coloré et qui vire de l'incolore au rose (ou rouge) à un pH de 8,2.

### ○ Mode opératoire

#### ■ L'eau de process

-Prélever 100ml d'eau à analyser, les verser dans un Erlenmeyer approprié.

-Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine (0.5%), puis on agite (une coloration rose doit alors se développer).

-Verser à l'aide d'une burette, la solution d'acide chlorhydrique (0.02N) et en agitant régulièrement jusqu'au virage de la couleur à l'incolore de la solution (pH 8.2).

-Noter le volume versé V (ml).

**Remarque:** L'eau à analyser doit-être conservée de préférence dans flacons en polyéthylène ou en verre borosilicaté et l'analyse doit être réalisée dans les 24 heures après le prélèvement.

### ✚ La lecture

$$T.A = \frac{V}{5} \text{ (meq/l) ou } (^\circ F)$$

**N.B:** Si la coloration rose n'apparait pas en présence de la phénolphtaléine, le TA est nul.

**Le titre alcalimétrique complet (TAC):** est utilisé pour mesurer le taux d'hydroxydes, de carbonates et de bicarbonates d'une eau:  $T.A.C = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$ .

### ▪ Principe

La méthode est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau à l'aide d'une solution d'acide en présence d'indicateur coloré Vert de Bromocrésol(VB) et de rouge de méthyle (RM):  
0.2 g VB + 0.015 g RM.

○ **Mode opératoire**

■ **L'eau de process**

-Utiliser la prise d'essai prélevée précédemment si elle n'a pas été colorée par la phénolphtaléine.

-Ajouter 2 à 3 gouttes de la solution de Vert de Bromocrésol (VB) et de rouge de méthyle (RM): 0.2g VB + 0.015g RM dans 100ml d'éthanol.

-Verser la solution d'acide chlorhydrique (0.02N) jusqu'à la disparition de la coloration bleu-verdâtre et apparition de la coloration rose (ou rouge) (pH 4.5).

-Noter le volume versé V' (ml).

✚ **La lecture**

$$T. A. C = \frac{V'}{5} \text{ (meq/l) ou } (^{\circ}F)$$

**1°F= 3,4mg/l d'ion OH<sup>-</sup>= 6,0mg/l d'ion CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>= 12,2mg/l de l'ion HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.**

➤ **Détermination du titre hydrométrique (TH)**

Le titre hydrotimétrique (T.H), ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est sur tout due aux ions de calcium (Ca<sup>+</sup>) et de magnésium (Mg<sup>+</sup>).

▪ **Principe**

Le titrage molaire des ions calcium et de magnésium avec une solution de sel désodique de l'acide EDTA (éthylène diamine tétra-acétique) à pH=10. Le noir érichrome T (NET), qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur coloré.

○ **Mode opératoire**

■ **L'eau de process**

-Prélever 50ml d'eau à analyser préalablement chauffée à 80°C.

-Ajouter 4ml d'une solution tampon ammoniacal de pH supérieur ou égal à 10. Une pincée de noir d'éricrome T(NET) (comme indicateur).

-Si la couleur de la solution devient bleue, le TH est nul.

-Si la couleur de la solution est violette (rouge foncé), la titrée par l'EDTA tout en agitant régulièrement jusqu'à virage de la couleur au bleu-vert.

-Noter le volume versé (ml).

#### 🚦 La lecture

$$\text{TH} = 1000 \times \frac{C \times V_1}{V_2} \text{ meq/l}$$

$$\text{TH} = 2V_1(^{\circ}\text{F})$$

**C:** Concentration en équivalents par litre de l'EDTA.

**V1:** Volume en ml de l'EDTA.

**V2:** Volume d'échantillon en ml.

### III.6. Les analyses microbiologiques (Annexe II)

#### III.6.1. Méthodes d'analyses microbiologiques

##### III.6.1.1 Préparation des solutions mères et des dilutions décimales (Annexe V)

- **Cas des produits solides**

Après avoir effectué notre échantillonnage, nous avons préparé les solutions mères et les dilutions de chaque produit (poudre du lait, beurre, cheddar et produit fini).

Le but de ces dilutions est de faciliter la lecture en diminuant la charge microbienne dans une boîte de pétri contenant un milieu de culture. Nos dilutions sont effectuées jusqu'à 1/1000 soit ( $10^{-3}$ ).

Dans un flacon de 225ml de solution TSE (Tryptone Sel Eau), on introduit aseptiquement 25g du produit à analyser et on fait une homogénéisation de la solution par des mouvements de va et vient. Cette solution mère correspond à une dilution de  $10^{-1}$ .

À partir de cette solution mère, les dilutions décimales ont été préparées comme suit : Dans un tube à essai contenant 9ml de diluant TSE, on a introduit aseptiquement 1ml de la solution mère précédente afin de réaliser une solution de 1/100 ( $10^{-2}$ ), à l'aide d'une nouvelle pipette stérile, on a prélevé ensuite 1ml de la dilution  $10^{-2}$  et on l'a introduit dans un tube contenant 9ml de TSE, ce qui donnera la dilution 1/1000 ( $10^{-3}$ ).

- **Cas des produits liquides: l'eau de procès**

Nous avons mis l'eau à analyser dans un erlenmeyer stérile, ce qui constitue donc la solution mère (SM). Pour réaliser les solutions décimales on procède de même manière que dans le cas des produits solides.

**Remarque:** Au moment de la réalisation des dilutions décimales, il est impératif de changer les pipettes entre chaque dilution, par contre dans l'ensemencement, il est recommandé de commencer par la faible dilution, pour ne pas changer la pipette (**Ghezali et Deriche, 2016**).

➤ **Recherche et dénombrement des germes mésophiles totaux (GMT)**

On compte tous les microorganismes présents dans l'aliment (**Joffin et Joffin, 2003**).



### ▪ Principe

Un volume connu de la suspension mère et de la dilution est incorporé dans le milieu solide PCA. Le nombre de colonies est compté après étuvage à une température choisie, (**Joffin et Joffin, 2003**).

### ○ Mode opératoire

-A partir de chaque dilution décimale, porter aseptiquement 1ml dans 3 boîtes de pétri stériles.

- Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose PCA fondu puis refroidie à 45°C.

- Faire ensuite des mouvements circulaires en forme de 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger avec la gélose.

- Laisser solidifier sur pailleasse. Les boîtes seront incubées à 30°C pendant 72 h (**figure N°06**).

### + La lecture

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

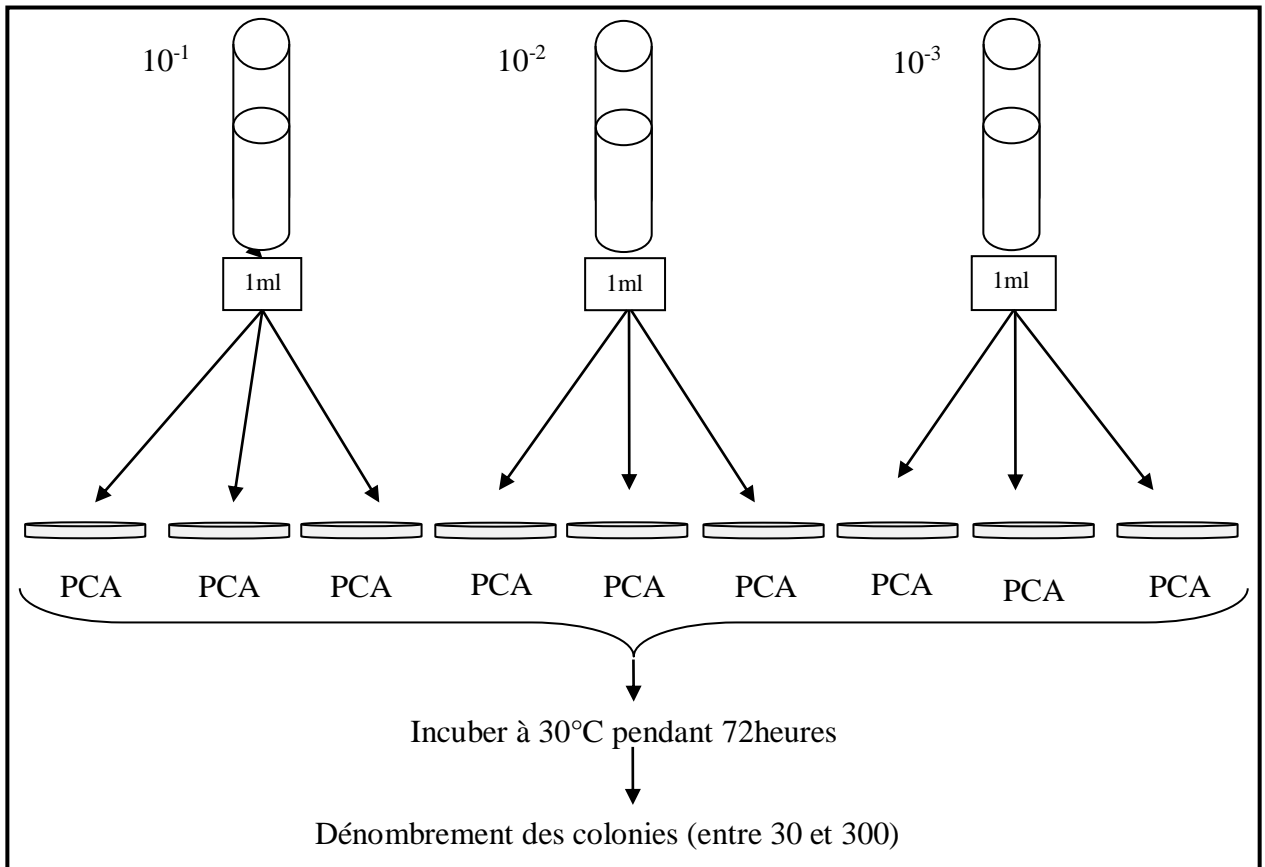
$$X \text{ (UFC/g)} = n \cdot (1/d) \cdot (1/v)$$

X: nombre de germes par gramme de produit.

n: nombre de colonies.

v: volume de l'inoculum.

d: facteur de dilution.



**Figure N°06:** Schéma de la recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.

### ➤ Recherche des coliformes totaux sur milieu solide

Ce sont des bactéries en forme de bâtonnets aérobie ou anaérobie facultative possédant l'enzyme  $\beta$ -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose avec production d'acide et de gaz.

### ■ Echantillons analysés

Les échantillons ayant fait l'objet de cette analyse sont: **La poudre de lait, le cheddar, le beurre et le produit fini.**

### ▪ Principe

Elle se fait en milieu solide par la technique des boîtes sur gélose V.R.B.L. (gélose lactosée biliée au vert brillant et au rouge de phénol).

### ○ Mode opératoire

-Après avoir préparé les dilutions décimales, prendre aseptiquement à coté du bec de benzène 1ml de chacune des dilutions ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ) puis on les introduit dans des boites de pétris vide préparées à cet usage.

-Compléter ensuite avec environ de 15ml de la gélose V.R.B.L fondu.

-Faire des mouvements circulaires de va et vient en forme de 8 pour bien mélanger la gélose à l'inoculum.

-Laisser à la température ambiante les boites sur la paille pour solidifier, puis couler à nouveau de 5ml de la même gélose (cette double couche à un rôle protecteur contre les diverses contaminations).

-Incuber à 37°C pendant 24 à 48h (**figure N°07**).

