

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dahleb Blida 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département Sciences alimentaire



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master en

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Science Alimentaire

Spécialité : Nutrition et Diététique humaine

Thème :

Suivi de la qualité physicochimiques et microbiologique
du fromage fondu au niveau du groupe industriel

GOUMID

Présenté par :

BENALI Bachira

YAHIAOUI Karima

Soutenu publiquement

Le :18/07/2023

Devant le jury :

Dr. GUESSAIBIA N.	(MCA)	Présidente	USD Blida
Dr. KHALDOUN H.	(MCA)	Examinatrice	USD Blida
Dr. BOULKOUR S.	(MCA)	Promotrice	USD Blida
Mme. BOUGADA H.	Responsable laboratoire	Co-Promotrice	Groupe GOUMIDI

DÉDICACES

Du profond de mon cœur je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers.

A la femme qui souffre son me laisse souffrir qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère LILA.

À l'homme mon précieux offre du dieu qui doit ma vie ma réussite et tout mon respect : mon chère père NACEREDDINE.

À mon mari qui n'est pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études

Que dieu le protège et leur offre la chance et le bonheur.

À mes frères ABDELHAMID et ISHAK qui savent toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toutes la famille.

À mes oncles et mes tantes ainsi toutes la famille que dieu leurs donne une longue et joyeuse vie.

À mes cousines MOUNI, MARIA, ANFEL et la petite NIHAL pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublie mon binôme pour son soutien morale sa patience et sa compréhension tout au long de ce provie.

Bachira.

Un rêve qui se réalise grâce à Dieu le tout puissant, ce mémoire est enfin achevé, je le dédie aux personnes qui me sont très chères :

Mon très cher père Nesrdine qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

Ma très chère mère Nabila vous avez toujours été mon école de patience, de confiance et surtout d'espoir et d'amour. Vous êtes et vous resterez pour moi ma référence, la lumière qui illumine mon chemin.

À mon mari Kamel, pour ses encouragements, sa confiance et son amour.

À mes adorables sœurs : Khadidja et Sara, mes frères Abdraouf et Abdrahman ce travail est également leur travail pour leurs encouragements, assistances et disponibilités pour moi à n'importe quel moment.

À mon amie, sœur d'abord puis binôme après ces 5ans : Bachira pour tous les moments durs et agréables passés ensemble, ainsi qu'à toute sa famille.

Mes dédicaces sont également adressées à toute la famille Yahiaoui, Drichi , Bounif et Salmi.

Karima.

REMERCIEMENTS

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Dr BOULKOUR. S maître de conférences A (MCA), On la remercie pour la qualité de son encadrement, exceptionnel, pour sa patience sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent à Dr GUESSAIBIA.N maître de conférences A (MCA), à l'Université de Blida 1 pour nous avoir honorés en acceptant la présidence de ce jury.

Nos remerciements s'adressent à Dr KHALDOUN. H maître de conférences A à l'Université de Blida 1 qui a aimablement accepté de faire partie de notre jury en tant qu'examinatrice.

Aux personnels du groupe industriel GOUMIDI.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et leurs patiences, dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Sommaire

DÉDICACES	
REMERCIEMENTS	
RESUME	
ABSTRACT	
ملخص	
INTRODUCTION	01
CHAPITRE I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	03
I.1. LE FROMAGE	03
I.1.1. Généralités sur les fromages	03
I.1.2. Classification des fromages	03
I.1.3. La flore d'intérêt technologique	08
I.1.4. Les différents types des ferments	08
I.1.5. Les principaux genres des ferments lactiques	09
I.1.6. Activités métaboliques des ferments lactiques	10
I.1.7. Bactéries propioniques	10
I.1.8. Bactéries de surface	11
I.1.9. Flore fongique	11
I.2. LES FROMAGES FONDUS	12
I.2.1. Histoire	12
I.2.2. Définition du fromage fondu	12
I.2.3. Les différents types de fromage fondu	12
I.2.4. Les critères du fromage fondu	13
I.2.5. Processus de fabrication du fromage	16
I.2.6. Principaux défauts du fromage fondu	19
CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES	21
II.1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE	21
II.2. MATÉRIELS	21
II.2.1. Matériels biologique	21
II.2.2. Matériels non biologique	21
II.3. MÉTHODES	21
II.3.1. Échantillonnage	21
II.3.2. Mode de prélèvement	22
II.3.3. Analyses microbiologiques	23
II.3.4. Analyses physico-chimiques	44

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSIONS	54
III.1. RESULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES.....	54
III.1.1. <i>Résultats microbiologiques des matières premières.....</i>	<i>54</i>
III.1.2. <i>Résultats microbiologiques du produit fini</i>	<i>58</i>
III.2. RESULTAT DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES	59
III.2.1. <i>Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières.....</i>	<i>59</i>
III.2.2. <i>Résultats physico-chimique du produit fini</i>	<i>62</i>
CONCLUSION.....	63
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	64
ANNEXES.....	67
ANNEXE N°1 : LES INDICATEURS COLORES ET LES ADDITIFS	67
ANNEXE N°2 : VERRERIE PHYSICOCHEMIE ET MICROBIOLOGIQUE	67
ANNEXE N°3 : COMPOSITION DES MILIEUX DE CULTURE UTILISES	67
ANNEXE N°4 : TABLE DE MAC-GRADY.....	71
ANNEXE N°5 : MATERIEL UTILISE.....	72

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU I : CLASSIFICATION DES FROMAGES SELON LA RICHESSE EN MATIERE GRASSE.....	06
TABLEAU II : LES CRITERES PHYSICO-CHIMIQUES DES FROMAGES FONDU (ECK ,1997).....	15
TABLEAU III : LES CRITERES MICROBIOLOGIQUES REGLEMENTAIRES DU FROMAGE FONDU [J.O, N° 35, 1998].....	15
TABLEAU IV : LES DIFFERENTS PRELEVEMENTS EFFECTUES AU NIVEAU DE LA CHAINE DE FABRICATION.....	22
TABLEAU V : REPRESENTATION DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DES MATIERES PREMIERES ET PRODUIT FINI.	23
TABLEAU VI : MILIEUX DE CULTURES, TEMPERATURE ET TEMPS D'INCUBATION DES GERMES RECHERCHES DANS LES ECHANTILLONS ANALYSES.....	24
TABLEAU VII : EXEMPLE SUR DES RESULTATS FINALS DES COLIFORMES TOTAUX.	27
TABLEAU VIII : EXEMPLE SUR DES RESULTATS FINALS DES COLIFORMES FECAUX	29
TABLEAU IX : EXEMPLE SUR DES RESULTATS D'UNE LECTURE DE TESTE DE PRESOMPTION DES STREPTOCOQUES FECAUX.	30
TABLEAU X : EXEMPLE SUR DES RESULTATS D'UNE LECTURE FINALE DES STREPTOCOQUES FECAUX (TESTE DE CONFIRMATION).....	32
TABLEAU XI : REPRESENTATION DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES MATIERES PREMIERES ET PRODUIT FINI.	44
TABLEAU XII : RESULTAT DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DE L'EAU DE PROCES.	54
TABLEAU XIII : RESULTAT DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DE LA POUDRE DE LAIT.....	56
TABLEAU XIV : RESULTAT DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DE BEURRE.....	57
TABLEAU XV : RESULTAT DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DE CHEDDAR.	58
TABLEAU XVI : RESULTAT DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DE PRODUIT FINI (FROMAGE FONDU).	58
TABLEAU XVII : RESULTAT DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU DE PROCES.....	60
TABLEAU XVIII : RESULTAT DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA POUDRE DE LAIT.	61
TABLEAU XIX : RESULTAT DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE BEURRE.	61
TABLEAU XX : RESULTAT DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE CHEDDAR.....	62
TABLEAU XXI : RESULTATS DES ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES DU PRODUIT FINI FROMAGE FONDU.....	62

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : LA DIVERSITE DES FABRICATIONS FROMAGERES (GAUCHERON, 2004).	06
FIGURE 3: RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES GERMES AEROBIES MESOPHILES TOTAUX DANS L'EAU.....	26
FIGURE 4 : PREPARATION DES DELUTIONS DECIMALES DE PRODUIT SOLIDE OU SEMI SOLIDE	35
FIGURE 5 : PREPARATION DES DILUTIONS DECIMALES DE PRODUIT LIQUIDE	35
FIGURE 6 : RECHERCHE ET DENOMBREMENT DE LA FLORE AEROBIE MESOPHILE TOTALE.	37
FIGURE 7 : RECHERCHE ET LE DENOMBREMENT DES COLIFORMES TOTAUX ET FECAUX	38
FIGURE 8 : RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES STAPHYLOCOCCUS AUREUS	41
FIGURE 9 : RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES CLOSTRIDIUM SULFITO-REDUCTEURS.	43
FIGURE 10 : PHOTO LA MESURE DE PH (PH METRE).....	46
FIGURE 11 : PHOTO DE L'ANALYSE DU TH DANS L'EAU DE PROCESS.....	47
FIGURE 12 : PHOTO DE L'ANALYSE DU TA DANS L'EAU DE PROCES.	47
FIGURE 13 : PHOTO L'ANALYSE DU TAC DANS L'EAU DE PROCESS.	48
FIGURE 14 : PHOTO DE L'ANALYSE DE TAUX DES CHLORURES DANS L'EAU DE PROCES.	48

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AOC	Appellation d'Origine Contrôlée	pH	Potentiel d'Hydrogène
BCPL	Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocresol	SM	Solution Mère
BGN	Bactérie a Gram Negatif	S/C	Simple Concentration
Ca	Calcium	TSE	Tryptone Sel Eau
CaCl ₂	Chlorure de Calcium	TA	Titre Alcalimétrique
CSR	Clostridium Sulfito-Réducteur	TAC	Titre Alcalimétrique Complet
CT	Coliforme Totaux	TH	Titre Hydrométrique
CF	Coliformes Fécaux	TTC	Triphenyl Tetrazolium Chloride nom anglais du Chlorure de Triphenyl Tetrazolium
D/C	Double Concentration	UFC	Unité Formant Colonie
EST	Extrait sec	Ug	Micro gramme
EDTA	l'acide Éthylène-Diamine-Tétra-Acétique	VF	Viande Foie
FMAT	Flore Mésophile Aérobie Totale	VBL	Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant
G/ S	Gras / Sec	VRBL	Gélose Bilié Lactosé Bilié au cristal Violet et Rouge neutre
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne	GAMT	Germe aérobie mésophile totaux
Kcal	Kilo calorie	Réactif KOVACS	Indole Réactif Merck
MG	Matière Grasse	Milieu EVA	Ethyl Violet Azide
Min	Minimum	Ep	Eau de procès
Max	Maximum	CH	cheddar
NaCl	Chlorure de Sodium	PDL	Poudre de l'ait
NPP	Nombre le Plus Probable	PF	Produit fini
O.G.A	Oxytétracycline-Glucose-Yeast Extract Agar	ASR	Anaérobie Sulfito-Réducteur
OMS	Organisation Mondiale de la Santé	AFNOR	Association française de normalisation .
OPT	Optimal		
PCA	Plate Count Agar		

ISO	International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation).	Ca ²⁺	calcium
		Mg ²⁺	magnesium
SM	Suspension mère	OMS	Organisation Mondiale de la Santé 1990.
Gélose PCA	Plate Count Agar	DPD	Diéthyl phénylène_1,4 diamine
ATP	Adénosine-Triphosphate	pH	potentiel d'hydrogène
Milieu OGA	Oxytétracycline_Glucose_Yeast Extract Agar	AgNO ₃	Nitrate d'argent
TH	Titre hydrométrique		

RESUME

Le fromage est un produit vulnérable et facilement altérable si les conditions d'hygiène de fabrication ne sont pas respectées. Cette altération peut résulter à tout moment de fabrication, la qualité des fromages dépend en grande partie des microorganismes capables de s'installer et de se développer.

Au cours de ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de la qualité physicochimique et microbiologique d'un fromage fondu, et de suivre le déroulement du procès de sa fabrication au sein de groupe industriel GOUMIDI. Les analyses physicochimiques et microbiologiques sont réalisées pour 3 dates de fabrication, et les prélèvements sont réalisés sur les matières premières (eau de procès, la poudre de lait, le cheddar, le beurre, et aussi le produit fini (fromage fondu).

Les résultats des analyses physicochimique tels que : matière grasse, extrait sec, pH, titre hydrométrique, Chlore libre, et conductivité de la matière première jusqu' au produit fini sont conformes aux normes **JORA 1998 et JORA 2017**. Les résultats des analyses microbiologiques montrent une qualité microbiologique acceptable du fromage fondu avec une absence totale des Coliformes totaux et fécaux, la flore totale aérobie mésophile, les levures et moisissures, les Clostridium sulfito-réducteurs, Streptocoques fécaux, et aussi *Staphylococcus aureus*.

D'un point de vue prospectif il est important de contrôler la qualité de ces produits et respecter les conditions d'hygiène lors de la fabrication et du transport, ainsi que lors du stockage, en appliquant les textes règlementaires.

Mots clés : Fromage fondu, Qualité physicochimique, Qualité microbiologique, Matière première, Hygiène.

ABSTRACT

Cheese is a vulnerable and easily perishable product if manufacturing hygiene conditions are not met. This deterioration can occur at any stage of production, and the quality of cheese largely depends on the microorganisms that can establish and grow.

In this study, we focused on the physicochemical and microbiological quality of processed cheese and tracked the manufacturing process within the industrial group GOUMIDI. Physicochemical and microbiological analyses were conducted for three production dates, including samples taken from raw materials (process water, milk powder, cheddar cheese, butter) and the finished product (processed cheese).

The results of the physicochemical analyses, such as fat content, dry matter, pH, hydrometric titre, free chlorine, and conductivity, from raw materials to the finished product, complied with JORA 1998 and JORA 2017 standards. The microbiological analysis results showed an acceptable microbiological quality of the processed cheese, with a total absence of total and fecal coliforms, mesophilic aerobic flora, yeasts and molds, sulfite-reducing *Clostridium*, fecal *Streptococcus*, and *Staphylococcus aureus*.

From a prospective standpoint, it is important to control the quality of these products and adhere to hygiene conditions during manufacturing, transportation, and storage, in accordance with regulatory texts.

Keywords: Processed cheese, Physicochemical quality, Microbiological quality, Raw materials, Hygiene.

ملخص

يعد الجبن منتجًا ضعيفًا وسهل التلف إذا لم يتم احترام شروط النظافة في عملية التصنيع يمكن أن ينتج هذا التلف في أي وقت من عملية التصنيع، وتعتمد جودة الأجبان إلى حد كبير على الكائنات الدقيقة التي يمكنها الاستقرار والتكاثر فيها.

في هذا العمل، اهتمنا بدراسة الجودة الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية للجبن المنصهر ومتابعة سير عملية تصنيعه ضمن المجموعة الصناعية GOU MIDI.

يتم إجراء التحاليل الفيزيوكيميائية والمكروبيولوجية لثلاثة تواريخ من عملية التصنيع، ويتم أخذ العينات من المواد الخام (ماء العملية، مسحوق الحليب، الشيدر، الزبدة) بالإضافة إلى المنتج النهائي (الجبن المنصهر).

تظهر نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية مثل: الدهون، المادة الصلبة، الحموضة، التركيز الهيدرومترية، الكلور المتبقي، وقيمة القدرة التوصيلية من المادة الخام حتى المنتج النهائي، وفقا لمعايير (JORA 1998 و JORA 2017) تظهر نتائج التحاليل الميكروبيولوجية جودة ميكروبيولوجية مقبولة للجبن المنصهر مع عدم وجود الكوليفورم الكلي والكوليفورم الناتج عن الفضلات والكائنات الحية الدقيقة النموذجية الهوائية العذلة، والخميرة والعفن، والكلوستريديوم المختزل للسلفيت، والمكورات العنقودية الناتجة عن الفضلات، وكذلك العنقوديات الذهبية.