### ✚ La lecture

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

Le dénombrement il se fait selon la loi de la moyenne pondéré.

$$X \text{ (UFC/ml)} = n \cdot (1/d) \cdot (1/v)$$

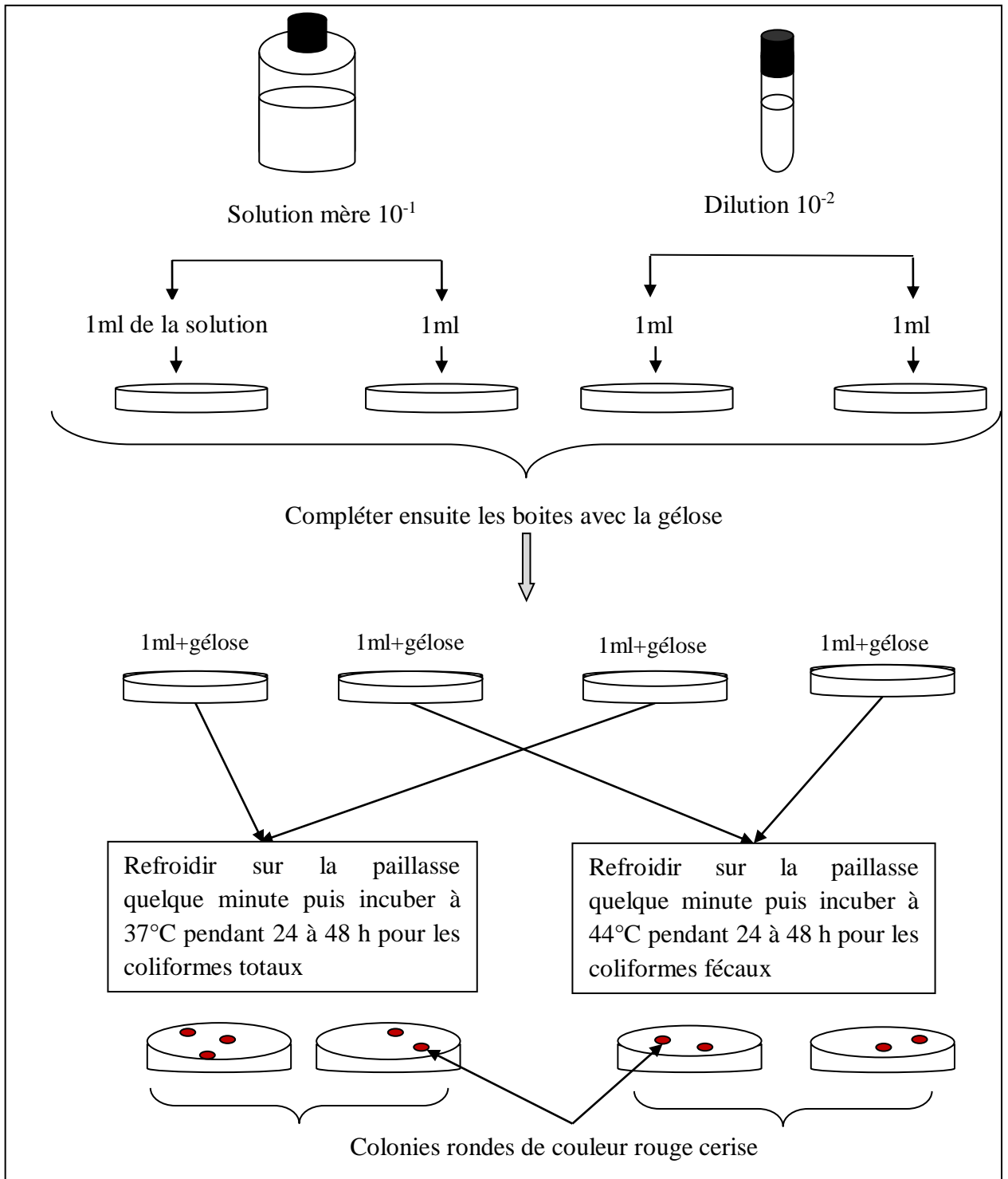
### ➤ Recherche des coliformes fécaux (*E. coli*)

Ce sont un sous group des coliformes totaux capables de fermenter le lactose.

### ▪ Principe

Le même principe et la même méthode effectuée pour les coliformes fécaux, la seule différence réside dans la température d'incubation qui est de 44°C pendant 24 à 48 h.

**Remarque:** Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de coliformes fécaux que les totaux (**Magri et Belarouci, 2016**).



**Figure N°07:** Schéma de la recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

➤ **Recherche des coliformes sur milieu liquide**

■ **Echantillon analysé**

L'échantillon de cette analyse est: **l'eau de process.**

▪ **Principe**

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

- **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 (S/C) à raison de 5 tubes pour chaque concentration. On prépare un flacon contenant 50ml de BCPL. Le flacon et les tubes utilisés sont munis d'une cloche de Durham.

○ **Mode opératoire**

A partir de l'eau à analyser ensemercer: **(figure N°08).**

- 50ml d'eau dans le flacon contenant 50ml de BCPL.

- 10ml d'eau dans les tubes contenant 10ml de milieu BCPL (D/C).

- 1ml d'eau dans les tubes contenant 10ml de milieu BCPL (S/C).

- Laisser incuber les milieuxensemencés à 37°C pendant 24 à 48 heures.

✚ **Lecture**

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois un dégagement de gaz et un virage de couleur du milieu du violet vers le jaune.

**B / Test de confirmation ou test de Mackenzie**

Ce test se fait à partir des tubes positifs afin de rechercher les coliformes fécaux, on prend 1ml de chaque tube positif et on les introduit dans des tubes contenant le milieu Schubert avec un cloche de Durham. L'incubation se fait à 44°C pendant 24h (**figure N°09**).

**✚ Lecture**

La présence des coliformes fécaux se traduit par un dégagement de gaz dans la cloche de Durham, et l'apparition d'un anneau rouge dans l'autre tube après ajout du réactif Kovacs.

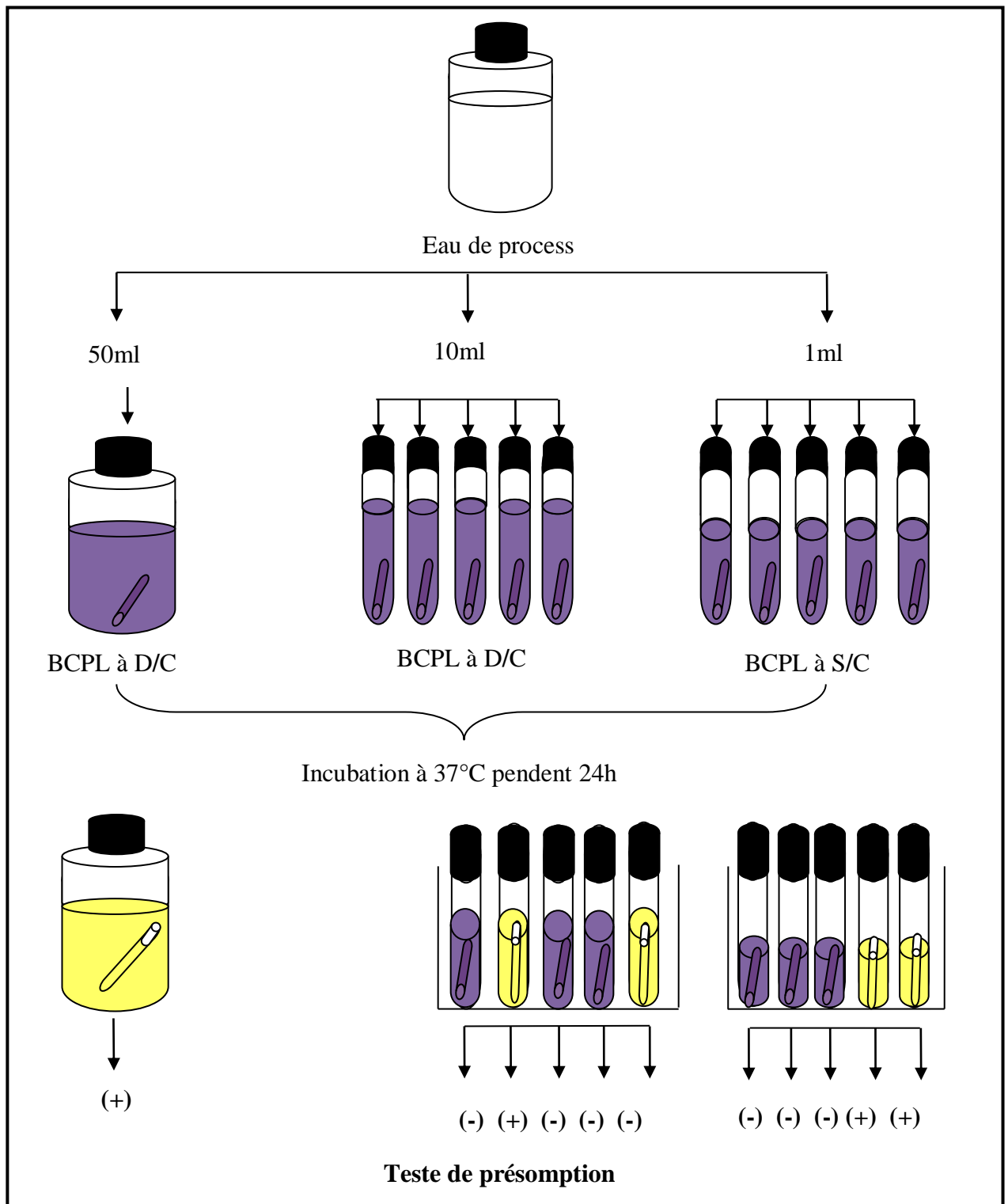


Figure N°08: Schéma de la recherche et dénombrement des coliformes dans le milieu BCPL.

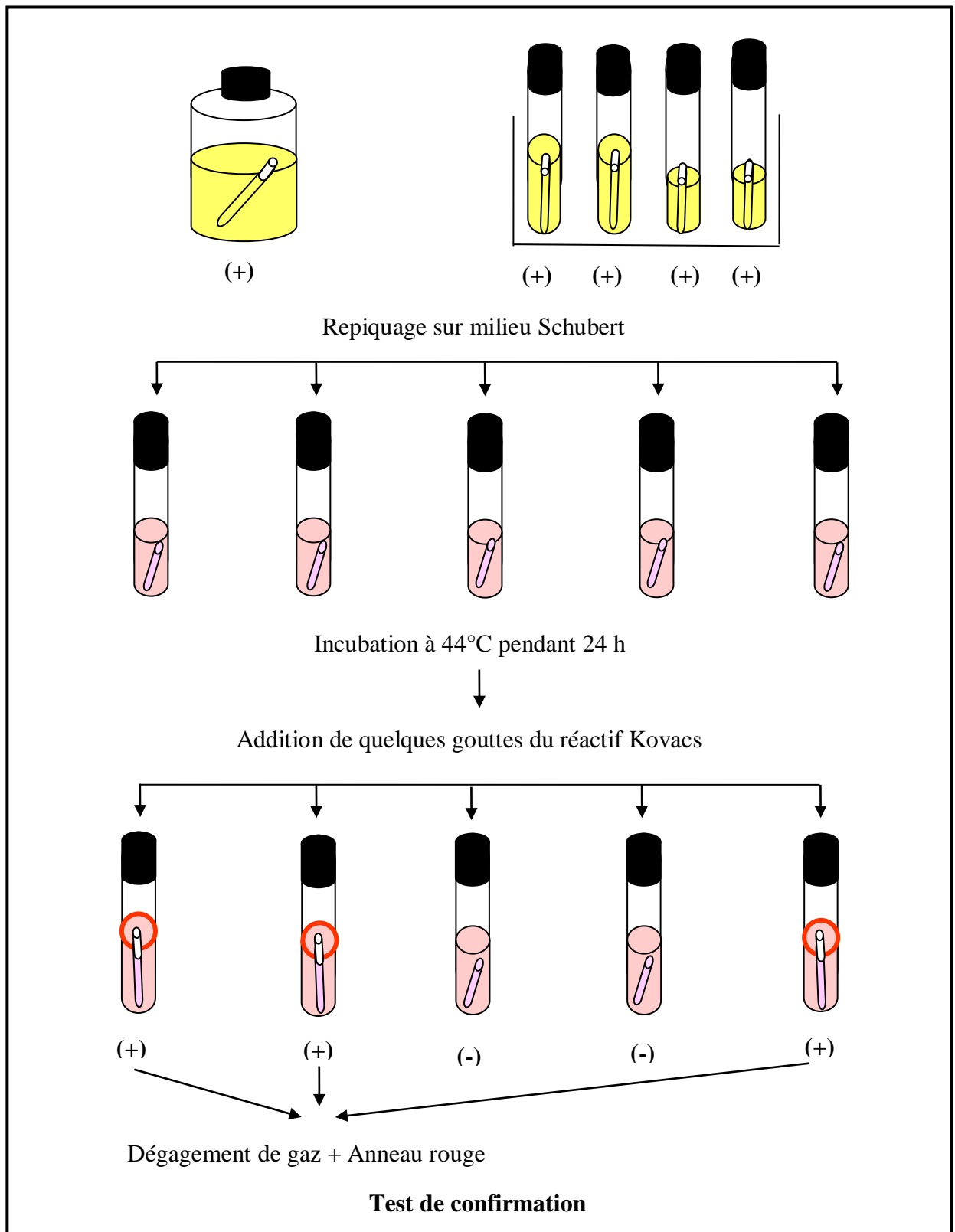


Figure N°09: Schéma de la recherche et dénombrement des coliformes dans le milieu Schubert.



### ➤ Recherche des *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* est une bactérie à Gram positif, ce dernier a un diamètre d'environ 0,5 à 1,5µm, non sporulé, immobile et facultativement anaérobique, qui fait partie de la flore humaine et est surtout présent dans le nez et sur la peau. *Staphylococcus aureus* est une bactérie à l'origine de nombreuses infections ou intoxications alimentaires.

### ■ Echantillons analysés

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

### ▪ Principe

Avec la dilution initiale  $10^{-1}$ , on ensemence en surface de gélose Baird Parker précoulée en boîte de pétri à l'avance. Après une incubation de 48h à 37°C, les colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques apparues sont dénombrées dans notre produit à analysées.

### ○ Mode opératoire

Par cette méthode, les *Staphylococcus aureus* font l'objet d'une recherche et dénombrement sur le milieu Baird Parker (**Ouari, 2017**).

- Sécher la boîte de gélose dans une étuve à  $46 \pm 1^\circ\text{C}$  jusqu'à disparition complète des gouttelettes à la surface du milieu (couvercle enlevé et surface de la gélose tournée vers le bas). Homogénéiser la dilution décimale  $10^{-1}$  avant inoculation à la surface de la boîte gélosée, déposer ensuite une goutte, de la suspension mère réalisée préalablement, à la surface de la gélose Baird Parker additionnée de jaun d'oeuf et de tellurite de potassium..

- Étaler, par la suite, soigneusement la dilution, et le plus rapidement possible sans toucher les bords de la boîte à l'aide d'une pipette stérile (pipette râteau).

- Laisser la boîte, couvercle fermé, pendant 15min à température ambiante.

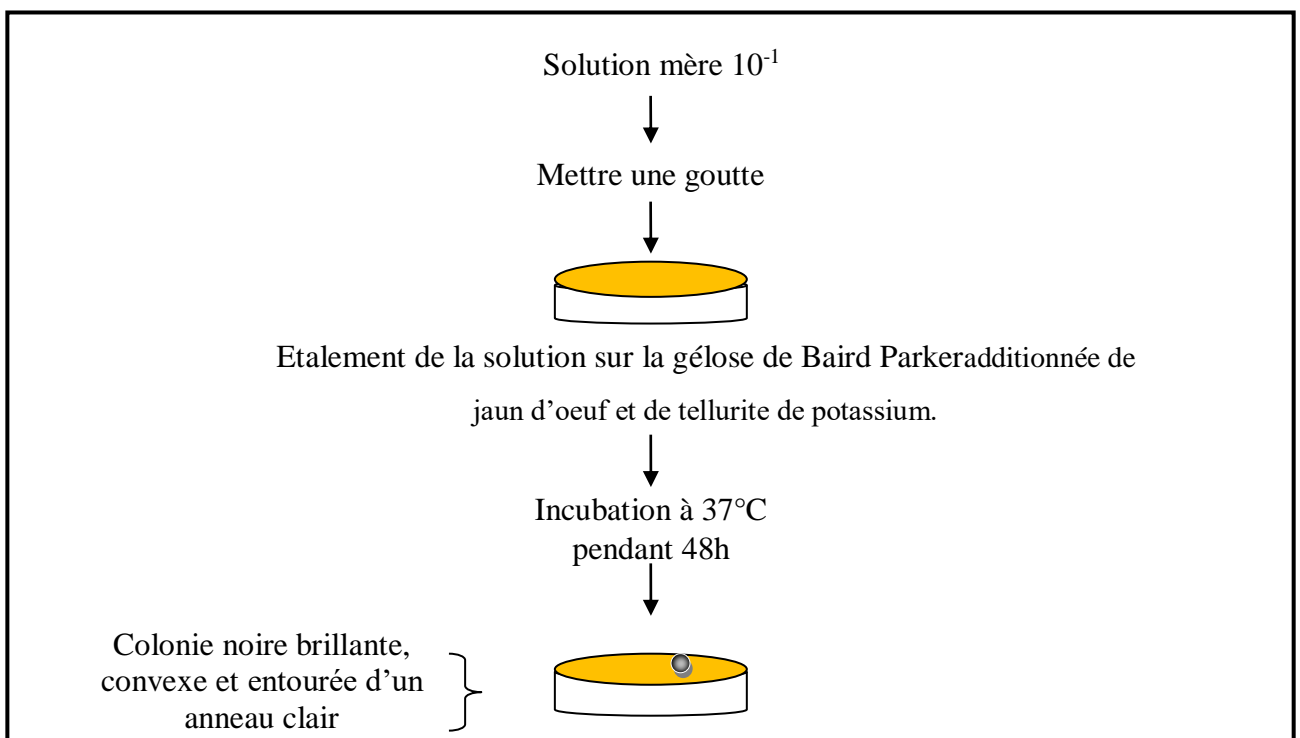
- Incuber à l'étuve pendant 48h à 37°C ; La recherche des *Staphylococcus aureus* se fait donc par la méthode d'ensemencement en surface où son principe est de couler déjà le milieu qu'on laisse refroidir, puis d'étaler la solution à l'aide d'un étaleur stérile, comme il l'a été soigneusement explicité précédemment (**figure N°10**).

**✚ La lecture****A/Sélection des boîtes et choix des colonies**

Après 24 à 48h d'incubation, marquer sur le fond des boîtes les colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques.

**Les colonies caractéristiques:** après 48h d'incubation sont noires ou grises, brillantes et convexes dont le diamètre est au minimum de 1mm et au maximum de 2.5mm entourées d'un halo d'éclaircissement et de précipitation.

**Les colonies non caractéristiques:** après 48 h d'incubation sont noires et brillantes avec ou sans bord blanc étroit avec des halos d'éclaircissement et de précipitation absents ou à peine visibles. Elles peuvent être grises dépourvues de zone claire.



**Figure N°10:** Schéma de la recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*.

**B/ Retenir pour comptage**

Les boîtes contenant moins de 250 colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques par boîte de 140 mm; 150 colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques par boîte de 90 ou 100mm.

Prélever en vue de l'épreuve de la coagulase un nombre maximum de cinq colonies caractéristiques et /ou non caractéristiques en tenant compte de leur nombre respectif. De manière identique, 10 colonies au maximum seront prélevées dans le cas d'un volume réparti en trois fractions ou en double.

### C/ Epreuve de coagulase

-Ensemencer la colonie dans un bouillon cœur et incuber dans une étuve à 37°C durant 20 à 24h.

-Pour l'épreuve de la coagulase, utiliser un plasma de lapin contenant de l'E.D.T.A. (acide éthylène diamine tétra-acétique), à défaut ajouter une solution d'E.D.T.A. de sorte que la concentration finale dans le plasma réhydraté soit de 0.1%.

-L'épreuve est reconnue positive lorsque le coagulum occupe plus des trois quarts du volume initiale.

#### ✚ La lecture

Si au moins 80% des colonies examinées sont coagulase positive, considérer que la totalité des colonies dénombrées correspond à *Staphylococcus aureus*.

### ➤ Recherche de *Clostridium sulfito-réducteurs*(CRS)

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* appartiennent à la famille des Bacillaceae (bacille<sup>+</sup> cocci sporulée), des bactéries telluriques, Gram positifs, isolées ou en chaînettes, catalase négatif, anaérobie, mobile, 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 (**Magri et Belarouci, 2016**).

Se sont des bactéries anaérobies qui se développent à des températures de 37°C, à un temps allant de 24 à 48 h, elles représentent une forme de résistance en produisant des spores d'origine fécale.

### ■ Echantillons analysés

Les échantillons ayant fait l'objet de cette analyse sont: **La poudre de lait, le cheddar, le beurre, l'eau de process et le produit fini.**

### ○ Mode opératoire

- Introduire dans quatre tubes à essai 5ml de l'échantillon à analyser, puis placer les tubes au bain marie réglé à température de 80°C pendant 5 à 10min afin de détruire toute forme végétative et aussi pour stressés les bactéries sporulés et prend leur état de sporulation.