من وجهة نظر توقعيه، من المهم ضبط جودة هذه المنتجات واحترام شروط النظافة أثناء التصنيع والنقل، وكذلك أثناء التخزين، من خلال تطبيق القوانين والتشريعات ذات الصلة.

الكلمات الرئيسية: جبن منصهر، جودة فيزيوكيميائية، جودة ميكروبيولوجية، مواد خام، النظافة.

INTRODUCTION

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

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

La sécurité et la qualité d'un produit sont les premières exigences que les entreprises algériennes doivent réaliser pour une meilleure satisfaction du consommateur, d'où la nécessité de mettre en place un système qualité perpétuel permettant de suivre la qualité du produit à chaque stade de son parcours et également avant sa commercialisation.

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

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

L'Algérie est le premier consommateur du lait et produits dérivés au Maghreb et se place ainsi au troisième rang mondial en matière d'importation du lait et produits laitiers, après l'Italie et le Mexique. Malgré l'immense diversification des types de fromage dans le marché, les fromages en portions ressortent avec une meilleure prédilection du consommateur algérien au dépend des autres types de fromage qui sont considérés comme des produits de luxe. (**Chemache, 2011**).

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

C'est pour cet objet que nous nous sommes engagée de mettre l'accent au service qualité par la réalisation des différentes analyses physico-chimique et microbiologique a fin de confirmé la

qualité du produit, sans oublier également le contrôle de son unité logistique (emballage) afin d'assurer la commercialisation d'un produit sain, nutritif et de haute qualité.

L'objectif principal de notre travail est d'assurer la conformité des analyses physico-chimique et microbiologiques aux normes prédéfinies pour garantir une bonne qualité du produit.

Le manuscrit comporte trois parties : une revue bibliographique sur les fromages et les différents types de fromage fondu ainsi que la technologie de fabrication. Les techniques et les méthodologies utilisées pour les deux analyses physicochimique et microbiologique sont également décrites dans le second chapitre, et finalement un troisième chapitre qui englobe les résultats et la discussion, avec une conclusion qui clôture ce manuscrit.

Chapitre I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. FROMAGE

I.1.1. Généralités sur les fromages

Le fromage est un produit laitier, frais ou affiné, plus ou moins riche en matière grasse qui résulte de la coagulation de certaines protéines du lait (caséines), sous l'effet de l'acidification due à des ferments microbiens ou à l'action enzymatique de divers produits comme la présure. Le mot *fromage* dérivé de l'ancien français « fromage » et vient du latin « formaticum » qui désigne un moule à fromage . Sa fabrication est apparue il y a 8000 ans, peu après la domestication des animaux, pour conserver les principaux constituants du lait. Plus tard, les romains s'intéressèrent aux procédés de fabrication des fromages et stimulèrent le développement de nouvelles variétés. L'art fromager a connu un fort développement au XIX^{ème} siècle avec la découverte des micro-organismes de fermentation par Pasteur, l'apparition du froid industriel et le développement des moyens de transport.

La composition du fromage, aliment hautement digestible, le rend intéressant pour tous les groupes d'âge. Les qualités nutritionnelles des fromages sont liées à leur composition et à l'état de leurs composants (**Eck et Gillis, 1997**).

La **dénomination « fromage »** est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse (MG), beurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche (MS) du produit ainsi défini doit être de 23g pour 100g de fromage. La description et les caractéristiques techniques des fromages et des spécialités fromagères figurent dans le texte et l'annexe (qui présente les dénominations définies telles que (Camembert, Brie, Raclette, Emmental, Saint-paulin ...) du **décret n°2007- 628 du 27 avril 2007 (GEM RCN, 2009)**.

I.1.2. Classification des fromages

La grande diversité des fromages rend leur classification difficile. Les critères de classification suivants peuvent être pris en compte :

- L'origine du lait (vache, brebis, chèvres...).

- La composition des fromages en matières grasses.
- La technologie de fabrication (**Deroissard et Luquet, 1994**).

a. Selon la technologie de fabrication

Les fromages sont, généralement, classés en fonction de leur technologie et de leur croûte.

Fromage à pâte pressé

Fromages à pâte pressée cuite

Les Fromages à pâte pressée cuite ou pâte dure, sont des fromages pour lesquels, après pressage, le caillé est chauffé au moment de son tranchage à 65 °C puis laissé à l'affinage :

- Lorsqu'il est **thermisé**, le lait est chauffé à environ 65 °C, ce qui ne détruit qu'une partie de la flore.
- Lorsqu'il est **pasteurisé**, le lait est chauffé de 72 à 85 °C pendant 20 secondes maximum, puis refroidi immédiat à 4 °C. Cette procédure détruit la flore naturellement présente dans le lait (**Eck et Gillis, 1997**).

Fromages à pâte pressée non cuite

Le terme à pâte pressée se dit d'un fromage dont le caillé est pressé au moment du moulage afin d'éliminer le maximum de lactosérum, puis laissé à l'affinage.

Fromages à pâte persillée

Les pâtes persillées sont des caillés mixtes au caractère acide très développé en fin de fabrication se caractérisent par un goût épicé, piquant, apporté par les méthylcétones provenant de la lipolyse poussée de la matière grasse. Des aiguilles sont utilisées pour percer le caillé, permettant des ouvertures et un apport d'oxygène interne, un pénicillium s'y développe, ce qui crée les marbrures bleues.

Fromages à pâte molle

Les pâtes molles contiennent entre 50% et 60% d'humidité. Ce type de fromages se divise en deux catégories : les pâtes molles à croûte fleurie et naturelle et les pâtes molles à croûte lavé. Ils sont fabriqués à partir de lait pasteurisé ou de lait cru (**Gaucheron, 2004**).

Fromages de pâte molle à croûte fleurie

La texture coulante et crémeuse des fromages de pâte molle à croûte fleurie est due à sa méthode de fabrication et à l'égouttage du caillé qui est déposé (à la louche), sans être brisé ou rompu, dans des moules : il s'égoutte naturellement sans pression ; on parle d'égouttage spontané. Après

quelques heures, la masse est salée à l'aide de sel, ou encore plongé dans une saumure.

La croûte blanche et fleurie est formée par un champignon, le *penicillium candidum*, que l'on pulvérise sur la surface avant l'affinage qui dure environ un mois.

Fromages de pâte molle à croûte lavée

Le principe de fabrication d'une pâte molle à croûte lavée est semblable à celui des pâtes molles à croûte fleurie, sauf que le caillé est coupé plus ou moins finement avant d'être mis en moule. Ce « rompage » facilite l'écoulement du petit lait : la pâte sera plus serrée, plus compacte mais néanmoins moelleuse, coulante ou plus ferme, selon le degré de séchage. Durant l'affinage, qui s'étend sur deux à quatre mois, le fromage est retourné régulièrement puis brossé ou lavé à l'aide d'une saumure. Il révèle des saveurs marquées ou prononcées, parfois fortes.

Fromages frais ou à pâte fraîche

La pâte fraîche est la base de tout fromage, et existe au début de tout processus de fabrication, avant toute fermentation et tout affinage. La pâte fraîche est faite à partir de lait et pour certains de petit-lait (lactosérum) tiré du lait entier ou écrémé comme le fromage à la crème. D'autres peuvent être enrichis de crème (**In Moussa et Foura, 2015**).

Fromage de lactosérum

Comme leur nom l'indique ces fromages sont élaborés à partir de lactosérum ou « petit lait » (issu de la fabrication de fromage), avec ou non une adjonction de lait. La coagulation est obtenue par un chauffage à la température d'ébullition ou proche de celle-ci. Les plus connus sont le « Brocciu » corse, la « Brousse de Rove »

Fromage à pâte filée : (obtenus par le pétrissage et l'étirement du caillé) : Mozzarella.

Fromages fondus : obtenus par la cuisson de fromages divers.

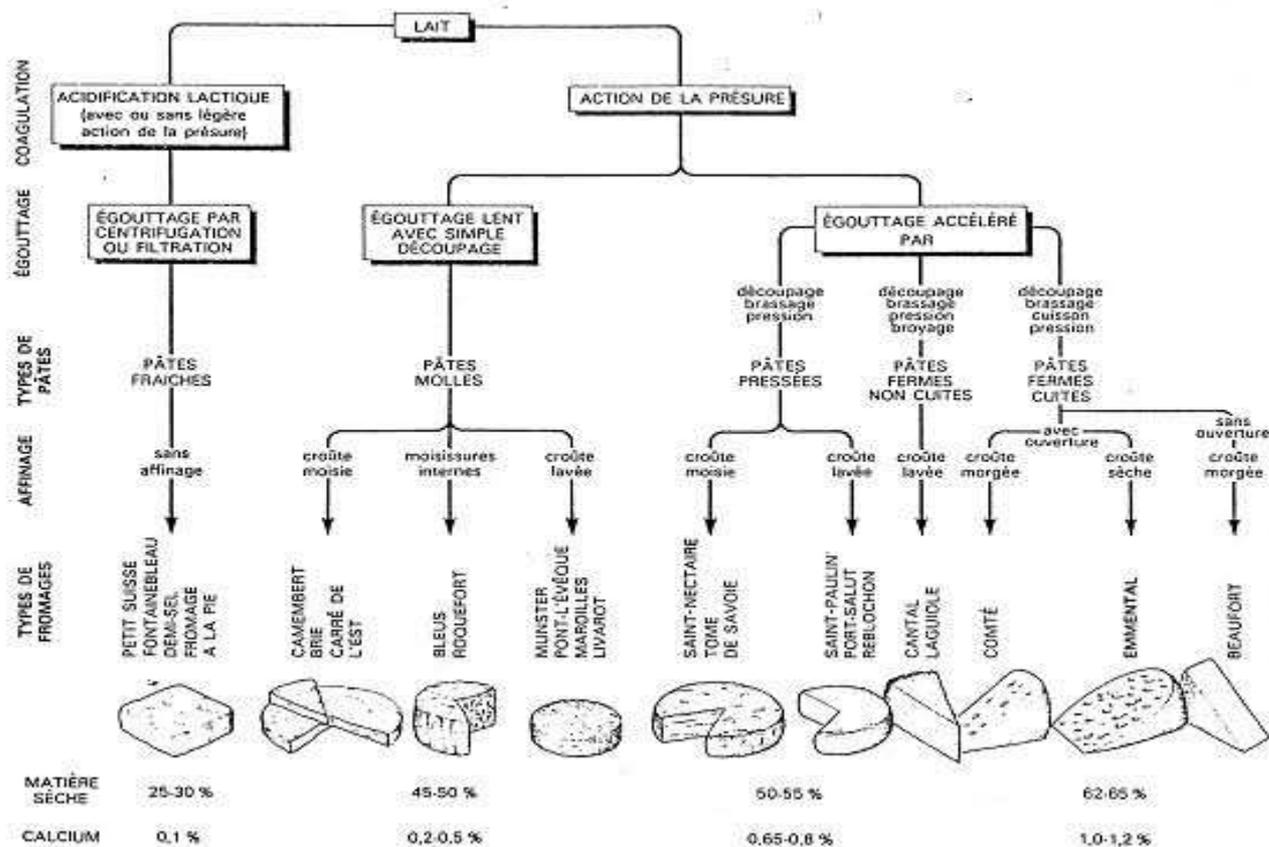


Figure 1 : La diversité des fabrications fromagères (Gaucheron, 2004).

b. Selon la richesse en matière grasse :

La matière grasse joue un rôle essentiel dans la texture du fromage et contient les éléments chimiques qui donnent à chaque fromage ses caractères et ses saveurs particulières et selon la teneur en matière grasse le cadre réglementaire qui est constitué principalement par le décret 88-1206 du 30 décembre 1988 par la norme A-1978 de la FAO et enfin par le codex alimentaire qui classe les fromages comme suit :

Le tableau ci — après donne la classification des fromages selon leur richesse en matière grasse.

Tableau 1 : Classification des fromages selon la richesse en matière grasse.

Type/classification	% en matière grasse
Triple crème	Plus de 75%
Double crème	De 60% à moins de 75%
Fromage gras	De 50% à moins de 60%

Type/classification	% en matière grasse
Fromage allégé (sans addition de sucre)	De 20% à moins de 30%
Fromage maigre	Moins de 20%

c. Selon le type de lait

Les fromages de chèvre

La grande majorité des fromages de chèvre est obtenue par une coagulation mixte de type lactique ou « coagulation lente ». Ils entrent dans la catégorie des fromages à pâte molle et à croûte fleurie. À côté on trouve d'autres variétés, dont la coagulation est de type présure ou « coagulation rapide » (**Bruno Zeller, 2005**).

Pour les fabrications incorporant du lait de chèvre la réglementation distingue deux catégories :

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

Les fromages de brebis

Le lait qui sert à fabriquer ce type de fromage est assez rare. En effet, il faut traire une vingtaine de brebis pour obtenir le volume équivalent à la traite d'une seule vache, il contient plus de deux fois la quantité de matière grasse dans le lait de vache. La saveur peut également être améliorée par le réseau des herbes qui poussent dans les zones souvent pâturées par les moutons. Il fournit également des harmoniques douces de la lanoline résultant dans un arôme de fromage. Le lait sucré combiné avec des saveurs de noix naturelles élaborées à partir des résultats de l'affinage des fromages dans une riche dégustation de fromages qui peuvent aller dans la saveur de légère à

très forte. Variétés courantes comprennent Amou, Annot, Barac, Feta, Roquefort, Ricotta... (**In Moussa et Foura, 2015**).

I.1.3. Flore d'intérêt technologique

d. Les bactéries lactiques

Sont des bactéries des fermentations alimentaires, Elles sont en générale des cocci ou bâtonnets, gram +, aérotolérantes, catalase - ; les bactéries lactiques se caractérisent par une forte production d'acides lactiques et comprend les genres suivants : *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Entérocooccus*, *Pediococcus* (**Bourgeois et Larpent, 1996**).

Les bactéries lactiques sont utilisées depuis longtemps dans la transformation et la conservation des aliments, cet usage prolongé a établi. Sans ambiguïté, l'innocuité d'un certain nombre de souche et d'espèces appartenant à un nombre restreint de genre microbiens (**Luquet et Corrieu, 2005**).

Les bactéries lactiques peuvent être classées selon leur degré de fermentation en deux grands groupes :

Homo fermentaires

Qui acidifient le lait par fermentation du lactose présent dans le lait dont le produit final est l'acide lactique.

Hétéro fermentaires

En plus de l'acidification du lactose ils lui confèrent des arômes particuliers. Les produits finaux de la fermentation seront constitués en plus de l'acide lactique, de l'éthanol, de l'acétate et du CO₂ (**Deroissard et Luquet, 1994**).

I.1.4. Différents types des ferments

Les ferments lactiques sont des cultures pures en proportion définies de différentes bactéries lactiques qui en se multipliant dans le lait et dans le fromage (**Bourgeois et Larpent, 1996**).

On distingue couramment deux types de ferments :

a. Ferments mésophiles

Qui sont en général utilisés pour des variétés de fromages dont la température des caillés dans la phase d'acidification ne dépasse pas 40°C.

b. Les ferments thermophiles

Qui sont plutôt employés dans des variétés de fromages où la température dépasse 40°C. (InMoussa et Foura, 2015).

I.1.5. Les principaux genres des ferments lactiques

Les streptocoques, Les lactobacilles, Les leuconostocs.

a. Streptocoques

Les Streptocoques sont des coques à coloration de gram positive et catalase négative qui possèdent un métabolisme homofermentaire strict, conduisant essentiellement à la production d'acide lactique. Ce genre microbien regroupe à la fois des bactéries d'intérêt industriel et nutritionnel (*Streptococcus thermophilus*) (Drider et Prévost, 2009).