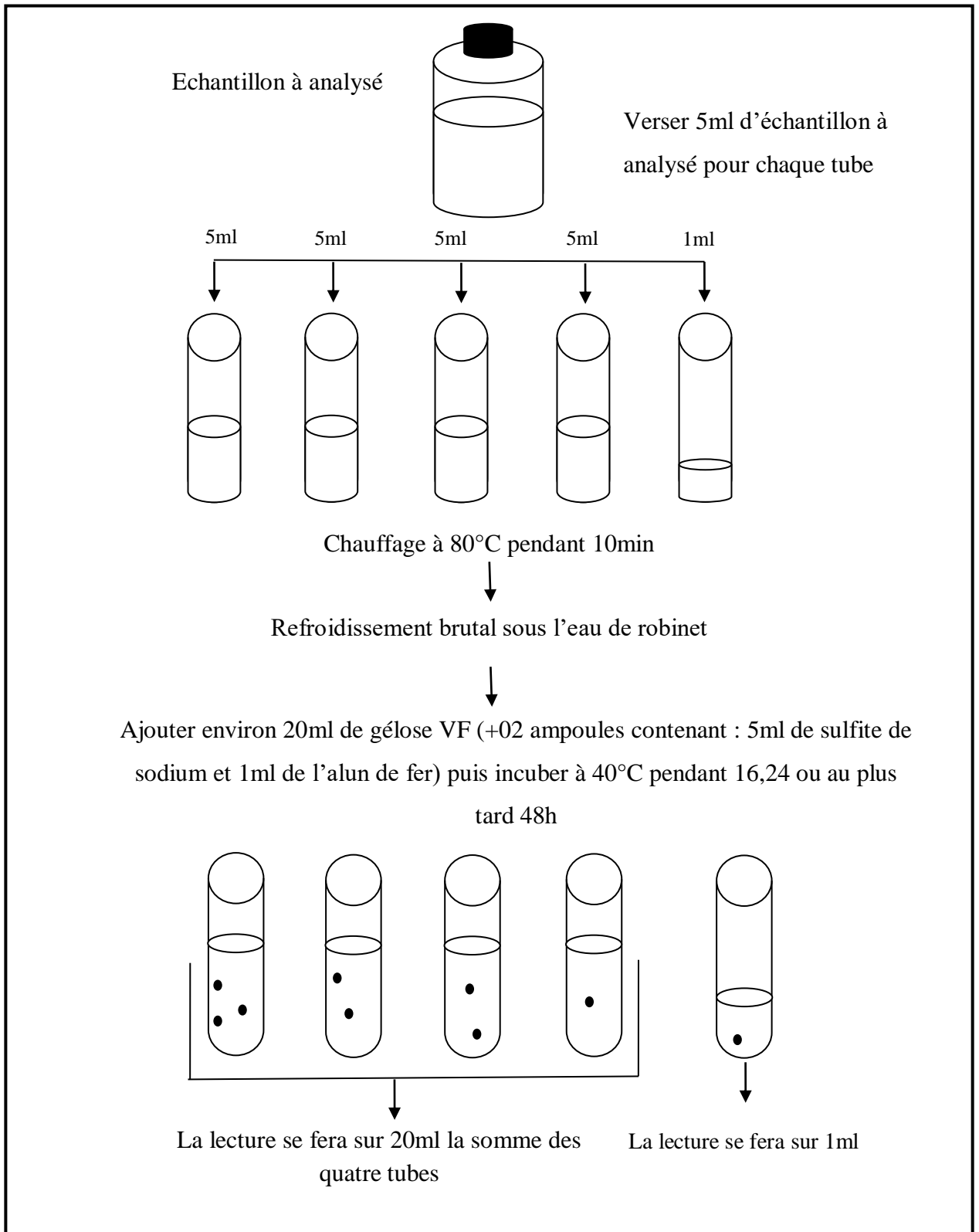
- Après on va prélevée les tubes et on les met directement dans un l'eau froide, on ajoute deux gouttes d'alun de fer et quatre gouttes de sulfite de sodium dans la gélose VF (viande +foie).

- Puis on remplit les quatre tubes par 20 ml de la gélose viande de foie, On mélange légèrement.

- Enfin on laisse se solidifier sur paillasse pendant 30min, puis on incube à 40°C et faire une première lecture après 24h et une deuxième après 48h (**figure N°11**).

### ✚ 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 (tache noir).



**Figure N°11:** Schéma de la recherche des clostridiums sulfito réducteurs.

### ➤ Recherche des Salmonelles

Selon **Bourgeois et al. 1996**), Les salmonelles sont des entérobactéries à gram (-), bacilles à catalase (+), oxydase (+), elles sont aérobies anaérobies facultatives, mobiles, fermentant le glucose avec production de gaz (**Boudjerare et Messaoudi, 2018**).

### ■ Echantillons analysés

Les échantillons ayant fait l'objet de cette analyse sont: **La poudre de lait, le cheddar, le beurre, l'eau de process et le produit fini.**

### ▪ Principe

Détermination de la présence ou de l'absence de ces micro-organismes dans une masse ou un volume déterminé de produit.

### ○ Mode opératoire

#### A/ Pré-enrichissement

- Prélever aseptiquement 25g de produit à analyser et mélanger avec 225ml de TSE dans un flacon de 250ml.
- Mélanger soigneusement et Incuber à l'étuve à 37°C pendant 20h±2h (**figure N°12**).

#### B/ Enrichissement

- Enrichissement sur milieu sélénite de sodium à raison de 1ml de solution mère dans un tube de milieu SFB S/C, puis incubation à 37°C pendant 24 à 48h.

#### C/ Isolement

- Ensemencement par stries sur gélose Hecktoen à partir des tubes qui présentent des résultats positifs (voir une coloration rouge brique) et incubé à 37°C pendant 24h.
- Retourner les boîtes à l'étuve à 37°C pendant 18 à 20h. Si le développement est insuffisant, poursuivre l'incubation (**JORA, 2015**).

#### D/l'identification(Belabid, 2014)

Realiser un repiquage des colonies suspectes, sur de la gelose selective (gelose Hektoen), dans

le but d'obtenir des souches pures. Nous avons mis à incuber 24 heures à 37 °C

□ Identification de la famille des Enterobacteries.

Cette identification est rendue possible, après avoir vérifié que les souches en question sont réellement des Enterobacteries .

Nous avons par la suite effectué la coloration de Gram et l'observation de l'état frais en vue d'obtenir les caractères majeurs des Enterobacteries.

□ Identification du genre *Salmonella* :

La souche de *Salmonella* sp peut être confondue avec certaines Enterobacteries, et par la similitude de certains de leurs caractères biochimiques. Ce sont *Citrobacter*, *Edwardsiella tarda*, *Proteus vulgaris* et *mirabilis* .

Pour éliminer donc ces souches proches des salmonelles, des tests de présomption sont effectués, dans le but d'identifier les caractères de genre des *Salmonella* sp.

□ Identification de l'espèce *Salmonella typhi* :

Pour effectuer cette identification de l'espèce nous avons ensemencé une galerie **Api a 20 E**.

#### **Présentation de la galerie API 20E**

Le système API 20E est une version miniaturisée des tests biochimiques classiques. destinés à l'identification des Enterobacteriaceae (bactéries Gram négatif et anaérobies facultatives) dont font partie les salmonelles.

Il regroupe 23 tests biochimiques. Des microtubes contiennent des substrats déshydratés, lesquels sont mis en solution par l'addition d'une suspension de la bactérie à identifier.

Une période d'incubation de 24 heures à 37°C permet à la bactérie de réagir avec les substrats.

La compilation des résultats de l'utilisation des substrats par la bactérie à identifier permet de déterminer un code de 7 chiffres .

#### **Préparation de l'inoculum pour ensemencer la galerie API 20 E**

Les colonies bactériennes isolées à partir du milieu Hektoen et présentant les caractéristiques de *Salmonella* sont mises en culture pure sur gélose nutritive puis dans 5 ml d'eau distillée stérile ensuite, nous avons introduit la suspension bactérienne dans chaque tube à l'aide d'une pipette Pasteur

stérile ouverte avec une pointe appuyée à l'intérieur et sur le côté pour éviter la formation de bulles . Ensuite nous avons rempli le tube et la cupule par la suspension bactérienne pour les tests : CIT VP,

GEL et pour les tests ADH, LDC, ODC, H<sub>2</sub>S, URE nous avons recouvert avec l'huile de paraffine.

Après 24h d'incubation à 37°C, les réactifs que nous avons rajoutés aux microtubes sont :

- Chlorure de fer III pour la recherche de la TDA.
- Réactif de Kovacs pour la recherche d'Indole.
- NaOH ou KOH et Napht-1-ol pour la voie fermentative butane-diole pour le test de VP.
- Acide sulfanilique pour la recherche du nitrate reductase dans le test de GLU .

### Lecture sur la galerie API 20 E

La lecture de la galerie se fait généralement au bas de chaque microtube sauf CIT (citrate) et IND (indole). Il faut lire les réactions de la façon suivante :

VP (pyruvate de sodium) : Ajouter une goutte d'hydroxyde de potassium (40%) et une goutte d'alpha-naphtol (6%). Attendre 10 minutes avant de faire la lecture de la réaction.

Faire la lecture des autres microtubes à l'exception de TDA (tryptophane desaminase) et IND (indole). Noter la couleur et la réaction (+ ou -) de chaque microtube.

TDA (tryptophane desaminase) : Ajouter une goutte de chlorure ferrique (10%). Lire la réaction immédiatement.

IND (indole) : Ajouter une goutte du réactif de James. Lire la réaction immédiatement .

Nous avons comparé la couleur obtenue pour chaque cupule et inscrit le résultat sur la fiche de résultats. Pour déterminer le code de 7 chiffres, il faut additionner les résultats des réactions, lesquelles sont regroupées par ensemble de trois microtubes. Une réaction négative donne 0 point tandis qu'une réaction positive donne 1, 2 ou 4 points .

### Légende

**ONPG** : Détermination de la présence de l'enzyme  $\beta$ -galactosidase

**ADH** : Transformation de l'arginine (acide amine) par l'arginine deshydrase.

**LDC** : Transformation de la lysine (acide amine) par la lysine decarboxylase.

**ODC** : Transformation de l'ornithine (acide amine) par l'ornithine decarboxylase.

**CIT** : Utilisation du citrate comme seule source de carbone.

**H<sub>2</sub>S** : Production du sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) à partir du thiosulfate (S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

**UR**: Libération de l'ammoniac à partir de l'urée grâce à l'uréase.

**TDA**: Formation de l'acide indolepyruvique à partir du tryptophane (acide amine) grâce à la tryptophane desaminase.

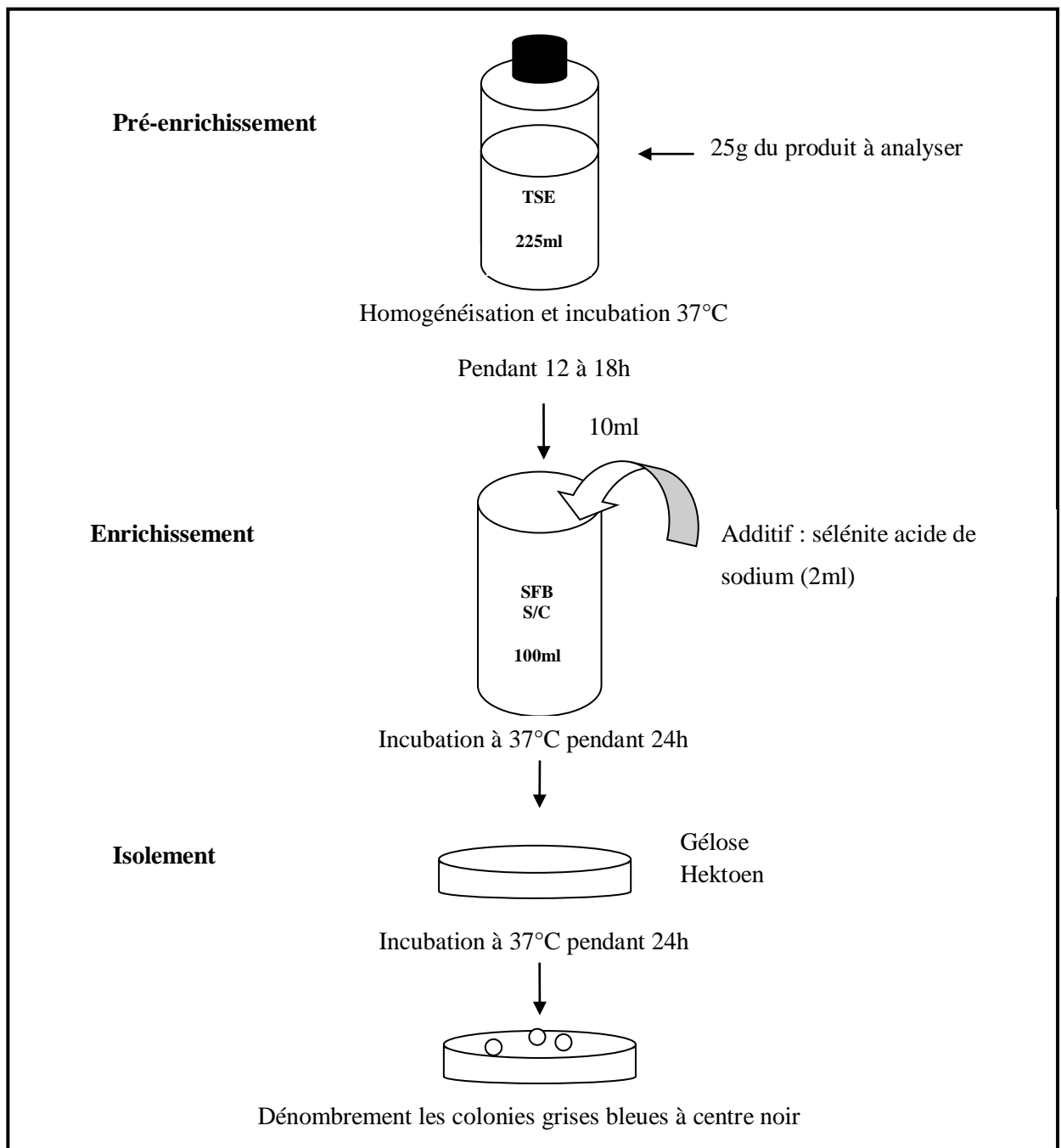
**IND**: Formation d'indole à partir du tryptophane (acide amine).

**VP**: Formation d'acétoïne à partir du pyruvate de sodium.

**GEL**: Liquefaction de la gélatine (protéine).



**GLU** (glucose), **MAN** (mannitol), **INO** (inositol), **SOR** (sorbitol), **RHA** (rhamnose), **SAC** (sucrose), **MEL** (melobiose), **AMY** (amygdaline), **ARA** (L+ arabinose) – formation d'acide a la suite de l'utilisation d'un hydrate de carbone .



**Figure N° 12:**Schéma de la recherche et dénombrements des salmonelles.

### ➤ Recherche des streptocoques fécaux

Les streptocoques se regroupent en coques Gram<sup>+</sup>, asporulés, immobiles, groupés en paires ou surtout en chaînes de longueur variable, ils sont aéro-anaérobies ou micro aérophiles.

### ■ Echantillon analysé

L'échantillon ayant fait l'objet de cette analyse est: **l'eau de process.**

### ▪ Principe

Les Streptocoques sont des témoins de contamination fécale, leur recherche et dénombrement comporte deux tests: Test présomptif et Test confirmatif.

### ○ Mode opératoire

#### A/ Test présomptif

A partir de l'eau à analyser ensementer: **(figure N°13).**

- 50ml d'eau dans le flacon contenant 50ml de Rothe.
- 10ml d'eau dans les tubes contenant 10ml de milieu Rothe (D/C).
- 1ml d'eau dans les tubes contenant 10ml de milieu Rothe(S/C).

Homogénéiser et incuber à 37°C pendant 24 à 48h **(figure N°13).**

#### B/Test confirmatif

Tous les tubes qui présentent un trouble microbien, sont repiqués dans des tubes de milieu Eva Litsky et incubés à 37°C pendant 48h **(figure N°14).**

### ✚ La lecture

Les tube d'Eva Litsky qui sont considérés comme positifs ils présentent à la fois: Un trouble microbien et/ou une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube.

Le nombre des streptocoques fécaux est exprimé par le NPP selon la table de Mac Grady (Annexe IV).

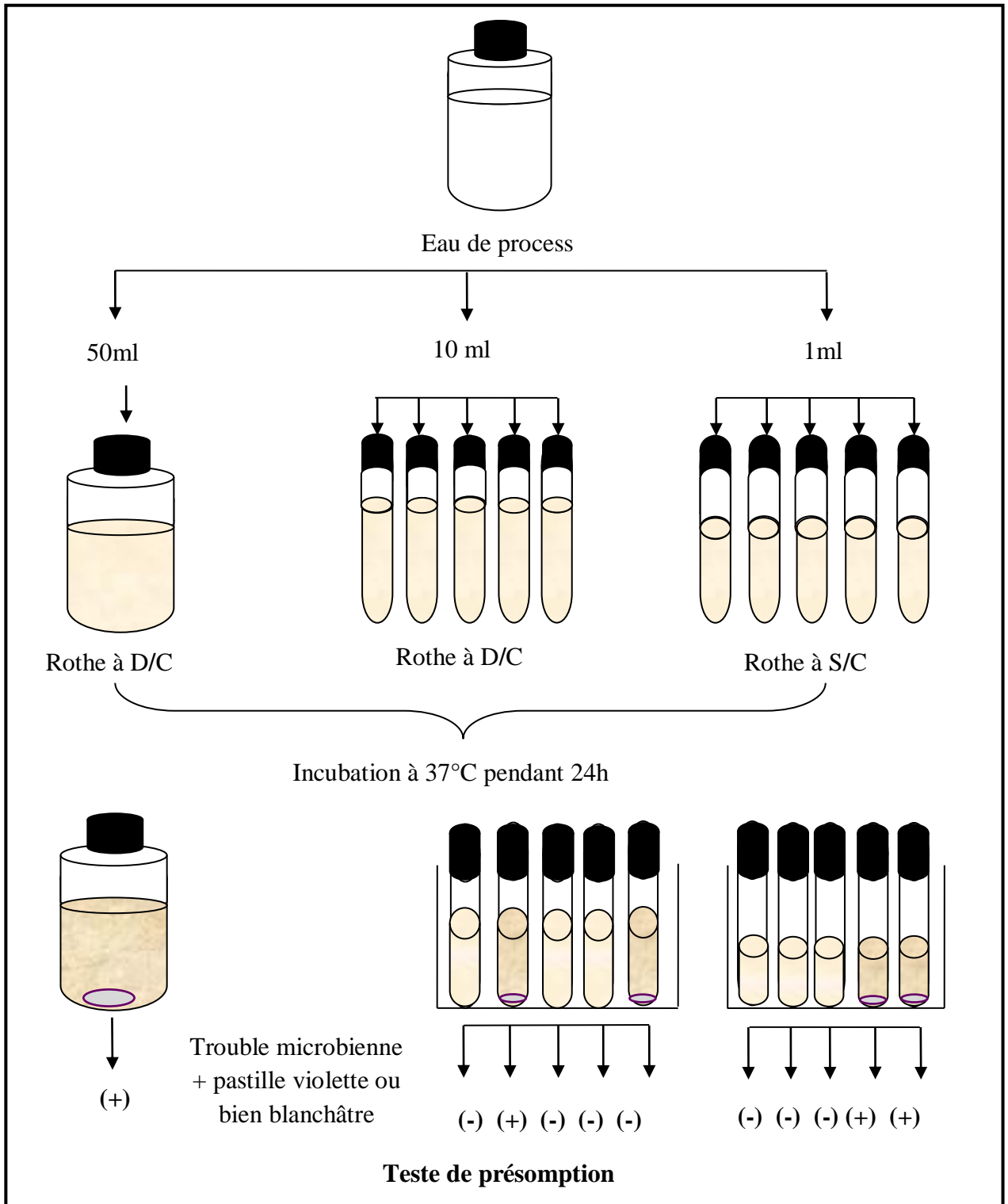


Figure N°13: Schéma de la recherche des streptocoques fécaux dans le milieu Rothe.

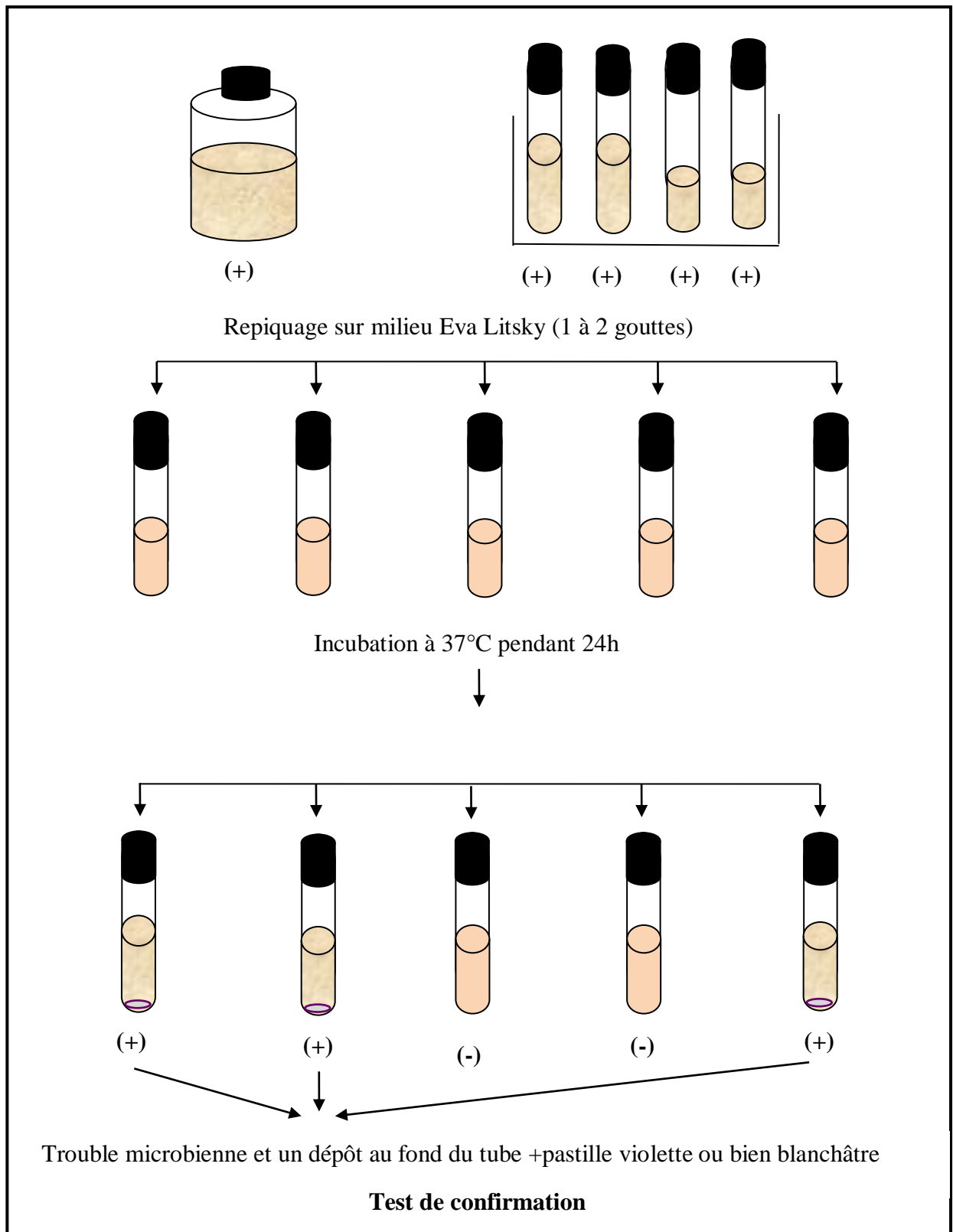


Figure N°14: Schéma de la recherche des streptocoques fécaux dans le milieu Eva Litesky.

:

# CHAPITRE

# *IV*

---

## **RÉSULTATS ET NORMES**

---

## IV.1. Normes des paramètres physicochimiques et interprétations

## IV.1.1. Matières premières d'origine laitière

Tableau N°07: Normes des paramètres physicochimique selon JORA, 1998 et AFNOR, 1986.

	La poudre de lait 0 % MG	Le Cheddar	Le beurre	Produit fini
pH	6.2-6.7	5.1-5.5	≤ 6.2	5.6-5.85
EST(%)	95-97	61-69	≤ 84	≥ 40
H(%)	3-5	31-39	≥ 16	50 max
MG/EST(%)	-	50 min	-	40 min
MG(%)	-	30-38	≥ 80	22.5 min
	Norme: JORA 1998	Norme: AFNOR 1986	Norme: AFNOR 1986	Norme : AFNOR 1986

✚ La valeur du pH doit être dans les normes AFNOR (1986).