Streptococcus thermophilus

C'est une bactérie homofermentaire et produisant uniquement du L-lactate. C'est actuellement le seul Streptocoque utilisé volontairement dans la fabrication des fromages et les produits laitiers (yaourt, lait fermenté), cette espèce présente le grand avantage de produire une activité acidifiante dans un large spectre de température. Sa température de croissance optimale se situe entre 42 et 44 C°, et la température minimale entre 19 et 30 C°. *Streptococcus thermophilus* présente une sensibilité importante au pH bas (de l'ordre de 4,6-4,8) et à l'acidité, impliquant sa lyse rapide au cours de l'acidification du lait (Drider et Prévost, 2009).

b. lactobacillus

Sont des bactéries Gram +, asporogènes, immobiles, pour la plupart aérotolérantes. Leur morphologie va de cocci plus ou moins allongés à des formes longues, ce qui les rend parfois difficile à distinguer des leuconostoc.

Le genre lactobacillus se subdivise en trois groupes :

- Groupe 1 : anciennement appelé Thermobacterium.
- Groupe 2 : anciennement appelé Streptobacterium.
- Groupe 3 : anciennement appelé Betabacterium (Bourgeois et Larpent, 1996).

c. Les leuconostocs

Ils produisent de l'éthanol et des acides organiques à partir du lactose et du diacétyl à partir du citrate. Ils participent donc aussi à la constitution de l'arôme et de la saveur (Fredot, 2005). Ces bactéries inhibent les microorganismes contaminants acidosensibles, certaines espèces peuvent

utiliser le citrate du lait et produisent du diacétyl, élément principal de saveur du beurre et d'autres produits laitiers (**Bourgeois et Larpent, 1996**).

I.1.6. Activités métaboliques des ferments lactiques

a. Acidification

La croissance des bactéries lactiques dans le lait, puis dans le caillé entraîne la consommation du lactose et l'excrétion de l'acide lactique conduisant à l'abaissement du pH. Cette fonction acidifiante des bactéries lactiques est déterminante dans le processus d'élaboration des fromages.

La cinétique d'acidification dépend directement de trois paramètres : la nature des bactéries lactiques, leur niveau de population et la température du milieu (**Corrieu et Luquet, 2008**).

Cette acidification accélère la coagulation des caséines pendant la fabrication des fromages et favorise la synérèse.

Le pH acide et la faible activité de l'eau réduisent la croissance de certains micro-organismes indésirables tels que Clostridium, listeria et Staphylococcus et préparent les conditions de développement des micro-organismes responsables et de l'affinage (levures et moisissures)(**In Cholet, 2006**)

b. Production de composés aromatiques

Les bactéries libèrent des enzymes protéolytiques (plasmine, chymosine, protéase, acide) responsables de la protéolyse lors de l'affinage des fromages. Ce phénomène agit aussi bien sur la texture de la pâte que sur sa saveur et son arôme. Les protéases des bactéries lactiques libèrent des oligopeptides et des acides aminés qui participent à la saveur et à l'arôme des fromages, soit par eux-mêmes, soit par leur métabolites (acides volatils, acétaldéhyde, alcool...).

Les bactéries lactiques sont responsables aussi de la lipolyse de la matière grasse du lait libérant des acides gras qui participent, soit par eux-mêmes, soit parce qu'ils sont à l'origine d'autres composés aromatiques (cétone, ester, lactone), aux caractéristiques sensorielles des fromages (**Corrieu, 2008**).

I.1.7. Bactéries propioniques

Ce sont des germes anaérobies leur concentration augmente au cours de l'affinage de certains fromages (Emmental). Elles fermentent le lactose résiduel avec production d'acide propionique, d'acide acétique et de CO₂ dont l'accumulation est responsable de *trous* dans les fromages. Ces germes contribuent à la formation des saveurs et des arômes des pâtes fromagères (**Fredot,**

2005).

I.1.8. Bactéries de surface

Les bactéries dominantes à la surface sont des Gram+ et appartiennent, en grande partie, au groupe de Staphylocoques et aux bactéries corynéforles. Elles possèdent en commun certains caractères physiologiques qui expliquent leur aptitude à s'implanter à la surface des fromages. Elles sont les plus souvent aérobies, mésophiles, halotolérantes et acidosensibles, ne pouvant de ce fait se développer que dans une zone de pH proche de la neutralité (6 à 8.5) (**In Riahi, 2006**).

I.1.9. Flore fongique

a. Levure

Les levures sont présentes dans le fromage à tous les stades de fabrication. Parmi les rôles qui peuvent leur être attribués, on peut citer :

La fermentation du lactose avec production du CO₂. Cependant, une fermentation trop active du lactose par les levures peut aussi provoquer des accidents tels que l'apparition d'une ouverture anormale ou l'apparition d'un gout levuré.

La neutralisation de la pâte par la consommation de l'acide lactique et des lactates formées par les bactéries lactiques et par la production d'ammoniac. Cette désacidification est indispensable pour le développement de la flore bactérienne acido-sensible (**Larpen, 1991**).

b. Moisissure

La présence de moisissures internes ou superficielles caractérise divers types de fromages. Elles contribuent, en métabolisant l'acide lactique, à la neutralisation de la pâte et produisent de nombreuses enzymes qui participent à la maturation du fromage.

D'autres moisissures peuvent contaminer le fromage à pâte molle pendant l'affinage. Les mucors sont souvent principalement incriminés dans l'incident du « poil de chat » des fromages à pâte molle. La surface des fromages est alors recouverte de touffe duveteuse plus ou moins blanche terminée par des petites boules grises, brunes, ou noires (**In Cholet, 2006**).

I.2. LES FROMAGES FONDUS

I.2.1. Histoire

Le fromage fondu est un produit laitier relativement jeune et moderne puisqu'il a été inventé en suisse vers 1910, par la société GERBER THUM (**Luquet, 1985**). L'intérêt de fondre des fromages provenait à l'époque de difficultés qu'il y avait à ralentir ou stopper leur maturation, du fait de l'absence de possibilité de stockage en chambres froides (**Luquet, 1985**).

Le fromage a connu depuis du succès commercial important et durable en Amérique du Nord (**Viesseyre, 1979**).

I.2.2. Définition du fromage fondu

Le fromage fondu est issu de la seconde transformation du lait. Sa fabrication implique le mélange, le chauffage et la texturation de produit laitiers. Définissent l'attribution de la dénomination (fromage fondu) aux Produits de la fonte du fromage ou d'un mélange de fromages, additionné éventuellement d'autres produits laitiers présentant une teneur minimale en matière sèche de 43 grammes pour 100 grammes de produit fini et une teneur minimale en matière grasse de 40 grammes pour 100 grammes de produit après complète dessiccation (**Décret n°628 ,2007**)

I.2.3. Les différents types de fromage fondu

Selon (**Benamara et Boudjemaa ,2017**), ces produits issus de la fonte de fromages peuvent être regroupés en sept familles :

a. Fromage fondu type « bloc »

Le traitement thermique subi est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée et une bonne tranchabilité, comparable à celle d'un fromage classique. Pour assurer sa stabilité, sa teneur en matière sèche est élevée et il est fondu partiellement ou totalement à partir de citrate de sodium. L'objectif est de retrouver l'aspect d'un fromage à pâte pressée, bien que celui-ci ait fait l'objet d'un chauffage. (**Boutonnier, 2006**).

b. Fromage fondu type « coupée »

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

c. Fromage fondu tartinable

C'est le processus de crémage qui permet en partie de régler la consistance du produit fini et de lui conférer une certaine tartinabilité. Ces produits peuvent être aromatisés et conditionnés en emballages souples (portions) ou rigides (pots, barquettes, tubes). Ils existent principalement sous trois formes : La portion aluminium (la plus répandue), la présentation en barquette et, plus marginale, la présentation en tube.

d. Fromage fondu ayant une texture « crème »

Ils possèdent généralement un ratio caséines sur protéines totales plus faible que les fromages fondus tartinable. Ils conservent une propriété d'écoulement à température ambiante (caractère visqueux) et sont généralement conditionnés en barquettes, pots, tubes.

e. Fromage fondu toastable (pour refonte)

Originaire d'Amérique du Nord, il se présente généralement sous forme de tranches adaptées à une utilisation dans les cheeseburgers. Ce produit doit refondre rapidement sans carbonisation superficielle. Ils peuvent être produits à partir de fromages fondus de type « bloc », mais aussi après coulage dans un film plastique, suivi d'un refroidissement rapide, d'une préparation fromagère fondue dont la texture est obtenue, entre autres, par la gélification d'un hydrocolloïde (carraghénanes en général).

f. Fromages fondus thermostable

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

g. Fromages frais fondus

Ces fromages fondus sont obtenus à partir de fromages non affinés. De ce fait, ils présentent des caractéristiques sensorielles très différentes des autres produits. De texture courte et tartinable, ils sont généralement de couleur blanche et ont des saveurs plus lactiques.

I.2.4. Les critères du fromage fondu

a. Les critères biochimiques du fromage fondu

Dans certains pays, la fabrication de fromage fondu est faite à partir d'une seule variété de

fromage (fromage à pâte dur ou semi dur) on peut citer : le cheddar aux U.S.A., au Royaume-Uni et en Australie ; le gruyère et la mozzarella au Canada aux U.S.A. Le fromage fondu est généralement fabriqué à partir d'un mélange de différentes variétés de fromage naturel (**Eck, 1997**)

b. Les critères physico-chimiques et biochimiques

Le fromage fondu est un produit laitier riche en lipides, protéines et en certains minéraux tels que le phosphore, le sodium et le calcium et des vitamines (A, D, E, K).

Protéines

De par leur procédé de fabrication, les fromages fondus présentent globalement moins de protéines que les autres fromages : environ 10,2 g pour 100 g contre 22 à 27 g pour les pâtes molles et pâtes pressées non cuites (**Richonnet, 2015**).

La qualité nutritionnelle de ces protéines laitières repose sur une forte digestibilité (> 95%) et une composition en acides aminés indispensables particulièrement bien équilibrée permettant de satisfaire les besoins de l'homme (**Richonnet, 2015**).

Dans les fromages fondus, les caséines sont les protéines majoritaires (92 %), caractérisées par une teneur élevée en proline et un taux relativement faible en acides aminés (AA) soufrés (cystéine notamment). Les protéines « lentes », elles favorisent un bilan protéique positif chez le sujet jeune en croissance facilitent un anabolisme protéique postprandial (**Richonnet, 2015**).

Lipides

Les lipides présents dans les fromages fondus sont exclusivement issus des matières grasses laitières apportées par leurs ingrédients : fromages, lait, beurre, crème ou matière grasse laitière. La composition de la matière grasse des fromages fondus est donc en tout point comparable à la matière grasse laitière. Présentée sous forme bien émulsionnée, sa digestibilité est optimale et elle est caractérisée par sa richesse en acides gras saturés (AGS): 60—65 % des acides gras (**Richonnet, 2015**).

pH

Le pH du fromage fondu est compris entre 5,3 et 5,8 (**ECK, 1987**).

Matière grasse

Selon (**Boutonier, 2006**), la teneur en matière grasse est de 40% au minimum.

L'extrait sec total et la teneur en eau

La matière sèche du fromage fondu supérieur ou égal à 43% (**Vierling, 1999**). Un fromage

fondus à 45% de MG doit contenir 48% d'eau (**Luquet, 1986**).

Calcium

Il constitue 1,3 % du poids corporel de l'homme adulte et se trouve pour 99 % dans le squelette et dans les dents. Comme tous les produits laitiers le fromage fondu contribue à l'apport en calcium : les produits laitiers contribuent pour 70 % à l'apport calcique de la ration, le fromage apportant en moyenne 290mg/j de Ca.

Le calcium est indispensable à la croissance, il contribue à maintenir l'intégrité et la solidité du squelette et des dents : les besoins varient selon l'âge, (**Goldschmidt et al, 2004**).

Sodium

Le sodium présent dans les fromages fondus à trois origines : les fromages ingrédients, les sels de fonte sodiques et le chlorure de sodium (sel de cuisine) ajouté lors de la production. Avec une moyenne de 737 mg de sodium (**Richonnet,2015**).

Tableau II : Les critères physico-chimiques des fromages fondu (ECK ,1997).

Physico-chimique	Pourcentage
Matière grasse	40%
pH	5.3 à 5.8
Extrait sec total	43%
Cendres	3%

c. Les critères microbiologiques des fromages fondus

Selon le Journal Officiel de la République Algérienne N°35 et plus précisément l'arrêté interministériel du 24 janvier 1998 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires, les critères microbiologiques sont indiqués au tableau suivant :

Tableau III : Les critères microbiologiques règlementaires du fromage fondu [J.O, N° 35, 1998].

Les bactéries	N	C	m
Coliformes	5	2	10
Coliformes fécaux	5	2	1
Staphylococcus aureus	5	2	10
Salmonella	5	0	Absence

Les bactéries	N	C	m
<i>Listeria monocytogenese</i>	5	0	Absence

m : seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante. Tous les résultats égaux ou inférieurs à ce critère sont considérés comme satisfaisants.

n : nombre d'unités composant l'échantillon.

c : nombre d'unités de l'échantillon donnant des valeurs situées entre « m » et « M ».

M : Seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants. (Codex, 1998 dans Belhawa et Bentayeb, 2008)

d. Valeur nutritive

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 tels que protéines de haute valeur nutritionnelle, lipides, glucides, vitamines et minéraux (Calcium, Phosphate, Potassium, Magnésium et Sodium) (Gaucheron, 2004).

e. Valeur énergétique

La teneur calorique du fromage fondu est de 280cal pour 100g de produit frais avec une teneur en lactose très faible, l'essentiel des calories provient des lipides. Ce fromage fondu contient 22g de lipide dans 100g de produit frais, qui apportent une énergie équivalente à 198cal, alors que les protéines et les glucides ne représentent que 82cal (Dupin et al., 1981).

I.2.5. Processus de fabrication du fromage

Il comprend une série d'étapes détaillées ci-après :

a. Sélection des matières premières

La sélection est guidée par les caractéristiques souhaitées du produit fini. Le choix des matières premières contribuera à la détermination du procédé de fonte (Goldschmidt et al, 2004).

b. Préparation des matières premières

Cette étape consiste au nettoyage des fromages éventuellement souillés en surface ou pour lesquels la croûte est considérée comme indésirable. En effet, dans certains cas, la dureté de celle-ci peut entraîner des difficultés de fonte et la présence dans le produit fini de particules infondues. Cet écroûtage peut se faire par raclage, par abrasion ou encore par jets d'eau ou de vapeur sous pression (Benamara et Boudjemaa, 2017).

c. Écroutage, découpage et broyage

L'écroutage du fromage 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 sont découpés à l'aide de lames ou de couteaux. (Richonnet ,2015). Cette découpe grossière est suivie d'un broyage, Cette technique s'effectue à l'aide de machine spéciale (broyeur). Le fromage sort de broyeur sous forme de long spaghettis (Luquet, 1985).

d. Formulation

La formulation des ingrédients est faite de manière à donner une composition de produit fini souhaitée. Formulation est effectuée sur la base des teneurs en matière grasse et en matière sèche dès le fromage naturel, y compris tous les composants du mélange, ajouté l'eau. Si nécessaire, des ajustements supplémentaires de matières grasses et sèches sont possibles avant la fin du traitement.

De l'eau et des sels de fonte sont ajoutés aux matières premières fromagères et laitières, puis un pré broyage de l'ensemble est effectué pendant quelques minutes pour obtenir un mélange prêt à être fondu.

La formulation du mélange implique la sélection du type et de la quantité correcte de "naturel". Fromages, ES, eau et ingrédients facultatifs pour donner un PCP avec le composition, saveur texture et propriétés fonctionnelles (Hui et Sherkat,2005).

e. Front proprement dite

L'opération de fonte consiste en un broyage, malaxage, traitement thermique et épaissement éventuel d'un mélange de matière première afin d'obtenir une pâte homogène stable chimiquement et microbiologiquement sur une durée plus ou moins longue pouvant aller de 3 à 12 mois. En terme biochimique, la fonte se caractérise par l'obtention d'une émulsion aussi stable que possible (Goldschmidt *et al.*, 2004).

f. Péptisation

Elle correspond à la phase de déstructuration de la masse protéique initiale issue des matières premières fromagères et laitières (Lee, 1981). Cette étape est indispensable pour obtenir, après action du traitement thermique, un mélange homogène caractéristique des fromages fondus.