Selon Eck (1997), le rôle du pH est essentiel pour plusieurs raisons:

-Du point de vue organoleptique, il joue un rôle très important sur la texture et le goût de produit (fromage fondu).

-Il est favorable au développement des levures et moisissures qui ont une grande affinité pour les milieux acides.

-Il maintient l'équilibre chimique du fromage.

-Il joue un rôle important comme régulateur du milieu (acido-basique).

-Il est considéré comme un paramètre très important dans la conservation du produit (il empêche le développement des microorganismes constituant la flore interne et superficielle).

-Le changement du pH serait dû soit à la progression de la protéolyse, puisque le pH augmente en raison des produits de protéolyse tels que l'ammoniac, soit à cause de l'activité de la flore microbienne lactique qui est assez importante, soit le milieu ne permet pas le développement de la flore de dégradation d'acide lactique en nombre important (Ghezali et Deriche, 2016).

Lorsque le fromage présente un pH bas, cela peut être dû à une erreur lors de la manipulation, peut être en laissant le fromage pendant une longue durée à une température ambiante, ce qui engendre une transformation du lactose en acide lactique par les bactéries lactiques.

✚ **Une humidité** élevée provoque la cristallisation du lactose ce qui tend à rompre la membrane protectrice de globule gras par les lipases, de ce fait, les teneurs en gras libres sont sensibles à l'oxydation en provoquant des défauts d'odeurs et de goût (**Veisseyre, 1966**). Il existe des normes qui doivent être respectées. Par exemple pour obtenir un arôme et un goût agréable durant la maturation, les fromages peuvent développer correctement à une température entre 2-15 °C et une humidité relative de 75-95 (%).

Lorsqu'on obtient une humidité pour la poudre de lait dans les normes (3-5 %), cela veut dire que cette poudre de lait qui est utilisée dans la fabrication de fromage fondu a été bien stockée (des conditions favorables).

✚ **L'extrait sec** c'est le pourcentage de la matière sèche dans la matière première (poudre de lait, cheddar, le beurre) et le produit fini selon **JORA, 2013**. Donc c'est évident qu'elle ait une influence directe sur la texture. Si l'extrait sec total est de pourcentage élevé, la texture de ces derniers est plus ferme.

- Pour l'extrait sec, une valeur plus élevée que la norme, peut être due à un excès d'égouttage lors du processus de fabrication.

- **Pour la matière grasse**, une valeur légèrement élevée par rapport à la norme, cela peut être expliqué par la richesse en matière grasse de lait utilisé pour la fabrication du (la poudre de lait, beurre, cheddar) (**Fredot, 2005**).

## IV.1.2. Matières premières d'origine non laitière

Tableau N°08: Normes des paramètres physicochimique selon AFNOR 1986.

	L'eau de process	Les sels de fonte
pH	6.5-8.5	6.5-8.5
TA (°F)	0	-
TAC (°F)	≤ 30	-
TA/TAC (°F)	-	-
TH (°F)	12-15	-
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Max 200 mg/l	-
	Norme: AFNOR 1986	Norme: AFNOR 1986

- ✚ Le **pH** est un coefficient qui caractérise l'acidité ou la basicité d'une eau. Le pH inférieur à 7 ou acide peut provoquer une corrosion des tuyauteries métallique et lorsqu'il est supérieur à 8, il entraîne une diminution de l'efficacité de processus de désinfection au chlore, et peut conduire à des dépôts qui s'incrustent dans les circuits de distribution. Pour la consommation humaine, sa valeur doit être la plus proche possible de la neutralité.
- ✚ Selon **Savello et al., (1989)**, la présence des sels de fonte peut influencer sur la viscosité par leur pouvoir tampon en maintenant le pH à la bonne valeur, ce qui permet d'augmenter leur capacité d'emprisonnement du calcium et aussi le nombre des charges négatives responsables des répulsions électrostatiques des para-caséines (**Lu et al., 2008**). Par ailleurs, les différents sels de fonte permettent, par leur pouvoir tampon, d'ajuster le pH du produit à la bonne valeur.
- ✚ Le **TA** (titre alcalimétrie simple) représente la teneur en hydroxydes et de la moitié en carbonate alcalins et alcalino-terreux. La présence de ces bases fortes augmentent le pH de l'eau ce qui influe sur le produit fini et peut endommager l'installation par l'action des ions hydroxydes et carbonates.
- ✚ TA nul, s'explique que le pH de l'eau analysé est inférieur à 8,3 et indique aussi l'absence d'alcalin caustique.
- ✚ Le **TAC** (titre alcalimétrique complet) qui représente la teneur en hydroxydes, en carbonate et en hydrogénocarbonate alcalins et alcalino-terreux sont comprises à l'intervalle de la norme ≤



30 °F, ce qui explique que cette eau présente une teneur normale en carbone apte à la production de fromage de qualité conforme aux normes en vigueur.

-Lorsque le TAC obtenue est inférieure à la norme  $\leq 30F^\circ$ , il s'explique par la pauvresse de l'eau utilisé en alcalins libres, en carbonates et en bicarbonate.

✚ Le **TH** (titre hydrométrique) est un caractère très important et essentiel pour la classification des eaux.

-Lors que le TH obtenue est supérieure à la norme 12-15 °F, il s'explique par la richesse de l'eau en ions de calcium ( $Ca^{+2}$ ) et de magnésium ( $Mg^{+2}$ ).

✚ Le **chlore** doit être éliminé par une déchloration efficace qui selon **Rodier, (2005)** lorsque on trouve une dose trop forte de chlore laisserait à l'eau traitée une saveur désagréable.

❖ On dit que le produit fini fabriquer par la fromagerie Bel Algérie et de très bonnes qualités physico-chimiques s'il est conforme aux normes internationales ou nationales du produit fini. Mais ça ne signifie pas que la conformité de ces analyses est suffisante pour dire que le produit fabriqué est de bonne qualité. Pour bien s'assurer des résultats définitivement, les analyses microbiologiques viennent confirmer les résultats des analyses physico-chimiques et certifier de la bonne qualité du produit fini destiné au consommateur qui de nos jours est devenu trop exigeant sur la qualité des produits mis à sa disposition.

## IV.2. Normes des paramètres microbiologiques

Le contrôle microbiologique permet de garantir la sécurité et la salubrité des aliments. Il permet d'éviter la présence de microorganismes pathogènes dans les produits afin de ne pas risquer une altération de la qualité hygiénique des produits finis ou, au moins de détecter des microorganismes s'ils sont présents dans les produits finis avant leur commercialisation.

Il s'applique à la chaîne alimentaire depuis la production primaire jusqu'à la production finale.

Les analyses microbiologiques portent essentiellement sur la détection et le dénombrement des germes pathogènes dans le produit fini. Ces germes largement répandus dans la nature peuvent contaminer tous les aliments dont les fromages et entraîner des toxi-infections alimentaires ou des intoxications (**Ghezali et Deriche, 2016**).

## IV.2.1. Matières première d'origine laitière

Tableau N°09: Normes des paramètres microbiologique

	La poudre de lait	Le cheddar	Le beurre	Produit fini
GAMT	2×10 <sup>5</sup> germe /g(JORA1998)	<3000(JORA1998)	10 <sup>2</sup> germes /g(JORA1998)	10 <sup>2</sup> germes /g(JORA1998)
Coliformes totaux	10germe /g(JORA1998)	<100 (JORA1998)	10germes(JORA1998)	10 <sup>2</sup> germes /g(JORA1998)
Coliformes fécaux	1germe /g(JORA1998)	10 (JORA1998)	Absence(JORA1998)	10germes /g(JORA1998)
Staphylocoque	Absence(JORA1998)	Absence (JORA1998)	Absence(JORA1998)	10(JORA1998)
Clostridium-sulfite réducteur	Absence(JORA1998)	Absence (JORA1998)	1 germe / g (AFNOR(1986))	Absence(JORA1998)
Salmonella	Absence dans 25 g(JORA2017)	Absence dans 25 g(JORA2017)	Absence dans 25g(JORA2017)	Absence dans 25g(JORA2017)

## IV.2.2. Matières premières d'origine non laitière

Tableau N°10: Normes des paramètres microbiologique selon les normes

	L'eau de process
GAMT	<10 <sup>2</sup> germes/g (JORA1998)
Coliformes totaux	Absence dans 250 ml (JORA2017)
Coliformes fécaux	Absence dans 250 ml (JORA2017)
Clostridium-sulfite réducteur	Absence dans 50 ml (JORA2017)
Streptocoque	Absence (JORA1998)

La contamination de fromage par les bactéries d'altération est un domaine très complexe. La contamination par les bactéries pathogènes est un risque encouru par toute entreprise agroalimentaire.

Du fait même de leur composition et des conditions de production, les fromages peuvent être contaminés par des microorganismes qui, en se multipliant dans le milieu, provoquent des transformations nuisibles à la qualité des produits par dégradation de leurs constituants (protéines, lipides, lactose) et (ou) libération en leur sein de composés indésirables. Ces dégradations se traduisent par des défauts de goût, d'odeur, d'aspect et de texture.

Les coliformes peuvent être responsables de gonflements précoces dans les fromages, conduisant notamment en pâte molle, à des accidents spectaculaires (fromage à aspect spongieux). Ce gonflement est dû principalement à la formation d'hydrogène très peu soluble dans le fromage.

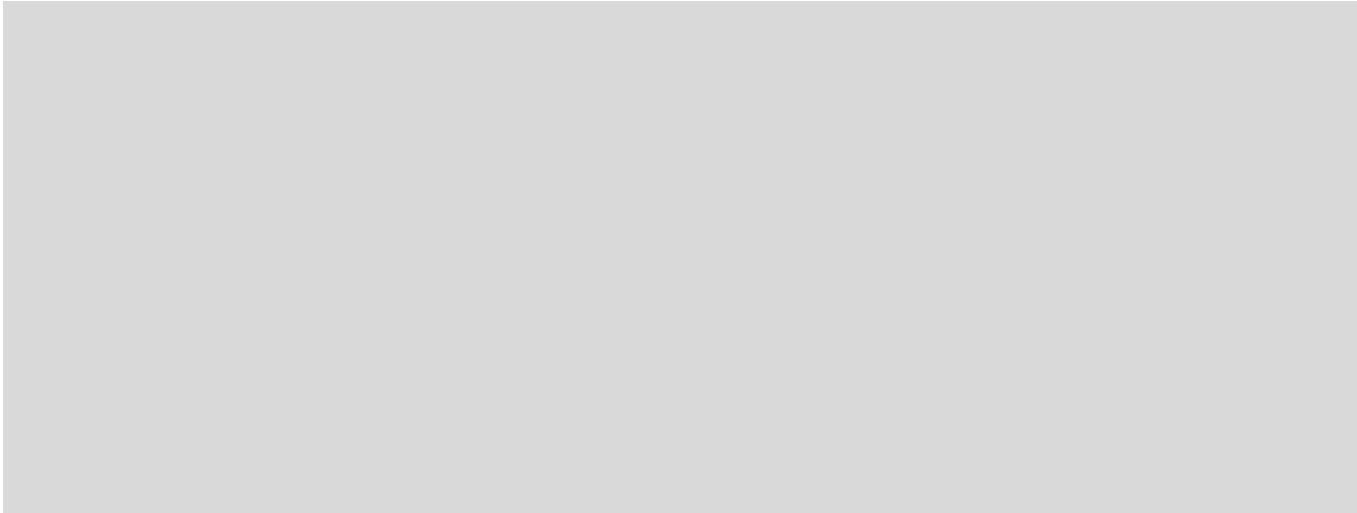
Lors de leur développement dans les fromages, les bactéries psychotropes (genre *Pseudomonas* principalement mais également *Bacillus*) peuvent produire des lipases et protéases extra cellulaires, généralement thermostables, ces enzymes peuvent provoquer des défauts de goût dans les fromages (goût de rance, amertume).

Les *Clostridium* peuvent se développer dans les fromages à pâte pressée cuite et non cuite et donner des défauts de goût et d'ouverture (gonflement tardif) par fermentation butyrique (production d'acide butyrique et d'hydrogène).

La contamination des fromages peut être aussi l'œuvre des germes dangereux pour la santé du consommateur.

Les *Staphylococcus aureus* produisent des entérostomies dont l'ingestion provoque des vomissements, souvent accompagnés de diarrhée. *Salmonella* peut provoquer les mêmes symptômes, caractéristiques d'une toxi-infection alimentaire, ainsi qu'*Escherichia coli*.

La lutte contre la contamination par bactéries pathogènes doit être une priorité pour toutes les entreprises. Si une usine n'est pas un vase clos, et que le risque zéro ne peut malheureusement jamais être garanti, il est indispensable pour les professionnels de s'assurer que les bonnes mesures sont prises pour garantir l'innocuité des produits car les enjeux sont énormes: sécurité sanitaire en premier lieu et pour l'assurer lorsque une entreprise se trouve dans des conditions critiques de contamination, rappel de produit, arrêt d'une ligne de production, voire fermeture d'usines (**Hermier et al., 1992**).



---

# **CONCLUSION**

---

En général, le fromage fondu « le Picon » demeure le principal produit issu de la seconde transformation du lait. Il permet de garantir une conservation plus longue connu comme aliment de valeur nutritionnelle non négligeable et comme source de plaisir gustatif, des études scientifiques confirment de plus en plus, que c'est un excellent produit alimentaire.

Le fromage peut contenir des germes microbiens dangereux souvent responsables des toxi infection collectives, ces microorganismes à majorité bactérienne sont soit apportés par manipulation ou par le matériel. La santé humaine est très importante, pour cela le contrôle de la qualité physicochimique et microbiologique est indispensable.

Du fait de son importance alimentaire et économique, nous nous sommes intéressées dans cette étude à l'évaluation de la qualité du fromage fondu le Picon fabriqué au niveau de la fromagerie Bel Algérie.

Notre travail s'est articulé autour de deux axes de recherche :

- ✚ Le premier concerne la technologie du fromage et plus particulièrement le fromage fondu qui est un produit alimentaire de seconde transformation, obtenu après mélange et cuisson de fromages, additionné éventuellement d'autres ingrédients laitiers.
- ✚ En la seconde phase, nous nous sommes intéressées à l'activité du laboratoire du côté contrôle de la qualité microbiologiques des produits (recherche de certains germes tels que: Les coliformes totaux et fécaux ; Staphylococcus aureus et Clostridium sulfite-réducteur.....) et physicochimiques (en évaluant le pH, EST, le taux d'humidité ainsi que la MG...).

En fin Les résultats des analyses effectuées doivent être comparés impérativement aux normes nationales et internationales pour vérifier la conformité des produits. Si les résultats sont conformes aux normes nationale et internationale on dit que le produit est de très bonne qualité.



---

# **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

### A

---

- **AFNOR – ISVs, 1986:**Contrôle de la qualité des produits laitiers, 3ème édition. Pp 647-651.
- **Anonyme 1:** Source depuis le site internet <https://www.lanutrition.fr>.
- **Anonyme 2:** Source depuis le site internet <https://saintesante.com>.
- **Anonyme, 2016:** Agence de promotion de l'industrie et de l'innovation. (Food Agriculture Organisation) (2013).
- **Anonyme, 2020:** Actalia produits laitiers. Formations fermières (2019 - 2020) fromages & produits laitiers. [www.actalia.eu](http://www.actalia.eu).
- **Anonyme, 2015:** La filière fromage en Algérie en 7 diapos. CEFAM-PRESERVET CENTRE DE LA FORMATION D'ETUDES. Formation &accompagnement sur-mesure dans le domaine de l'agriculture et de l'agroalimentaire Algérie-septembre 2015.

### B

---

- **Benamara, R.N., (2017).** Identification et caractérisation de spores de *Bacillus cereus* isolées de fromages fondus fabriqués en Algérie. Thèse de Doctorat, Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen, Tlemcen. 161 P.
- **Boudjerare, H. and Messaoudi, R., (2018).** Caractérisation physico-chimiques et microbiologique du fromage Bouhezza au cours de sa conservation : Détermination d'une date limite de conservation (DLC). Thèse de Master, Université de Larbi Ben M'hidi Oum El-Bouaghi, Oum El-Bouaghi. 80 P.
- **Bougeois, C.M. and Leveau, J.Y., (1980).** Le contrôle microbiologique, technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaire. Technique et documentation, Lavoisier.480 p.
- **Bourahla, B and Ougabe, S., (2017).**Elaboration d'un fromage fondu à base de *pisseblit Taraxacum officinale*. Thèse de Master, Université de M'Hamed Bougara Boumerdès, Boumerdès. 91 P.
- **Boutonnier, J.L., (2000).** Fabrication de fromage fondu. Techniques de l'ingénieur, F6310 v1.

### C

---

- **Chaiti, H. and Zermane, R., (2019).** Validation et vérification des paramètres de production de fromage fondu et mise en place d'un protocole de contrôle car de l'entreprise Celia. Thèse de Master, Université de Blida 1, Blida. 105P.
- **Chambre, M. and Daurelles, J., (1997).** Le fromage fondu. In: Eck A, Gillis JC, Editors. Le fromage: La Science a L'assurance-Qualité. 3<sup>ème</sup> éd. Lavoisier TEC & DOC, 891p, Paris.
- **Chérifi, N. and Riane, A., (2017).** Vérification de la mise en place du système HACCP au niveau de la fromagerie SARL PROMASIDOR (Fromage fondu en portion «Le Berbère»). Mémoire de Master II. Université Blida 1. Blida 260 P.
- **Commission Codex Alimentarius, (2015).** Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires comité du codex sur le lait et les produits laitiers, projet de norme générale pour le fromage fondu observation à l'étape 6, 2 p.

### D

---

- **Décret n°2007-628 du 27 avril 2007** relatif aux fromages et spécialités fromagères.
- **Décret n°2013-1010 du 12 novembre 2013** modifiant le décret n°2007-628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères.
- **Devuyst, A., Vervack, W., Charlier, H. and Jadin, V. (1972).** La teneur en lysine totale et disponible du lait, des fromages et des produits de boulangerie ayant subi un traitement industriel. Le Lait (Revue générale des questions laitières), 453 P.

### E

---

- **Eck, A. and Gillis, J.C., (1997).** Le fromage: De la science à l'assurance-qualité. 3<sup>ème</sup> éd, Lavoisier TEC & DOC, 891p, Paris.

### F

---

- **Food Agriculture Organisation [FAO]/ [OCDE]. (2016).** Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2016-2025 Chapitre spécial : Afrique subsaharienne, Éditions OCDE, Paris. 141 P.
- **Fredot, E., (2005).** Connaissance des aliments. Bases alimentaires et nutritionnelle de la diététique, Edition Tec & Doc. Lavoisier, 424 p, Paris.



### G

---

- **Georges, B. and Vincent, M. (2009).** Spécification technique de l'achat public laits et produits laitiers, groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition (GEM RCN). 19-21.
- **German. L., (1976).** Le traitement des eaux. Edition Technique et Documentation, 147 p, Paris.
- **Ghezali, M., Deriche, I. and Cherif, K. (2016).** Etude comparative entre le fromage fondu et une spécialité fromagère. Thèse de Master. Université de M'hamed Bouguerra Boumerdès, Boumerdès. 98 P.
- **Guiraud, J.P., (2003).** La microbiologie alimentaire. Tome 2. Edition Dunod, 206 p, Paris.

### H

---

- **Hoogwegt Group, (2019).** Une situation difficile pour l'Algérie. Vol. 16 – Numéro 4. 1-2.
- **Hermier, J., Lenoir, F. and Weber., F. (1992).** Les groupes microbiens d'intérêt laitier. Edition CEPIL, 6 P, Paris.

### J

---

- **JORA (Journal Officiel de La République Algérienne), 1990.** Décret exécutif n° 90-367 du 10 novembre 1990 relatif à l'étiquetage et à la présentation des denrées alimentaires.
- **JORA (Journal Officiel de la République Algérienne), 1998.** Arrêté interministériel n°35 du 27 mai 1998.
- **JORA (Journal Officiel de La République Algérienne), 2005.** Arrêté du 13 Dhou El Hidja 1425 correspondant au 23 janvier 2005 rendant obligatoire une méthode de recherche des salmonella dans le lait et les produits laitiers.
- **JORF (Journal Officiel de La République Française), 2007.** Décret n° 2007-628(2007, 27 avril): Relatif aux fromages et spécialités fromagères (JORF du 29/04/2007). Modifiée par: **Décision n° 307014 du Conseil d'Etat du 28 octobre 2009** (non publiée au JORF), Décret 2013-1010 du 12 novembre 2013 (JORF du 14/11/2013), Décision 374602 du 17 avril 2015 (JORF du 23/04/2015) Applicable au 1<sup>er</sup> septembre 2015.

- **JORF (Journal Officiel de La République Algérienne), 2012.** Arrêté du 28 Ramadhan 1433 correspondant au 16 août 2012 rendant obligatoire la méthode de détermination de la teneur en matière sèche dans le lait, la crème et le lait concentré non sucré.
- **JORF (Journal Officiel de La République Algérienne), 2013.** Arrêté du 8 décembre 2013 rendant obligatoire une méthode de détermination de la teneur en matière sèche des fromages et des fromages fondus.
- **Joffin, C. and Joffin, J.N. (2003).** Microbiologie alimentaire. Biologie et Technique, 5<sup>ème</sup> édition, CRDP Aquitaine. 488 p, Paris.

### K

---

- **Kali, S., Benidir, M., Ait Kaci, K., Belkheir, B. and Benyoucef, M.T., (2017).** Situation of the dairy sector in Algeria: Analytical approach from the up Stream to the down Stream, 4-5.
- **Kongo, J.M. and Malcata, F.X. (2016a).** Cheese: Processing and Sensory Properties. In: Encyclopedia of Food and Health. Elsevier, 748-754.

### L

---

- **Lu, Y., Shirashoji, N. and Lucey, J.A., (2008).** Effects of pH on the Textural Properties and Meltability of Pasteurized Process Cheese Made with Different Types of Emulsifying Salts. Food Engineering and Physical Properties, n°8, vol 73, 363-369.
- **Lucas, A., Hulin, S., Michel, V., Agabriel, C., Chamba, J.-F., Rock, E. and Coulon, J.-B. (2006).** Relations entre les conditions de production du lait et les teneurs en composés d'intérêt nutritionnel dans le fromage: étude en conditions réelles de production. INRA Productions Animales, Février 2006. Vol 19 (1) ,15-28.
- **Lucie, R., (2013).** La composition nutritionnelle des fromages. Extrait du La lettre à table. Consulter le mardi 8 janvier 2013.3-4.
- **Luquet, F.M., (1985).** Lait et produits laitiers. Vache, brebis, chèvre. Edition Tec &Doc Lavoisier 2<sup>ème</sup> éd, 396 p, Paris.