Cette déstructuration nécessite l'utilisation de sels de fonte qui, en séquestrant le calcium lié aux protéines, permettent la transformation de la caséine en paracaséinate de sodium hydratable et

stable au traitement thermique. Le rôle des minéraux est essentiel lors de cette étape. (**Goldschmidt et al., 2004**).

g. Crémage

Le crémage nécessite des températures entre 70 et 90°C, cette étape est après la peptisation, l'épisode de la fonte qui détermine la qualité future du fromage fondu. En pratique signifie plus précisément gonflement et hydratation (**Lee, 1981**). La notion de gonflement peut s'appliquer à l'augmentation de viscosité pendant la fonte, à la fixation d'eau, ou à la transformation de la pâte d'un jeune fromage en une pâte crémeuse plus courte (**Cavalcante, 1995**).

h. L'homogénéisation

L'homogénéisation améliore la stabilité de l'émulsion grasse en réduisant la taille des globules gras.

Il améliore également la consistance, la structure, l'apparence et saveur du fromage fondu. Cependant, puisqu'il exige des capitaux supplémentaires pour couvrir l'augmentation des coûts d'exploitation et de maintenance et prolonger la production programme, l'homogénéisation n'est recommandée que pour les mélanges à forte teneur en matières grasses (**Kalab et al., 1987**).

i. Le conditionnement

Le fromage fondu se présente généralement sous forme de pâte à tartiner, conditionnée en boîtes ou en portions sous emballages aluminium (**Lambert, 1988**).

j. Refroidissement

Le produit de fromage fondu est généralement fourré à chaud (>72 °C) puis refroidi. Le refroidissement conduit à la cristallisation des graisses et à la prise du produit final. Le taux de le refroidissement a une influence majeure sur les caractéristiques du produit final avec un refroidissement lent les produits étant plus fermes et plus faciles à trancher, et les produits à refroidissement rapide étant plus doux et plus tartinable. Une vitesse de refroidissement plus rapide favorise un moindre degré d'organisation structurale locale à la fois de la phase protéique (réseau) et réseau de graisse cristalline (**Fox et al., 2017**).

k. Stockage

Le produit fini est stocké à moins de 10°C. Il ne doit pas être stocké dans des conditions congelées car une basse température peut induire la formation de cristaux (**Kanawjia et khetra, 2016**).

I. L'étiquetage)

Selon le décret exécutif n°90-367 du 10 novembre 1990 relatif à l'étiquetage et à la présentation des denrées alimentaires, l'emballage des fromages fondu doit comporter :

- Le nom du produit « FROMAGE FONDU » ou « FROMAGE FONDU POUR TARTINER ».
- Dans le cas où le produit contient des épices ou autres les appellations ci-dessus sont applicables suivies de la mention « à /à la /au /aux ».
- La teneur en matières grasse laitières.
- La liste complète des ingrédients utilisés.
- Le nom et l'adresse du fabricant, de l'emballer, du distributeur, de l'importateur, de l'exportateur ou du vendeur du produit doivent être déclaré.
- La température de conservation.
- Numéro d'identification de l'usine.
- Numéro du lot (**Eck, 1987**).

I.2.6. Principaux défauts du fromage fondu

Les défauts qui peuvent concerner les fromages fondus peuvent être de nature différente.

a. Défaut dû à l'influence des sels de fonte

Influence sur le goût

Les citrates ont une influence très prononcée et caractéristique de l'acide citrique et confère à la pâte un agréable goût de frais (**Tiscier, 1971**)

Influence sur la conservation

Il a été reconnu scientifiquement que les polyphosphates ont la capacité bactériostatique permettant de prolonger la durée de conservation des produits. Toutefois, il n'est pas moins vrai que la meilleure conservation donnée par l'emploi des polyphosphates se trouvent être la résultante directe de leur pouvoir émulsifiant qui est supérieur aux autres sels de fonte (**Veisseyre, 1979**)

Influence sur la couleur

Une fonte est réalisée uniquement avec des citrates de sodium à une influence directe sur la couleur de la pâte de (calcium) fromage fondu (**CLEP. 1991**)

b. Défauts dû au crémage

Le crémage joue un rôle très important et décisif dans la consistance du fromage fondu mais ce n'est pas l'unique facteur pouvant influencer la consistance mais il faut prendre en considération le pH (Quand la valeur du pH est faible on aura une pâte ferme et inversement) et la teneur en eau (entant que régulier de consistance, elle ne doit pas être considérée séparément, mais doit toujours être mise en relation avec la matière grasse et l'extrait sec (**Cuguel, 1988**)).

c. Défauts d'altération d'origines bactériennes

Les altérations se traduisent généralement par un défaut de texture bien caractéristique à savoir :

Le gonflement qui est un accident de fabrication particulièrement grave. Il se traduit par la présence de nombreux yeux dans le fromage, principalement près de la surface. Les germes responsables sont divers, assez rarement il s'agit de coliformes ou des levures gênées par l'absence de lactose et plus souvent ce sont des sporulés anaérobies capables de se développer à partir des lactates (**Konovalova, 1982**). Toutefois la cause de gonflement la plus fréquente reste encore la présence massive de bactéries propénoïque au-delà de 10,000 germes par gramme de fromage. (**Cuguel, 1988**)).

Chapitre II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Objectif de l'étude

Notre étude a pour but d'apprécier la qualité physico-chimique, hygiénique, et sanitaire du fromage fondu pasteurisé, produit au niveau de l'unité industrielle GOUMIDI tout au long de son processus de fabrication, dès les matières premières jusqu'au produit fini mise à la consommation.

Notre travail a été réalisé au sein de l'unité de GOUMIDI durant une période qui s'est étalée du mois de Février jusqu'au mois de Avril 2023.

II.2. Matériels

II.2.1. Matériels biologique

Nous avons analysé des échantillons de l'eau de procès, cheddar, poudre de lait, beurre, et le produit fini (le fromage fondu).

II.2.2. Matériels non biologique

Appareillages, verreries, Boites de pétri, pipettes pasteur, produits chimiques et milieux de culture sont mentionnés dans l'Annexe N°1.

II.3. Méthodes

Les tableaux I et II représentent le calendrier des analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées sur les matières premières et le produit fini.

II.3.1. Échantillonnage

Le prélèvement des échantillons pour les analyses microbiologiques et physico-chimiques nécessite un matériel stérile, propre et sec, ainsi le respect des conditions d'asepsie. De chaque lot deux échantillons ont été tirés au hasard.

Le poids de l'échantillon nécessaire de l'analyse est de 25 à 40g du produit fini.

II.3.2. Mode de prélèvement

a. L'eau de procès

Le prélèvement s'effectue au niveau de robinet, celui-ci est flambé, on laisse couler l'eau pendant quelques secondes, puis on prélève dans un flacon stérile.

b. La poudre de lait écrémé

Cette poudre est conditionnée dans des sacs en polyéthylène.

A l'arrivée on lui fait subir au niveau du laboratoire de des analyses physico-chimiques et microbiologiques.

Les prélèvements ont été effectués à partir de ces sacs choisis au hasard, l'ouverture des sacs se fait aseptiquement.

La poudre est prélevée à l'aide d'une sonde stérile à longue manche, elle est introduite rapidement dans un sac Stomacher à proximité d'une flamme.

c. Produit fini

Pour le produit fini, le prélèvement des échantillons est effectué le jour même de leur conditionnement, chaque heure pour chaque machine.

Les différents prélèvements effectués au niveau de la chaîne de fabrication sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV: Les différents prélèvements effectués au niveau de la chaîne de fabrication.

	Produits analysés	Lieu de prélèvement
Matières premières	<ul style="list-style-type: none"> • Lait en poudre • L'eau de procès • Beurre • Cheddar 	<ul style="list-style-type: none"> • Hangar de stockage • Les stations de traitement • Hangar de stockage • Hangar de stockage
Produit fini	Fromage fondu	Ateliers de conditionnement

II.3.3. Analyses microbiologiques

Elles sont effectuées en premier lieu sur les matières premières : l'eau du procès, le cheddar, la poudre de lait, le beurre et enfin sur le produit fini. Les analyses microbiologiques nous permettent de vérifier l'innocuité des matières utilisées et celle du produit fini, donc un contrôle continu est effectué lors du processus de fabrication.

Tableau V: Représentation des analyses microbiologiques des matières premières et produit fini.

	Clostridium Sulfito- réducteurs	<i>Staphylococcus aureus</i>	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Levures et Moisissures
Eau de procès	+	-	-	+	-
Cheddar	+	+	-	-	-
Poudre de lait	+	+	+	+	+
Beurre	-	+	+	+	+
Produit fini	+	+	+	+	+

Les aliments sont habituellement contaminés par une grande variété de micro-organismes.

De ce fait, quatre objectifs sont couramment visés :

- La recherche des germes qui peuvent présenter un danger pour la santé du consommateur.
- La recherche des germes qui affectent la qualité marchande (organoleptique) et dégradent les composants du produit en formant des produits de métabolisme indésirable. Il s'agit des agents d'altération.
- La recherche des germes de contamination fécale représentés essentiellement par des coliformes et des streptocoques fécaux qui sont considérés comme un indice d'une mauvaise hygiène.
- La recherche des germes dits indicateurs technologiques. Cette recherche s'effectue habituellement sur une denrée alimentaire qui a subi un traitement de stabilisation (pasteurisation). Dans ce cas, la mise en évidence d'une bactérie végétative serait une preuve d'une défaillance du traitement thermique appliqué.

La recherche et le dénombrement des germes dans les produits à analyser sont réglementés par

l'arrêté interministériel N°35du27Mai1998. Le tableau ci-après représente les germes recherchés dans les matières premières et le produit fini.

Tableau VI : Milieux de cultures, température et temps d'incubation des germes recherchés dans les échantillons analysés.

Échantillons analysés	Germes recherches	Milieux de culture	T(°C) et temps d'incubation
Poudre de lait	Germes totaux	PCA	30°C/72H
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Braid Parker +additifs	37°C/24-48H
	Clostridium Sulfitoréducteurs (CSR)	VF+additives	37°C/24H
	Coliformes totaux	VRBL	37°C/24-48H
	Coliformes fécaux	VRBL	44°C/24-48H
	Levures et moisissures	Sabouraud	30°C/3 a 5 jours
Cheddar	<i>Staphylococcus aureus</i>	Braid Parker +additifs	37°C/24-48H
	Clostridium Sulfitoréducteurs (CSR)	VF+additives	46°C/24H
Beurre	Germes totaux	PCA	30°C/72H
	Coliformes totaux	VRBL	37°C/24-48H
	Coliformes fécaux	VRBL	44°C/24-48H
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Braid Parker +additifs	37°C/24-48H
	Levure et moisissure	Sabouraud	25°C/3 a 5 jours
Eau de procès	Germes totaux	PCA	30°C/72H
	Clostridium Sulfitoréducteurs (CSR)	VF+additives	46°C/24H
Produit fini	Germes totaux	PCA	30°C/72H
	Coliformes totaux	VRBL	37°C/24-48H

Échantillons analysés	Germes recherches	Milieux de culture	T(°C) et temps d'incubation
	Coliformes fécaux	VRBL	44°C/24-48H
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Braid Parker +additifs	37°C/24-48H
	Clostridium Sulfitoréducteurs (CSR)	VF+additives	46°C/24H
	Levure et moisissure	Sabouraud	25°C/3 a 5 jours

a. L'eau de procès

Recherche et dénombrement des germes aérobie mésophile totaux dans l'eau (NF 08 – 051)

La recherche des GAMT se fait à 22°C et à 37°C, dans le but de cibler à la fois les microorganismes psychrophiles soit à 22°C et ceux mésophiles à 37°C.

- Mode opératoire

On dépose aseptiquement devant le bec benzen deux fois 1ml dans deuxboites de pétri vides préparées à cet usage et numéroté.

Ajouter ensuite dans chaque boite 20mL environ de gélose TGEA liquéfiée etrefroidie à 45°C (dans un bain Marie).

Faire ensuite des mouvements en « 8 » pour mélanger l'inoculum avec la gélose.

Laisser solidifier sur pailleasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5mL de la même gélose pour protéger le milieu des diverses contaminations.

- Incubation

La première boite sera incubée, couvercle en bas à 22°C.

La seconde sera incubée couvercle en bas à 37°C, pendant 72heures, une premièrelecture après 24heures, une deuxième après 48 heures et une troisième après 72 heures.

- Lecture

Les GAMT se présentent sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse.

- Dénombrement

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte des remarques suivantes :

- Dénombrer les boites contenant 15 à 300 colonies.

- Le résultat sera exprimé par ml d'eau à analyser à 22°C et à 37°C (germes/ml).

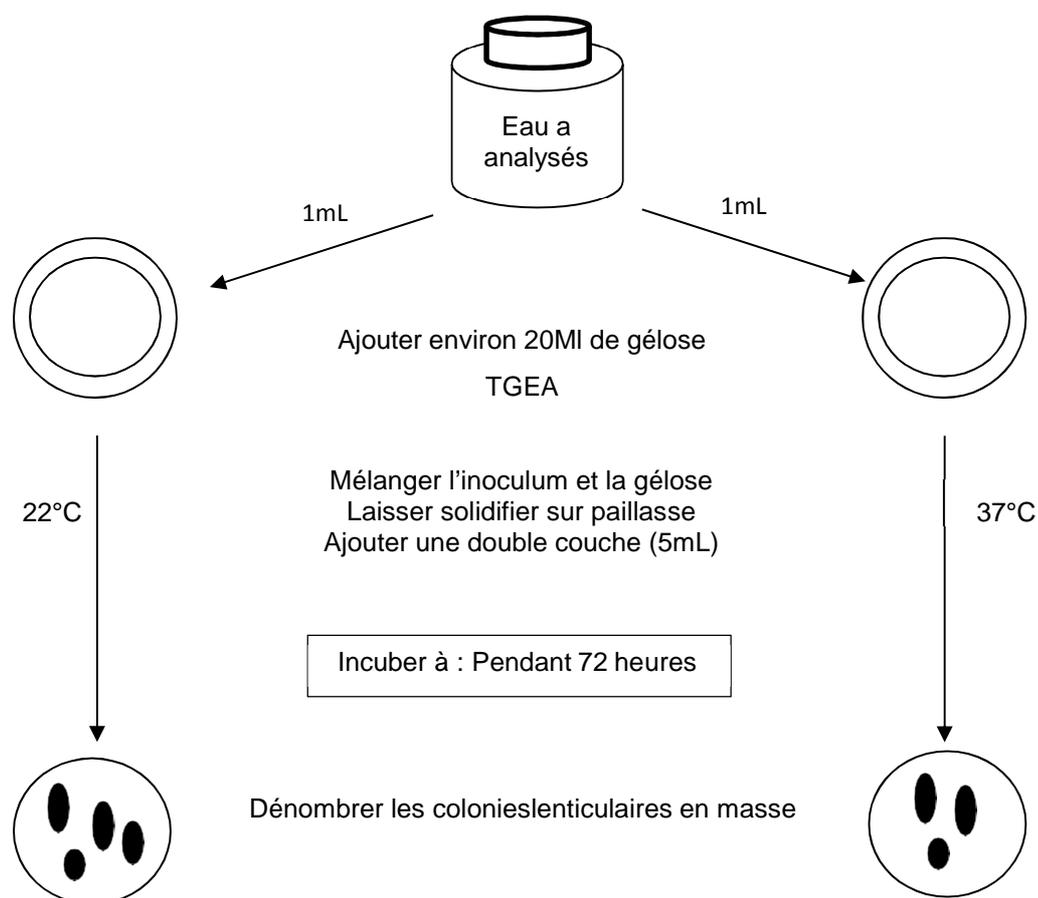


Figure 2: Recherche et dénombrement des germes Aérobie Mésophile Totale dans l'eau.

Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau (ISO 4831).

La recherche des coliformes se fait en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP), elle fait appel à deux tests à savoir :

- Le test de présomption réservé à la recherche des coliformes totaux.
 - Le test de confirmation, également appelé Mac Kenzie, réservé à la recherche des coliformes fécaux dans les tubes positifs du test de présomption.
- Test de présomption

À partir de l'échantillon d'eau à analyser on prend d'une manière aseptique :

- 50mL dans un flacon contenant 50 mL de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
 - 5 fois 10mL dans 5 tubes contenant 10mL de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
 - 5 fois 1mL dans 5 tubes contenant 10mL de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham aussi.
 - Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- Incubation
 - Incuber les tubes à 37°C pendant 24h à 48h

- Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (indice de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP en multipliant le chiffre caractéristique par l'inverse de la dilution.

- Exemple

Tableau VII : Exemple sur des résultats finals des coliformes totaux.

Inoculum	Test	Nombre caractéristique
1×50 ml	+	1
5×10 ml	+	3
	+	
	+	
	–	
	–	

Inoculum	Test	Nombre caractéristique
5×1 ml	+	2
	+	
	–	
	–	
	–	

Le nombre caractéristique est donc « **132** » ; ce qui correspond sur la table NPP au nombre 14. On considère alors qu'il y a 14 Coliformes par 100 ml d'eau à analyser.

Test de confirmation ou test de Mac Kenzie

Ce test est basé sur la recherche de coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

- Mode opératoire

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

- Incubation

L'incubation se fait à 44°C pendant 24 h.

- Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz.
- Un anneau rouge en surface, après ajout de deux à trois gouttes du réactifs *KOWACS* ; témoin de la production d'indole par *E. Coli*.

Les résultats sont exprimés en germes /100mL.

- Remarque

Les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux.

- Exemple

En reprenant l'exemple précédent relatif au dénombrement des Coliformes, cela suppose que

nous avons 6 tubes à repiquer à savoir :

- Un flacon de BCPL D/C,
- 3 tubes sur 5 de BCPL D/C, et
- 2 tubes sur 5 de BCPL S/C.

Tableau VIII : Exemple sur des résultats finals des coliformes fécaux

Inoculum	Teste de présomption	Nombre caractéristique	Teste de confirmation		Nombre caractéristique
			Gaz	Indole	
1×50 ml	+	1	+	+	1
5×10 ml	+	3	+	-	1
	+				
	+				
	-				
	-				
5×1 ml	+	2	-	+	1
	+				
	-				
	-				
	-				

Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des Coliformes fécaux est donc « **111** », ce qui correspond sur la table du NPP : “155” au chiffre 5.

14 Coliformes totaux dans 100 ml d'eau à analyser
5
Coliformes fécaux dans 100 ml d'eau à analyser

Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux dans l'eau (NA 765)

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux est faite en milieu liquide par la technique du NPP, elle se fait également en deux étapes :

- Un test de présomption : sur milieu ROTHE

- Un test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption sur milieu EVA.

- Test de présomption

À partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50mL dans un flacon contenant 50mL du milieu Rothe D/C.
- 5 fois 1mL dans 5 tubes contenant 10mL de milieu Rothe D/C.
- 5 fois 1mL dans 5 tubes contenant 10mL de milieu Rothe S/C, bien homogénéiser le milieu et l'inoculum.

- Incubation

Incuber les tubes à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, ces derniers feront l'objet d'un repiquage sur milieu EVA LITSKY dans le but d'être confirmés.

- Exemple

Tableau IX : Exemple sur des résultats d'une lecture de teste de présomption des streptocoques fécaux.

Inoculum	Test de présomption
1 X 50 ml	-
5 X 10 ml	+
	+
	-
	-
5 X 1 ml	+
	+
	+
	-

Inoculum	Test de présomption
	-

- Test de confirmation

Il est basé sur la confirmation de la présence des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- Incubation

Incuber à 37°C pendant 24 heures.

- Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien et une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.
- La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP.

Les streptocoques témoignent d'une contamination d'origine fécale ancienne, tandis que les coliformes fécaux témoignent d'une contamination d'origine fécale récente.

Tableau X : Exemple sur des résultats d'une lecture finale des Streptocoques fécaux (teste de confirmation).

Inoculum	Test de présomption	Test de confirmation		Nombre Caractéristique
		Trouble	Pastille violette ou blanchâtre	
1 X 50 ml	-			0
5 X 10 ml	+			2
	+	+	+	
	-	+	+	
	-			
5 X 1 ml	+			1
	+	-	+	
	+	+	+	
	-	+	-	
	-			

Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des Streptocoques fécaux est donc « 021 », ce qui correspond sur la table du NPP au chiffre 3.

Recherche et dénombrement des spores d'anaérobie sulfito-réducteurs dans l'eau (NA 765)

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries gram +, se développent en 24 à 48 heures sur une gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3), qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donnent FeS (sulfure de Fer) de couleur noire.

Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne, leur aptitude à sporuler leur confère une grande résistance.

- Mode opératoire

À partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes.
 - Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.
 - Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 2 tubes différents et stériles, à raison de 10 ml par tube.
 - Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie préalablement fondue puis refroidie à $45 \pm 2^\circ\text{C}$ et additionnée de ses additifs spécifiques soit une ampoule d'Alun de fer et une ampoule de Sulfite de sodium.
 - Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.
 - Laisser solidifier sur paillasse pendant environ 30 minutes, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures.
- Lecture
 - La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont envahissantes, auquel cas on se trouvera en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera nécessairement à refaire en poussant les dilutions décimales à 10^{-1} voire 10^{-2} .
 - La seconde lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 44 ± 4 heures.
 - Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies caractéristiques contenues dans les deux tubes dans 20 ml d'eau à analyser.

Préparation des échantillons pour les analyses microbiologiques

Les dilutions sont réalisées selon la norme **AFNOR NF V08-010** demars 1996 parallèlement avec la norme **ISO 6887 ,1993**.

Les dilutions sont toujours effectuées dans les conditions aseptiques avec le maximum de précision. Elles sont nécessaires dans le cas de produit contenant un nombre élevé de micro-

organismes.

Entre le moment de la préparation de la suspension et la mise en culture, il ne doit pas s'écouler plus 45 minutes.

Produit liquide (lait reconstituée après pasteurisation...)

- Suspension mère

La suspension mère (SM) est constituée par l'échantillon, et suivra ensuite les dilutions décimales, tout en considérant la suspension mère à 0, la première dilution sera donc au 1/10.

- Préparation des dilutions décimales

- Dans un tube stérile contenant 9ml de diluant (eau physiologique, TSE), introduit aseptiquement 1ml de la suspension mère (SM), afin de réaliser des suspensions diluées en 1/10homogénéisées.
- À partir de la dilution 1/10, on prélève à l'aide d'une pipette stérile 1ml que l'on introduit dans un tube stérile contenant 9ml de l'eau physiologique (en s'assurant qu'une nouvelle pipette est utilisé pour chaque dilution), on homogénéise et on obtient ainsi la dilution 1/100
- On prélève ensuite aseptiquement 1ml de la dilution 1/100que l'on introduit dans un autre contenant 9ml de l'eau physiologique ou TSE (tryptone sel) qui donnera la dilution 1/1000.

Remarque

Lors de l'ensemencement, il est recommandé de commencer par la plus haute dilution, dans le but de ne changer la pipette.

b. Produit solide ou semi solide (poudre de lait, produit fini...)

Dilution mère

Introduit aseptiquement à l'aide d'une spatule stérile 25g d'échantillon à analyser (poudre de lait, fromage) dans un flacon contenant 225ml de l'eau physiologique, on fait ensuite une agitation pour permettre l'homogénéisation de la solution qui constitue la première dilution1/10.

Préparation des dilutions décimales :

- On prélève aseptiquement 1ml de la dilution mère à l'aide d'une pipette pasteur stérile et on l'introduit dans un tube stérile contenant 9ml de l'eau physiologique, c'est la dilution 1/100ou 10^{-2} .
- On prélève aseptiquement ml de la dilution 1/100 a l'aide d'une pipette pasteur stérile et on

l'introduit dans un tube stérile contenant 9ml de l'eau physiologique, c'est la dilution 1/1000 ou 10^{-3}

25g d'échantillon à analyser + 225ml de l'eau physiologique

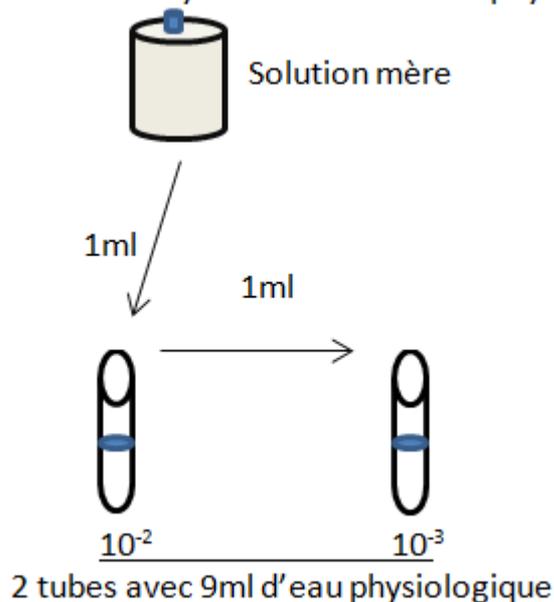


Figure 3 : Préparation des dilutions décimales de produit solide ou semi solide

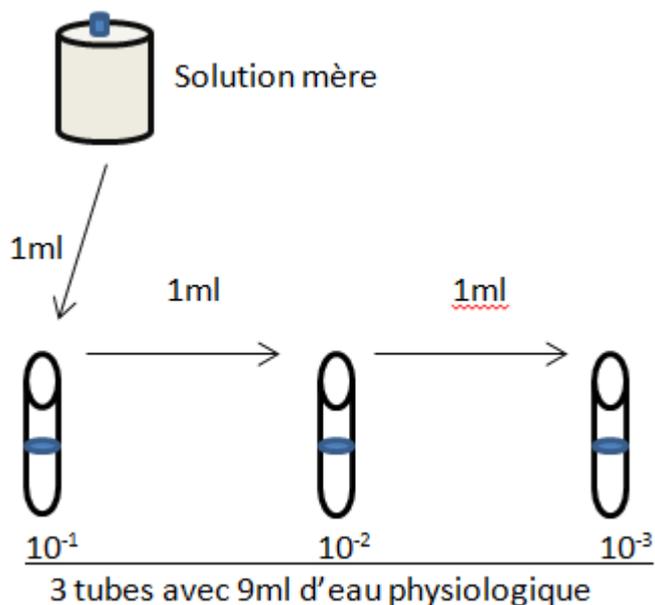


Figure 4 : Préparation des dilutions décimales de produit liquide

Recherche et dénombrement de la flore aérobique mésophile totale (germes totaux) : NF EN(ISO4833)

• But

Le dénombrement de la flore mésophile, concerne tous les micro-organismes présents afin d'estimer le

degré de pollution microbienne du produit, donc sa salubrité.

- Principe

Le dénombrement est réalisé sur gélose PCA par ensemencement en masse et comptage des colonies a aspect lenticulaire et normale.

- Mode opératoire

- Porter aseptiquement 1ml des dilutions décimales dans des boites de pétri vide et stérile.
- Compléter ensuite avec environ de 15 ml de gélose PCA fondue et refroidie à 45°C.
- Réaliser des mouvements en 8
- Laisser les boites solidifiées sur la paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5ml de la même gélose (protection contre la contamination).
- Incuber les boites couvercle en bas à 30°C pendant 72 avec lecture à 24 ,48 et 72H.

- Lecture

Il s'agit de compter toutes les colonies poussées sur les boites en tenant compte des facteurs suivants :

- Ne dénombrer que les boites contenant entre 15 et 300 colonies.
- Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.
- Faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.
- Les résultats obtenus sont exprimés en germe/g ou germe/ml ou UFC/ml de produit à analyser.

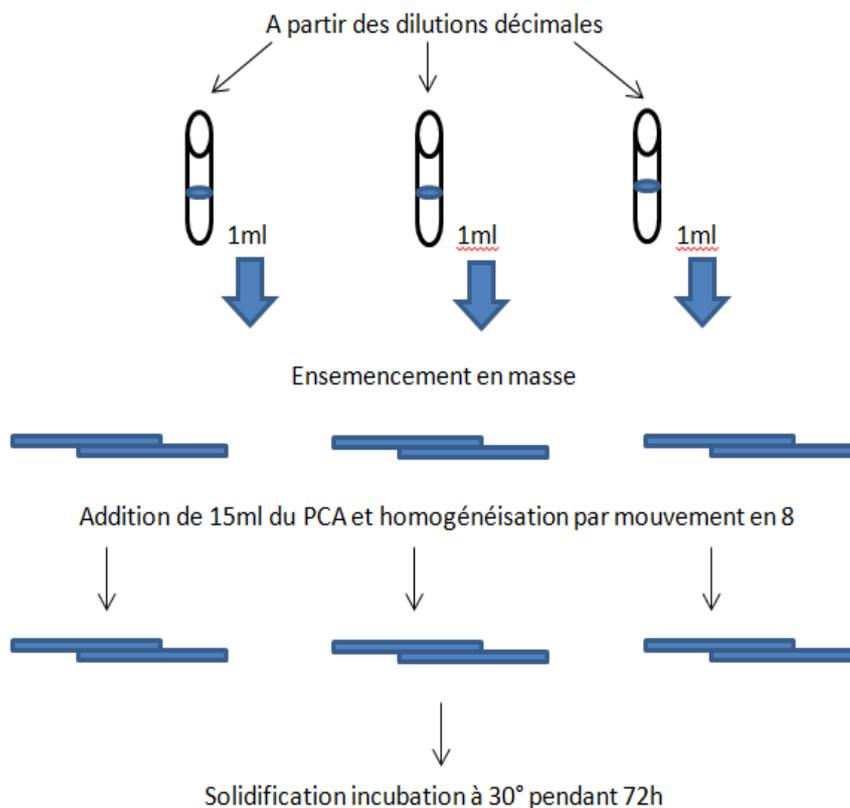


Figure 5 : Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.

Recherche et dénombrement des coliformes : (NF08-16 1991/ISO 4832)

- **But**

Ce dénombrement a pour but la recherche des coliformes d'une manière générale, et des coliformes fécaux ou d'Escherichia. Coli en particulier afin d'estimer l'ampleur de la contamination fécale de notre produit.

- **Principe**

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux sont réalisés :

- Soit sur milieu solide sur gélose VRBL (gélose Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge Neutre), qui referme une teneur en sels biliaires et en citrate suffisante pour inhiber la majeure partie de la flore Gram positif tout en préservant le développement des coliformes, le lactose est le seul glucide fermenté et le rouge neutre c'est l'indicateur de PH.
- Soit sur milieu liquide : par la technique du nombre le plus probable NPP à l'aide de bouillon VBL (Bouillon Lactosé Bilié au Vers Brillant).

- **Mode opératoire**

- Inoculer aseptiquement dans une boîte de pétri stérile 1ml de l'échantillon ou de la dilution primaire, et de la même façon pour les dilutions décimales suivantes et couler les boîtes par la gélose VRBL en surfusion dans chaque boîte de pétri (ensemencement en masse).
 - Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme de 8 pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger a la gélose utilisée.
 - Par la suite réaliser une double couche du milieu VRBL, en surface du milieu ensemencé.
 - Incuber les boîtes à 37°C pendant 24a 48H pour les coliformes totaux et à 44°C pendant 24 a48 H pour les coliformes fécaux.
- Lecture
 - Les coliformes fécaux apparaissent sous forme de petites colonies fluorescentes de couleur violacée et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile, d'un diamètre de 0.5cm pour les coliformes et 1ml pour E. Coli, dont le nombre est compris entre 15et 300.la lecture doit se faire dans une chambre noire et sous une lampe a UV.
 - Multiplier le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.
 - Le résultat est exprimé en UFC/g ou UFC/ml.

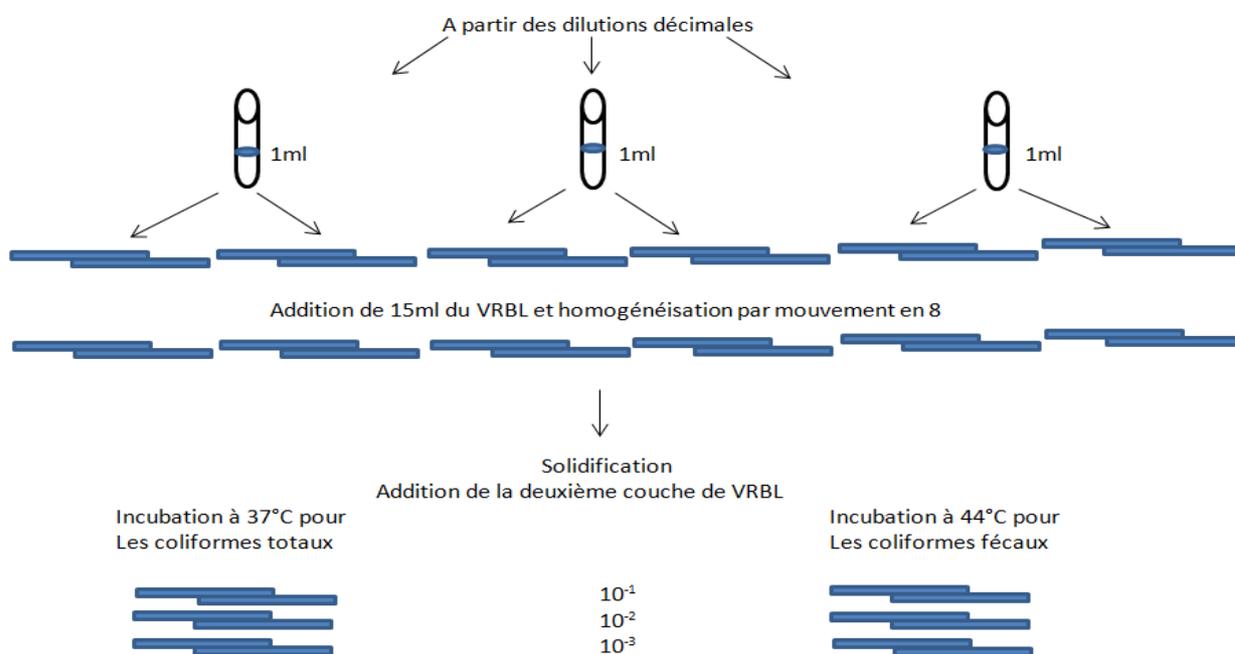


Figure 6 : Recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus* : (ISO6888-2)

- But

La recherche et le dénombrement de *Staphylococcus aureus* permettant de savoir si le produit à analyser présente des risques pour le consommateur parce qu'ils sont la cause d'une éventuelle intoxication alimentaire.

- Principe

La recherche des *Staphylococcus aureus* nécessite deux étapes consécutives :

- La première consiste en l'enrichissement sur milieu GC (Giolitti Contonii) qui permet une meilleure revivification des souches.
- La deuxième dans l'isolement sur milieu Chapman qui a un pouvoir inhibiteur obtenu par de fortes concentration de chlore de sodium (75) qui sélectionne les micro-organismes halophiles parmi lesquels figurent les staphylocoques entourés d'un halo jaune due a l'utilisation du mannitol avec acidification du milieu, et virage de l'indicateur (le rouge de phénol)du rouge au jaune.

- Mode opératoire

Enrichissement :

- En premier lieu, on prépare le milieu d'enrichissement par l'addition de 15 ml de téllurite de potassium dans un flacon de GC.
- On prélève aseptiquement 1ml des dilutions décimales dans des tubes à essais stériles.
- On ajoute dans chaque tube 15 ml du milieu d'enrichissement.
- On mélange le milieu et l'inoculum et on incube à 37°C pendant 24a 48H.

- Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes ayant viré au noir suite à la réduction du téllurite de potassium en trllure.

Pour assurer qu'il s'agit bien d'un développement de S.aureus, ces tubes feront l'objet d'un isolement sur gélose Chapman (préalablement fondue puis coulée en boites de pétri et bien séchées).

Isolement :

On effectue un isolement des tubes positifs par ensemencement en stries sur la surface du milieu Chapman.

Ce dernier contient une forte teneur en NACL inhibant la croissance de nombreuses bactéries autres que les Micrococcus et les Streptococcus.

- Lecture

On repère les colonies suspectes : Staphylocoques sous formes de colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, légèrement bombées et pigmentées par le pigment caroténoïdes en jaune ocre.

La confirmation se fait par un test de la catalase et de la coagulase.

- Test de catalase

Prendre une colonie sur une lame et ajouter une goutte de l'eau oxygénée H₂O₂ et si on observe des bulles d'air qui se dégagent on peut dire que la colonie possède une catalase (catalase positif).

- Test de coagulase

Ce test nous permet de déduire s'il s'agit de s.aureus.

- Prendre une colonie du milieu Chapman et la mettre dans un bouillon nutritif, et l'incubé à 37°C pendant 18H.
- Mesurer dans un tube à essai stérile 0.5 ml de plasma de lapin +0.5ml de la culture en bouillon de staphylocoque à tester.
- Mélanger et incuber le tube à 37°C pendant 18 à 24 H.
- La formation d'un caillot est vérifiée après des temps d'incubation.

Les résultats retrouvés sont multipliés par l'inverse de la dilution, et ils sont exprimés en UFC/ml ou UFC/g.

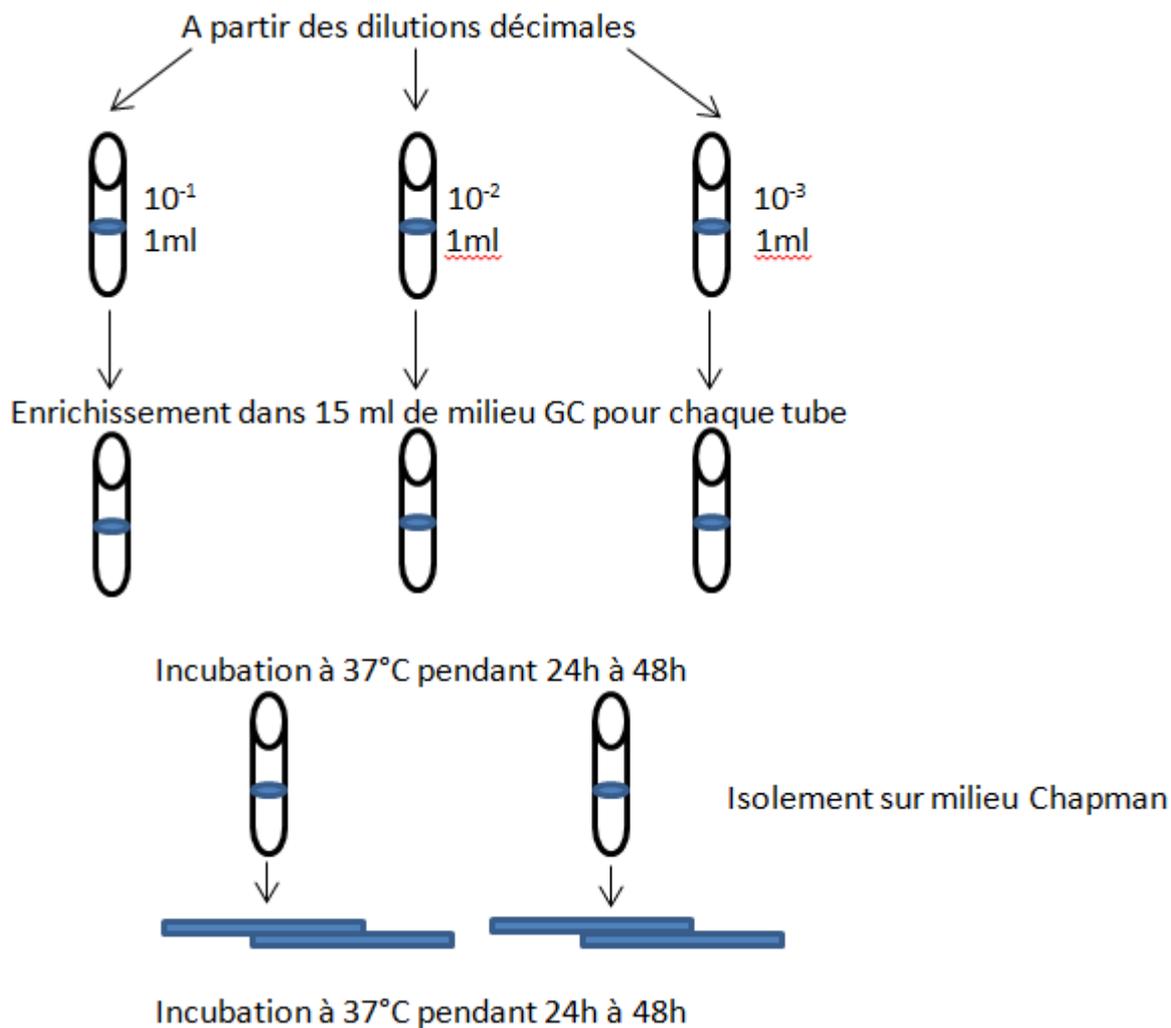


Figure 7 : Recherche et dénombrement des Staphylococcus aureus

Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-réducteurs : (NF V08-061)

- But

La recherche et le dénombrement des Clostridium Sulfito-réducteurs ont pour but de déterminer l'existence ou non d'une contamination fécale ancienne (car leur spores sont très résistants), et de savoir si l'aliment présente un risque pour la santé du consommateur.

- Principe

Le dénombrement des anaérobies Sulfitoréducteurs aura lieu en milieu gélose Viande foie additionné de 1 ml d'alun de fer et de 5 ml de sodium. Notons que les anaérobies Sulfitoréducteurs réduisent les sulfures par une enzyme : la sulfito-réductase, ce qui précipite les ions de fer et donne de colonies de couleur noire.

- Mode opératoire

- Au moment de l'emploi et après fusion de la gélose VF, celle-ci est refroidie dans un bain

d'eau à 45°C, ajouter une ampoule d'alune de fer et une ampoule de sulfite de sodium (5%).

- Mélanger soigneusement et aseptiquement.
- Prévoir une série de tubes stériles à raison de deux tubes par dilutions, et répartir aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double.
- Porter les tubes au bain marie à 80°C pendant 10 min, puis les refroidir immédiatement sous l'eau de robinet (choc thermique), afin d'éliminer toute forme végétative et ne laisser que les formes sporulées.
- Ajouter environ 15 ml de gélose VF prête à l'emploi dans chaque tube.
- Homogénéiser soigneusement.
- Laisser les tubes solidifier sur paillasse environ 30 min et les incuber après à 37°C pendant 24 à 48H avec une première lecture à 16 H.

- Lecture

Les tubes considérés positifs sont ceux qui contiennent des colonies noires de spores d'anaérobies Sulfitoréducteurs.

Les résultats seront exprimés en nombre de spore par ml ou g de produit analysé.

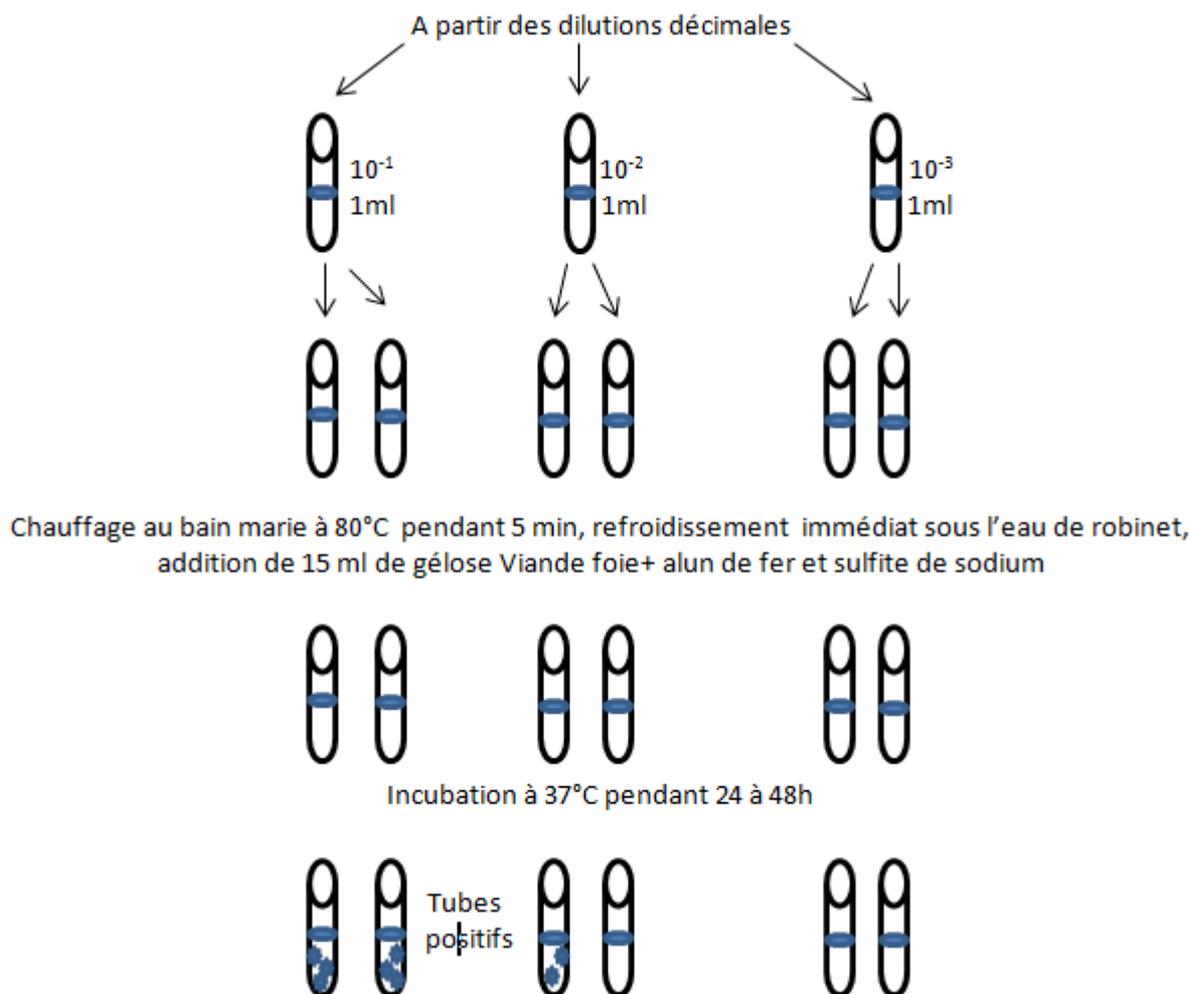


Figure 8 : Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-réducteurs.

Recherche et dénombrement des levures et moisissures : (NF V08-059/ISO6611)

• But

La recherche et le dénombrement des levures et moisissures sont réalisés en raison des modifications qu'elles apportent et qui sont :

Altération d'ordre organoleptique, nutritionnelle et même esthétique et l'aptitude de moisissure à provoquer des allergies ou des intoxications dues à l'ingestion des mycotoxines notamment les aflatoxines pouvant nuire la santé du consommateur.

• Principe

le dénombrement est effectué en milieu sélectif doté de propriétés antibactériennes ; les milieux utilisés sont :

- OGA : additionnée d'ATB : oxytétracycline à raison de 0.1mg/ml.

- Sabauraud+ATP : chloramphénicol (ATP thermorésistant) a raison de 0.5mg/ml.
- Mode opératoire
 - Ensemencer 0.1ml de l'échantillon ou de la suspension mère dans une boîte pétrie contenant le milieu OGA.
 - Étaler cette suspension à l'aide d'un râteau stérile.
 - Compléter de la même manière pour les dilutions décimales suivantes.
 - Incuber ces boîtes à 25°C pendant 3 à 5 jours avec des lectures intermédiaires les 3^{ème} et 4^{ème} jours si nécessaire.

- Lecture et dénombrement

Lors de la lecture, il faut tenir en compte du facteur de dilution, en multipliant le nombre trouvé par l'inverse de la dilution correspondante.

Le dénombrement se fait par distinction entre les levures et les moisissures d'après leurs aspects macroscopiques :

- **Les moisissures** : pigmentées sous forme filamenteuse plus au moins grand a aspect velouté.
- **Les levures** : arrondies, brillantes, plates ou convexes à contours réguliers, elles sont pigmentées en jaune, en orange ou en blanc. Les résultats sont exprimés en UFC/ml ou UFC/g de produit a ana

II.3.4. Analyses physico-chimiques

Le contrôle physico-chimique a pour but d'analyser les matières premières, et les produits finis.

Le choix des paramètres d'analyses des produits dépend de l'influence de ceux –ci sur la qualité hygiénique et organoleptique, ils sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau XI : Représentation des analyses physico-chimiques des matières premières et produit fini.

	EST	MG	PH	TA	TAC	TM	CL-	CL2	Conductivité
Eau de procès	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Cheddar	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Poudre	+	+	+	-	-	-	-	-	-

	EST	MG	PH	TA	TAC	TM	CL-	CL2	Conductivité
de lait									
Beurre	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Produit fini	+	+	+	-	-	-	-	-	-

+ Analyses effectuées

- Analyses non effectuées

a. Détermination du pH (d'après le fascicule de documentation AFNOR F DVO4-035 de juillet 2009)

- Principe

Le pH est déterminé directement à l'aide d'un pH mètre muni de deux électrodes qu'on plonge dans l'échantillon, l'une donne la valeur de pH, l'autre mesure la température de cet échantillon.

- Mode opératoire

Dans le cas de produit liquide :

1. Étalonner d'abord le pH mètre à la température de mesure par utilisation de deux solutionstamponnes (pH=4) et (pH=7).
2. Introduire la même électrode dans la solution à contrôler. Laisser la valeur indiquée se stabilise.
3. Faire la lecture de pH directement sur l'écran.

Dans le cas de produit solide :

4. Mettre le produit dans un Stomacher et mixer le pendant 2 minute.
5. À l'aide d'une spatule étaler le produit dans une boîte Petri, on évite les trous puis mesurer le pH à l'aide d'un pH mètre.
6. Lire directement la valeur sur le pH mètre.

- Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en unité de pH, à la température de 20C° sous la forme :

pH à 20C°= x, xx

- Résultats

Lecture directe de la valeur pH sur le pH-mètre.



Figure 9 : Photo la mesure de pH (pH mètre)

b. Détermination de Titre hydrométrique -TH- (dureté de l'eau) (NA 752)

- Principe

La dureté totale ou titre hydrométrique d'une eau Correspond à la somme des concentrations en Cations métalliques.

Dans la plupart des cas elle est surtout due aux ions Ca^{++} et Mg^{++}

- Méthode

7. Mettre 100ml d'eau de chaudière dans un erlen de 250ml
8. Ajouter quelques gouttes de noir d'ériochrome (15gouttes).
9. Ajouter 2 ml de la solution de tampon pH =10 (Ammoniacal).
10. Si la solution obtenue est bleue, donc TH= 0.
11. Si la solution obtenue est violette, procéder au titrage par la Solution de E.D.T.A 0,02 N jusqu'à virage bleu.

- Résultats

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

La concentration totale en Ca^{++} et Mg^{++} exprimée en mmol/l

C : Concentration en mol/l de la solution E.D.T.E de 0,02N
 V1 : Volume en ml de la solution E.D.T.A

V2 : Volume en ml de l'échantillon (c.à.d. 100 ml) ; Conversion : 0,1 mmol/l= 1°F

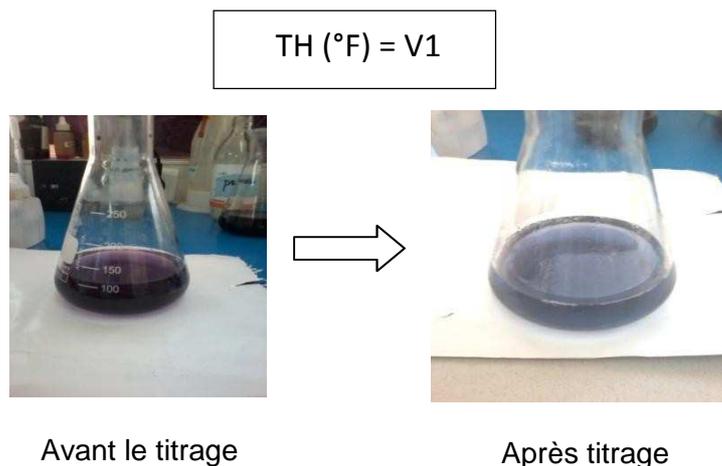


Figure 10 : Photo de l'analyse du TH dans l'eau de process.

c. Détermination titre alcalimétrique de l'eau (TA / TAC) (NA 759)

- Principe

On évalue une alcalinité d'une eau par le dosage acidimétrique des carbonates CO_3^{2-} et des hydrogencarbonates HCO_3^- qui s'y trouvent présents.

d. Détermination titre alcalimétrique

12. Prélever 50ml d'eau dans un Erlen de 250ml.

13. Ajouter quelques gouttes de phénol phtaléine.

14. Titrer par le H_2SO_4 0,1 N jusqu'à l'obtention d'une solution incolore (A).

- Expression des résultats

$TA = 2 \cdot V1 \cdot 5^{\circ}F$ donc :

$TA = V1 \cdot 10^{\circ}F$

TA est exprimé en meq est converti en degré Français

1meq = $5^{\circ}F$

V 1 : volume de H_2SO_4 utilisé pour la titration.

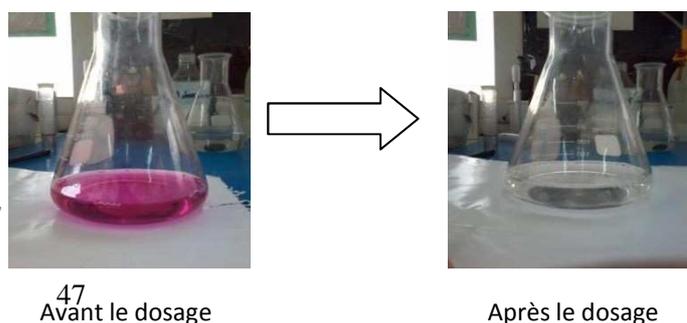


Figure 11 : Photo de l'analyse du TA dans l'eau de procès.

e. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

1. Ajouter à la solution (A) quelque gouttes de méthyl-orange .
2. Continuer de titrer par H_2SO_4 jusqu'au virage à l'orange.
3. Soit V_2 le volume de H_2SO_4 versé.

- Expression des résultats

TAC= $2V \cdot 5^\circ F$ donc

$$TAC = V \cdot 10^\circ F$$

V : volume H_2SO_4 versé dans la solution $V_2 + V_1$

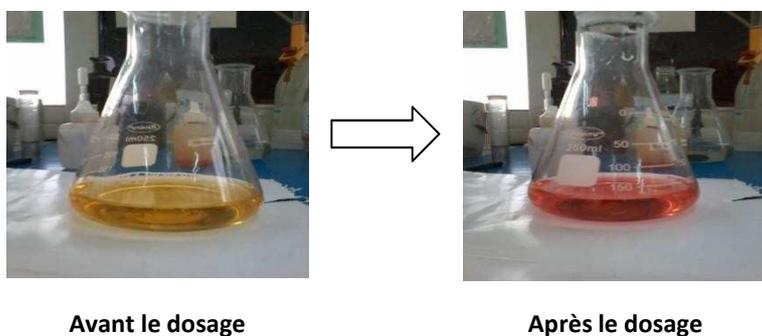


Figure 12 : Photo l'analyse du TAC dans l'eau de process.

f. Détermination des chlorures dans l'eau (NA 9297)

- Principe

Les chlorures sont dosés par une solution de nitrate d'argent en présence de dichromate de potassium. La réaction est indiquée par l'apparition d'un précipité rougeâtre caractéristique d' $AgCl$.



Figure 13 : Photo de l'analyse de taux des chlorures dans l'eau de process.

- Mode opératoire (méthode de MOHR)

1. Prélever 10 ml d'eau à analyser dans un Erlen

2. Ajouter quelques gouttes de K_2Cr_4 à 10%.
3. Titrer avec une solution d' $AgNO_3$ 0,03N jusqu'à apparition d'un Précipité rougeâtre.

$$(Cl^-) = V. 100 \text{ mg/l}$$

V : volume $AgNO_3$ versé.

g. Taux de chlore libre dans l'eau (NA 9297)

- Principe

Réaction directe avec N, N- diéthylphénylène-1,4diamine (DPD) et formation d'un composé rouge à pH compris entre 6.2 et 6.5. Mesurage de l'intensité de la couleur par comparaison visuelle de la couleur avec l'eau analysé (témoin).

- Mode opératoire

1. Remplir un tube colorimétrique jusqu'au premier trait (5ml) avec l'échantillon d'eau ceci est blanc.
2. Placer le tube dans l'ouverture supérieure gauche du comparateur.
3. Remplir un autre tube jusqu'au premier trait (5ml) avec l'échantillon d'eau.
4. Ajouter un comprimé de DPD au second tube.
5. Agiter pour mélanger.
6. Placer le second tube dans l'ouverture supérieure droite de comparateur.
7. Tenir le comparateur face à une surface uniformément éclairée et regarder par les ouvertures de la face antérieure du comparateur.
8. Tourner le disque jusqu'à égalité des teintes dans les deux ouvertures.
9. Lire la concentration du chlore libre en mg/l dans la fenêtre de l'échelle.

h. Détermination de la matière grasse

Détermination de la matière grasse de la poudre du lait MÉTHODE ACIDOBUTYROMÉTRIQUE (D'après recueil AFNOR — ITSV 1986) :

- Principe

- Dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique.
- Séparation de la matière grasse du lait par centrifugation, dans un butyromètre, celle-ci étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso amylique.

- Mode opératoire

1. Introduire 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre (ne pas mouiller le col du butyromètre avec l'acide).
2. Ajouter 8 ml d'eau à l'aide de la pipette en laissant se vider très lentement afin d'éviter un mélange avec l'acide.
3. Peser $2,5 + 0,005$ g de l'échantillon, sur un petit carré de papier sulfurisé par exemple.
4. Introduire quantitativement la prise d'essai dans le butyromètre.
5. Ajouter 1 ml d'alcool iso amylique à l'aide du mesureur (ne pas mouiller le col du butyromètre).
6. Boucher puis secouer d'abord horizontalement le butyromètre maintenu dans une position verticale afin d'éviter une attaque trop brutale du lait par l'acide.
7. Retourner ensuite et secouer le butyromètre à plusieurs reprises.
8. Lorsque le lait est complètement dissous, maintenir le butyromètre bouchon vers le haut, et attendre que le mélange ait entièrement rempli l'ampoule terminale.
9. Procéder à plusieurs retournements successifs, afin de rendre le liquide homogène.
10. Placer le butyromètre dans le bain d'eau chaude pendant 5 minutes.
11. Centrifuger pendant 5 minutes.
12. Retirer le butyromètre de la centrifugeuse.
13. Ajuster le bouchon si nécessaire pour amener la colonne de matière grasse dans la partie graduée.
14. Plonger le butyromètre dans le bain d'eau, le bouchon dirigé vers le bas.
15. Le laisser pendant 5 minutes avant d'effectuer la lecture.
16. S'assurer qu'il n'a pas été projeté de matière grasse dans l'ampoule terminale au cours des manipulations.
17. Maintenir le bouchon de façon à faire coïncider le plan inférieur de la colonne grasse avec une division.
18. Déplacer le butyromètre devant l'œil, la colonne grasse demeurant immobile.

- Expression des résultats

La teneur en matière grasse, exprimée en pourcentage en masse, est donnée par la formule : $B - A$

Où :

A : représente la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse.

B : représente la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne grasse.

i. Détermination de la matière grasse du fromage fondu (NF VO4-287 février 2002)

Principe

Dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique et séparation de la matière après ajout d'alcool iso- amylique.

• Mode opératoire

1. Un godet préalablement taré peser $3 \text{ g} \pm 0,005$ de l'échantillon préparé, et l'introduire le butyromètre.
2. Ajouter de l'acide sulfurique jusqu'à ce que le niveau d'acide atteigne les $\frac{2}{3}$ de la chambre butyromètre et mettre ce dernier dans le bain Marie pendant 5 min.
3. Retirer le butyromètre du bain d'eau et l'agiter énergiquement pendant 10 secs puis le remettre dans le bain Marie, (Répéter l'opération pendant 1h environ puis maintenir le butyromètre 15 min dans le bain d'eau).
4. Retirer le butyromètre du bain d'eau, ajouter 1 ml d'alcool iso -amylique puis agiter pendant 3 secondes.
5. Ajouter de l'acide sulfurique jusqu'à ce que le niveau de graduation atteigne 35%, puis énergiquement pendant 10 secs.
6. Recommencer six fois les opérations de retournements et agitation. Mettre dans le bain Marie pendant 5 minutes.
7. Centrifuger le butyromètre pendant 10 minutes puis le remettre dans le bain d'eau durant 5 min
8. Maintenir le bouchon de façon à faire coïncider le plan inférieur de la colonne grasse avec une division puis faire la lecture, (Il ne doit pas s'écouler plus de 10 sec entre le temps de la sortie du butyromètre du bain Marie et la fin de la lecture).

Les résultats sont obtenus selon la formule suivante :

$$MG\% = N1 - N2$$

N1 : la valeur atteinte par le niveau supérieur du butyromètre. N2 : la valeur atteinte par le niveau inférieur du butyromètre. MG : la teneur en matière grasse (exprimée en pourcentage).

j. Détermination de l'extrait sec total (AFNOR 1986)

- Principe

L'extrait sec total de fromage est la matière résiduelle, après évaporation de l'eau qu'il contient dans un dessiccateur à rayonnement infrarouge 17-20 minutes. L'humidité représente le % de la masse d'eau contenant dans le produit.

- Prise d'essai

5g sont prélevés dans une capsule tarée.

- Mode opératoire

1. Répartie sur toute la surface de la capsule l'échantillon prélevé.
2. Introduire la capsule dans un dessiccateur à rayonnement.
3. Atteindre jusqu'à la valeur donnée par le dessiccateur soit constant.

- Expression des résultats

La valeur de L'extrait sec total est donnée directement par le dessiccateur.

k. Détermination de la teneur en matière grasse dans la matière sèche (G/S) : (ISO 5534-1985)

- Objectif

Le but de ce calcul est de vérifier la conformité en matière grasse dans la matière sèche du fromage.

- Expression des résultats

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

$$G/S\% = (MG\% / MS^{\circ}/0) \cdot 100$$

Le Food ScanTM pour produits laitiers est un instrument rapide, précis et facile d'utilisation qui sert à l'analyse de fromage, de beurre, et de yaourt.

Il mesure avec précision tout un éventail de paramètres dont la teneur en matière grasse, les

protéines l'eau et le sel. Seule une préparation minime des échantillons est nécessaire et les résultats sont obtenus en 50 secondes uniquement.

Chapitre III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats des analyses microbiologiques et physicochimiques de la matière première jusqu'au produit fini sont reportés sur les tableaux ci-dessous.

III.1. Résultats des analyses microbiologiques

Les microorganismes généralement recherchés sont des indicateurs de manque d'hygiène ou de mauvaise qualité de la matière première. Ces analyses microbiologiques permettent de vérifier si le produit ne présente aucun risque pour la santé du consommateur.

III.1.1. Résultats microbiologiques des matières premières

a. L'eau de procès

L'eau de procès est une eau d'alimentation de la chaudière et autres équipements, elle est destinée au lavage et intervenant dans la fabrication du produit fini. Cette eau doit présenter une qualité microbiologique convenable.

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau de procès sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau XII : Résultat des analyses microbiologiques de l'eau de procès.

	Résultats trouvés				
Les germes recherchés	23.03.2023	24.03.2023	26.03.2023	Norme (jora,1998)	Décision
Les Coliformes totaux	Absence	Absence	Absence	<10UFC/ml	Conforme
Les Coliformes fécaux	Absence	Absence	Absence	Absence/100 ml	Conforme
Germes totaux à 37°C	Absence	Absence	Absence	<20UFC/ml	Conforme
Streptocoques	Absence	Absence	Absence	Absence/20ml	Conforme
Clostridium CSR	Absence	Absence	Absence	Absence/20ml	Conforme

Les résultats des analyses microbiologiques du tableau ci-dessus, montre une conformité aux normes de **JORA (1998)**, nous remarquons une absence totale des germes de contamination fécale (Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux), des germes pathogènes (Clostridium Sulfito-réducteur) et des germes indicateurs de l'hygiène (flore aérobies mésophiles totaux), cette absence due à l'efficacité des traitements appliqués à l'eau de forage au niveau de l'unité. Les mêmes résultats trouvés par (**Zaim Edine et Zerouali, 2015**).

L'application du contrôle microbiologique est importante car la qualité bactériologique de l'eau de procès n'est pas un paramètre stable, mais au contraire sujet à fluctuation, par pollution accidentelle, nécessitant des contrôles permanents et représentant la cause la plus fréquente de non potabilité de l'eau. Pour cela il convient de vérifier aussi l'efficacité des traitements appliqués à l'eau par la recherche des germes indicateurs de contamination fécale

qui permettent d'apprécier, avec sûreté ou précocité, le risque de contamination fécale pouvant véhiculer des germes pathogènes. À l'issue de ces résultats nous déduisons que l'eau utilisée au niveau de l'industrie fromagère GOUMIDI présente une bonne qualité sur le plan microbiologique donc c'est une eau potable, car la potabilité implique la destruction ou l'élimination des microorganismes qui pourraient infecter le produit fabriqué selon **Tremorlière (1984)** et **Guiraud (2012)**.

En **2014**, **Délassas** a confirmé que les coliformes sont des espèces qui constituent des germes indicateurs de contamination fécale en bactériologie des eaux.

Cependant l'OMS a signalé qu'*Escherichia coli* est le principal microorganisme indicateur d'une contamination fécale de l'eau.

b. La poudre de lait

Le lait réceptionné à l'unité est systématiquement soumis à des contrôles physico-chimiques et microbiologiques. C'est sur la base des résultats obtenus que le prix d'achat du lait crue par exemple soit fixé. Cette mesure motive les éleveurs producteurs du lait à améliorer les conditions de la traite et veiller à la santé des animaux.

- L'ensemble des résultats microbiologiques obtenus du lait en poudre sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau XIII : Résultat des analyses microbiologiques de la poudre de lait.

Les germes recherchés	23.03.2023	La norme JORA(1998)	Décision
Les coliformes totaux	Absence	<10	conforme
Les coliformes fécaux	Absence	Absence	conforme
La flore totale aérobie mésophiles	73 UFC/g	2.10 ⁵ UFC/g	conforme
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	Absence	conforme
Clostridium sulfito-réducteur	Absence	Absence	conforme

D'après les résultats mentionnés dans le tableau précédent, réaliser sur le lot utiliser pour 3 productions du fromage fondu ; nous observons que l'échantillon examiné, répond aux normes **JORA (1998)** et **JORA (2017)**.

Nous remarquons une absence totale des coliformes totaux et des germes indicateurs de contamination fécale, ainsi une absence totale des germes pathogènes.

Pour la flore totale aérobie mésophile, nous notons une faible présence avec un taux de 73 UFC/g, et qui reste conforme en comparant avec les normes, ce qui m'amène à dire que la poudre de lait utilisé par l'unité industrielle GOUMIDI est de qualité satisfaisante, ceci s'explique par le respect des bonnes pratiques d'hygiène de conditionnement et les bonnes conditions de stockage.

Selon **HOBBS** et **Gi Bert (1994)**, la présence de la flore totale aérobie mésophile dans l'aliment renseigne sur la salubrité de la denrée alimentaire ainsi que sur la qualité organoleptique et enfin sur sa durée de conservation. La présence de la FMAT dans le lait est due probablement à diverses sources de contamination à savoir : la température, l'humidité, et les conditions de stockage. Selon le **Ledrer (1977)** les instruments et le personnel manipulateur constituent la source principale de contamination par FMAT, par *S.aureus* et les clostridium Sulfito-réducteurs qui sont des germes pathogènes témoins de mauvaises conditions hygiéniques.

Les poudres de lait utilisées en technologie fromagère doivent présenter une qualité microbiologique conforme à la réglementation et une aptitude fromagère acceptable, ceci peut être obtenue par un entreposage dans les conditions idéales à savoir une humidité qui ne dépassant pas les 4% et être placées à l'abri de la lumière pour éviter la multiplication des germes tels que les levures et les moisissures qui peuvent contaminer les poudres de lait et ainsi

déprécier leurs qualité technologique et organoleptiques. Pratiquement privée d'eau (<4%), elle ne peut plus être le siège de développement microbien (Tremorlière,1984 ; Guiraud, 2012).

c. Le Beurre

L'analyse microbiologique du beurre permet d'estimer sa qualité hygiénique, les résultats des échantillons prélevés sont respectés dans le tableau suivant :

Tableau XIV : Résultat des analyses microbiologiques de beurre.

	Nombre trouvé			Norme JORA(1998)	Décision
	23.03.2023	24.03.2023	26.03.2023		
Germes	23.03.2023	24.03.2023	26.03.2023	Norme JORA(1998)	Décision
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	Absence	Absence	10 UFC/g	conforme
Coliformes	Absence	Absence	Absence	10 UFC/g	conforme
Germes totaux	80 UFC/g	Absence	Absence	10 ² UFC/g	conforme
Levure	Absence	Absence	Absence	Absence	conforme
Moisissures	Absence	Absence	Absence	Absence	conforme

D'après les résultats mentionnés dans le tableau ci-dessus ; nous observons que les échantillons examinés du beurre répondent aux normes **JORA (1998) et JORA (2017)**.

Nous remarquons une absence totale des coliformes totaux et des germes indicateurs de contamination fécale, ainsi une absence totale des germes pathogènes.

Pour la flore totale aérobie mésophiles, nous notons une présence avec un taux de 80 UFC/g, mais qui reste conforme en comparant avec les normes, ce qui signifie que le beurre utilisé par l'unité industrielle GOUMIDI est de qualité satisfaisante, ceci s'explique par le respect des bonnes pratiques d'hygiène de conditionnement et les bonnes conditions de stockage.

Selon **leader (1997)** le dénombrement de la FMAT reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique des aliments comme le beurre.

d. Cheddar

L'ensemble des résultats d'analyse du cheddar sont figures dans le tableau suivant :

Tableau XV : Résultat des analyses microbiologiques de cheddar.

Germes	Nombre trouvé			Norme JORA(1998)	Décision
	23.03.2023	24.03.2023	26.03.2023		
Clostridium sulfito-réducteur	Absence	Absence	Absence	Absence	conforme
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	Absence	Absence	Absence	conforme

D'après les résultats mentionnés dans le tableau ci-dessus ; nous observons que les échantillons examinés du cheddar répondent aux normes **JORA (1998)**.

Nous remarquons une absence totale des germes pathogènes, ce qui signifie que le cheddar utilisé par l'unité industrielle GOUMIDI est de bonne qualité microbiologique, ceci s'explique par le respect des bonnes pratiques d'hygiène de conditionnement et les bonnes conditions de stockage.

III.1.2. Résultats microbiologiques du produit fini

Les résultats d'analyses microbiologiques réalisées sur le produit fini sont portés dans le tableau suivant :

Tableau XVI : Résultat des analyses microbiologiques de produit fini (fromage fondu).

Germes	Résultats			Normes JORA(1998)
	23.03.2023	24.03.2023	26.03.2023	
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	Absence	Absence	Absence
Clostridium sulfito Réducteur	Absence	Absence	Absence	Absence
Coliformes	Absence	Absence	Absence	Absence
Germes totaux	Absence	Absence	Absence	Absence

Levures	Absence	Absence	Absence	Absence
Moisissures	Absence	Absence	Absence	Absence

Les résultats microbiologiques des produits finis des 3 productions qui figurent dans le tableau précédent, relèvent une absence totale des germes indicateurs de contaminations fécale (coliformes fécaux) ainsi une absence totale des germes pathogènes (Clostridium Sulfito-réducteur, Staphylocoque) ; ce qui est expliqué par la bonne conduite de la chaîne de fabrication, le respect des règles d'hygiène (matériels nettoyés et désinfectés...) et aussi le personnel et l'environnement ont influencé positivement sur les résultats .

Sur le plan sanitaire, la présence des Staphylocoques à coagulase positive, représente un risque d'intoxication alimentaire suite à l'ingestion d'entérotoxines thermostables. L'espèce *Staphylococcus aureus* n'est pas en elle-même dangereuse mais plutôt les toxines qu'elle secrète qui représentent un risque pour la vie de consommateur. Les staphylocoques présents dans le lait cru ont pour origine soit les mamelles des vaches, soit le matériel mal nettoyé et utilisé lors de la traite. Les résultats des analyses montrent une absence totale de ces germes dans les échantillons du fromage fondu, ce qui est conforme avec les normes exigées par **J.O.R.A 2017**.

La présence des Coliformes dans le produit fini est un indicateur de contamination fécale et de manque d'hygiène, ce qui peut provoquer des intoxications alimentaires (**Fanny, 2011**). Donc la recherche de ces bactéries dans le produit fini est un critère important, permettant de vérifier que celui-ci est fabriqué et stocké dans des conditions hygiéniques rigoureuses. Tous échantillons testés étaient exempts de ces bactéries. Les résultats observés sont conformes aux normes exigées par **J.O.R.A 2017**.

Donc nous pouvons conclure que le fromage fondu (O'kids) de l'unité industrielle GOUMIDI est de bonne qualité microbiologique.

III.2. Résultat des analyses physico-chimiques

III.2.1. Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières

a. L'eau de procès

La qualité physico-chimique de l'eau de procès est très importante car elle intervient directement sur la qualité du produit fini.

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de procès sont portés dans le tableau suivant :

Tableau XVII : Résultat des analyses physico-chimiques de l'eau de procès.

Paramètres physico-chimiques	Nombre trouvé			Norme JORA(1998)	Décision
	22.03.2023	23.03.2023	25.03.2023		
TH (°F)	9.2	7.2	8.4	(8-10)F°	Conforme
TA (°F)	0	0	0	0	Conforme
TAC (°F)	30	30	20	30	Conforme
Chlore libre (mg/l)	0.75	0.77	0.81	0.8mg/l	Conforme
pH	7.73	7.84	7.65	(7-8)	Conforme

D'après les résultats physicochimiques de l'eau de procès, qui sont résumés dans le tableau précédent, nous remarquons que le TA et le TAC sont conformes aux normes établis par l'industrie, ainsi une conformité de TH aux normes **JORA (1998)**.

Selon **Sablonnière (2001)**, une eau de dureté moyenne à un degré hydrométrique compris entre 10 à 30, en dessus l'eau est douce, au-delà l'eau est dure, donc l'eau de procès de l'usine est une eau douce.

Les valeurs de pH et la teneur de chlore libre sont conformes aux normes fixées par l'unité industrielle GOUMIDI.

Ceci est due au fait que la pompe doseuse ((dispositif de chloration)) est soigneusement entretenu et extrêmement précise.

Selon l'**OMS**, une désinfection au chlore nécessite un contrôle de la qualité de l'eau en terme de pH et de la chlore résiduel libre, qui sont des indicateurs d'un traitement approprié et efficace (**Anonyme, 2013**).

D'après **Rodier et al (2009)**, L'inconvénient majeur des chlorures est la saveur désagréable qu'il confère à l'eau de procès qui influence sur la qualité organoleptique de notre fromage fondu. En plus les teneurs élevées en chlorures provoquent des risques de corrosion des canalisations et des réservoirs.

- Selon les directives de l'**OMS**, le sodium et le magnésium de l'eau potable ne présentent pas de risque pour la santé.
- **En 2004, Engalence** a montré qu'une eau fortement minéralisée ne peut pas être bue sans

restriction des minéraux de façon permanente, car la consommation d'un fromage fabriqué à base de cette eau peut être dangereuse pour la santé humaine.

b. La poudre de lait

L'ensemble des résultats physicochimiques obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau XVIII : Résultat des analyses physico-chimiques de la poudre de lait.

Les paramètres physico-chimiques	Résultat	Norme JORA (1998)	Décision
Matière grasse MG%	Des traces	Maximum 0-28%	Conforme
Acidité	2.88%	2-5%	Conforme
PH	6.62	6-6,90	Conforme

Les résultats physicochimiques de la poudre de lait montrent une conformité aux normes établis par l'unité industrielle GOUMIDI et **JORA (1998)**. Il a été admis que le paramètre pH renseigne sur l'état physique du lait et sur sa stabilité ainsi que l'acidité qui indique la bonne qualité du lait utilisé.

c. Beurre

L'ensemble des résultats physicochimiques obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau XIX : Résultat des analyses physico-chimiques de beurre.

Paramètres physico-chimiques	Résultat	Norme JORA (1998)	Décision
MG (%)	82%	82%	Conforme
EST (%)	84%	84%	Conforme

Les résultats physicochimiques de beurre sont résumés dans le tableau ci-dessus, montrent la conformité de ce beurre aux normes établis par l'usine Cela confirme un bon conditionnement de beurre. Les résultats obtenus sont en accord avec ceux trouvés par **Traore et Lameche, 2002**.

d. Cheddar

L'ensemble des valeurs physico-chimiques de cheddar sont figurées dans le tableau suivant:

Tableau XX : Résultat des analyses physico-chimiques de cheddar.

Paramètres physico-chimique	Résultats	Norme Jora (1998)	Décision
MG (%)	36 %	30-37%	Conforme
EST (%)	66 %	60-66 %	Conforme
PH	5.60	4.30-5.97	Conforme

Les résultats physicochimiques de cheddar sont résumés dans le tableau, montrent la conformité de ce cheddar aux normes établis par l'usine et **JORA (1998)**, Ce qui confirme un bon conditionnement de cheddar. Les résultats obtenus pour le cheddar confirment ceux obtenus par **Zaim Edine et Zerouali, 2015**.

III.2.2. Résultats physico-chimique du produit fini

La vérification de la conformité du produit fini du point de vue physico-chimique est obligatoire, car il est destiné directement à la consommation.

- Cette vérification permet de s'assurer qu'aucun défaut n'est survenu pendant le conditionnement tel qu'un changement du goût, ou encore de la couleur du produit lors d'un long passage dans la pasteurisation.

L'ensemble des valeurs physico-chimiques du fromage fondu sont portés dans le tableau suivant

Tableau XXI : Résultats des analyses physicochimiques du produit fini fromage fondu.

Paramètres	Résultats	Norme JORA(1998)	Décision
PH	5.78	5.68 a 5.79	