### M

---

- **Magri, W., Belarouci, M. and Meriouli, Y., (2016).**Contribution à l'étude de la qualité physico chimique et microbiologique du fromage fondu pasteurisé. Thèse de Master, Université M'hamed Bougara Boumerdes, Boumerdes. 80 P.
- **Mahaut, M., Jeantet, R. and Brulé, G., (2003).** Initiation à la technologie fromagère. École nationale supérieure agronomique de Rennes. Edition Tec & Doc Lavoisier, 173 p. LONDRES- PARIS-NEW YORK.
- **Ministère de l'Agriculture et du développement rural [MADR]. (2007).** Rapport sur la situation du secteur agricole. Alger: MADR.

### N

---

- **Nero, L.A. and Carvalho, A.F.; (2019).**Challenges for Production and Consumption of Raw Milk and Raw Milk Products. In:Raw Milk. Elsevier, 351-362.

### O

---

- **Ouari, E., (2017).** Contribution à l'étude physico-chimique et microbiologique d'un type de fromage fondu .Thèse de Master, université Aboubekr Belkaid Tlemcen. Tlemcen .91 P.

### P

---

- **Patart, J.P., (1987).** Le fromage fondu. In: Eck, A., Gillis, J.C. (1997). Editors. Le fromage: La Science a L'assurance-Qualité. 3<sup>ème</sup> éd. Lavoisier TEC & DOC, 398 p. Paris.

### R

---

- **Ramet, J.P., (1993).** La technologie des fromages au lait de dromadaire (Camelus dromadaires). Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation ET l'Agriculture. Etude FAO production ET santé animals. ISSN 1014-1197.7 p.
- **Recham, R., (2015).** L'essentiel De L'agroalimentaire Et L'agriculture Le Marché des Industries Alimentaires en Algérie. N°97.13-14.
- **Richonnet, C., (2016).** Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus. Cahiers de nutrition et de diététique, Nutritional properties of processed cheeses. Fromageries BEL, 1-8.

- **Rodier, J., (2005).** L'analyse de l'eau: eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer ; chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. 8<sup>ème</sup> édition Dunod,800 p, Paris.
- **Roustel, S., (2014).** Fromage fondu: physico-chimie du processus de fonte, technique de l'ingénieur, F6310 v2.
- **Roustel, S. and Boutonnier, J.L. (2015).** Fromage fondu: technologie de fabrication et contrôle de qualité, technique de l'ingénieur, F6311 v1.

### S

---

- **Savello, P.A., Ernstrom, C.A. and Kaláb, M., (1989).** Microstructure and meltability of model process cheese made with rennet and acid casein. Journal of Dairy Science, vol. 72, 1–11.
- **Schlienger, J.L., (2014).** Nutrition Clinique pratique chez l'adulte et l'enfant. Chapitre 2: Les aliments. 2<sup>ème</sup> éd, 124 p, EL SEVIER MASSON.

### T

---

- **Thierry, M., (2012).** Fabrication des fromages, Dangers, règlements et normes, technique de l'ingénieur, F9000 v1.

### V

---

- **Vignola, C., (2002).** Science et technologie du lait: transformation du lait. 2<sup>ème</sup> éd, 598 P, Presses inter Polytechnique de Amazon France.
- **Veisseyre, R., (1966).** Technique laitières « récolte, traitement et transformation du lait», 2<sup>ème</sup> édition, 241 p, Paris.

### Y

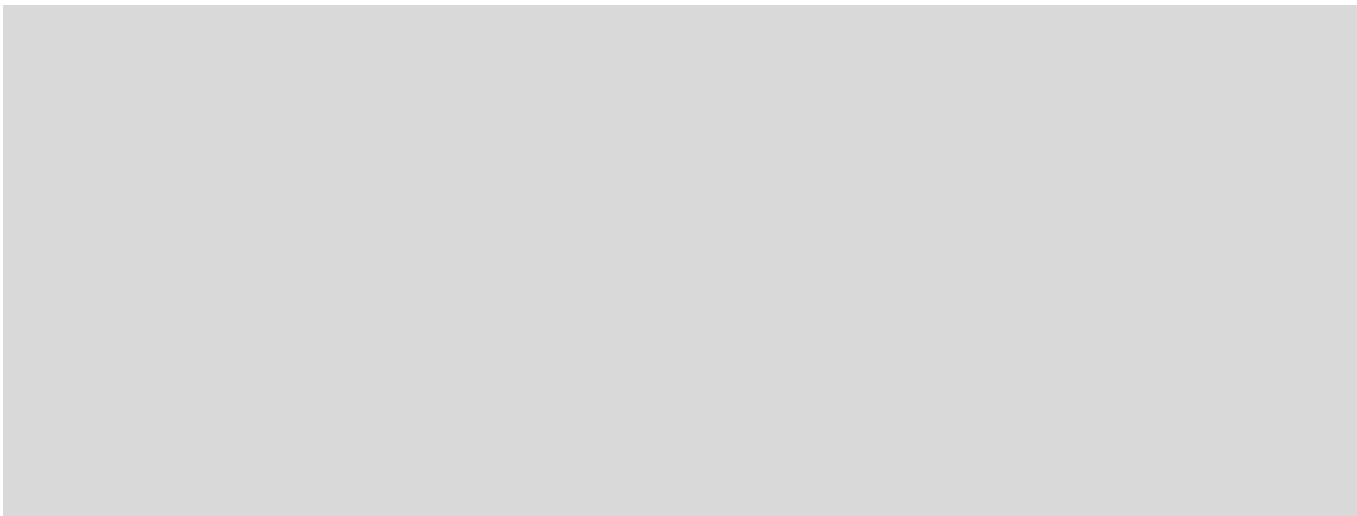
---

- **Yfarkye, N., (2004).** Cheese technology. N° 2/3, Vol 57, International Journal of Dairy Technology. 91-98.

### Z

---

- **Zeller, B., (2005).** Le fromage de chèvre : spécificités technologiques et économiques. Thèse de doctorat en science vétérinaire. Université Paul-Sabatier de Toulouse, France. 78 P.



---

# **ANNEXES**

---

## Annexe I: Présentation de l'entreprise Bel Algérie

Tableau N°11: Fiche synthétique de l'industrie « Fromagerie Bel Algérie ».

Nom de l'entreprise	Fromagerie Bel-Algérie
Superficie du site	22 000 m <sup>2</sup>
Régime Juridique	S.P.A
Filière d'activité	Production et commercialisation du fromage fondu
Usine	Zone d'activité Mazafran Koléa, wilaya Tipaza.
Effectif	850 salariés

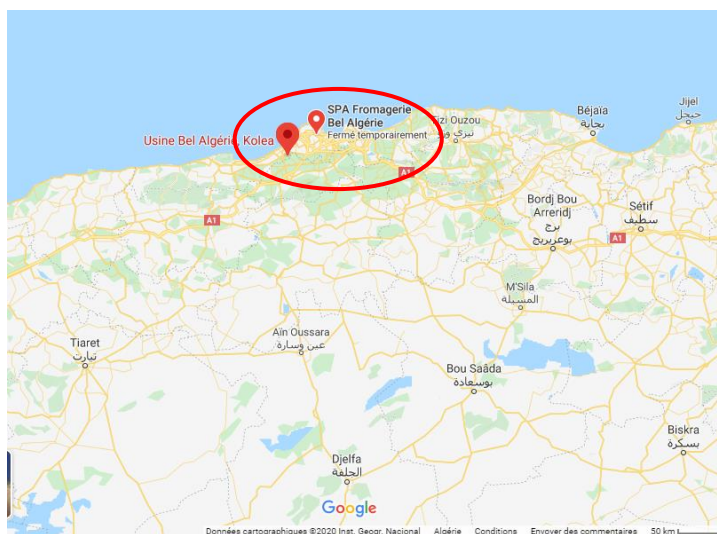


Figure N°15: Carte de localisation de la fromagerie Bel Algérie (Google Maps, 2020).

**Annexe II:** Les analyses physicochimiques et microbiologiques qui doivent être effectuées

**Tableau N°12:** Les analyses physico-chimiques qui doivent être effectuées

Produit analysées	Poudre de lait	Fromage	Beurre	L'eau de process	Sel de fonte	Produit fini
pH	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MG(%)	✓	✓	✓	×	×	✓
EST(%)	✓	✓	✓	×	×	✓
MG/EST(%)	×	×	×	×	×	✓
H(%)	✓	✓	✓	×	×	✓
Cl(mg/l)	×	×	×	✓	×	✓
TA (°F)	×	×	×	✓	×	×
TAC (°F)	×	×	×	✓	×	×
TA/TAC (°F)	×	×	×	✓	×	×
TH (°F)	×	×	×	✓	×	×

**Tableau N°13:** Les analyses microbiologique qui doivent être effectuées.

Produit analysée	Poudre de lait	Fromage	beurre	L'eau de process	Produit fini
Germe totaux 30C°	✓	×	✓	✓	✓
Coliformes totaux 37C°	✓	×	✓	✓	✓
Coliformes fécaux44C°	✓	×	×	✓	✓
Staphylococcus aureus	✓	✓	✓	×	✓
Clostridium sulfito-Réducteur	✓	✓	×	✓	✓
Streptocoques fécaux37C°	×	×	×	✓	×
Salmonella	✓	✓	✓	✓	✓

✓ : Analyse effectuée × : Analyse non effectuée

**Annexe III:** Les matériels utilisés**Analyses physico-chimiques****Tableau N°14:** les matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques.

Appareillage	Verrerie	Réactif
-Balance analytique de précision	-Béchers	-Alcool
-Butyromètre	-Eprouvette graduée	-Eau distillé stérile
-Thermomètre	-Burettes	-Acide sulfurique
-Dessiccateur	-Pipettes graduées	-Alcool iso amylique.
-Centrifugeuse	-Erlenmeyer.	-Phénol phtaléine
-Agitateur magnétique	-Burette à robinet.	-Méthyle orange.
-pH mètre	-Coupelle en aluminium.	-Solution d'éthyle-diamine tétra-acétique (EDTA).
-Centrifugeuse.	-Spatule en inoxes.	-Noir d'érichrome T.
-Réfrigérateur.		-Solution de nitrate d'argent
		-Bichromate de potassium

**Analyses microbiologiques****Tableau N°15:** les matériels utilisés pour les analyses microbiologiques

Appareillage	Verreries	Solutions et réactifs	Milieux de cultures
-Balance analytique de précision	-Béchers	-Alcool	-VRBL
-Bain marie	-Pipette pasteur	-Eau de javel	-Pré –enrichissement (Eau Peptonee Tamponnee)
-Bec benzène	-Boites pétri	-Eau distillé stérile	-Bouillon au tétra thionate (Muller - Kauffmann)
-Etuve	-Tubes à essai Stérile	-Solution de sulfite de sodium.	-Bouillon au sélénite
-Réfrigérateur.	-Eprouvette graduée	-Solution de tellurite de potassium.	-Eva Litsky
-Autoclave.	-Burettes	-Solution d'alun de fer	-Rothe
	-Flacons en verre stériles	-Solution d'alun de fer	
	-Spatules stériles	-Kovacs.	
	-Pipette pasteur.		
	-Portoir.		



	-Spatule.		-VF (viande-foie) -BCPL -Schubert
--	-----------	--	---

**Annexes IV:** Table de Mac Grady pour dénombrements microbiens en milieu li liquide.

**Tableau N°16:** Table de Mac Grady pour dénombrements microbiens en milieu li liquide.

Nombre de tube positifs dans chacune des 03 dilutions consécutives	Nombre des germes
000	0,0
001	0,5
010	0,5
011	0,9
020	0,6
100	0,6
101	1,2
110	1,3
111	2,0
120	2,0
121	3,0
200	2,5
201	5,0
210	6,0
211	13,0
212	20,0
220	20,0
221	70,0
222	110,0



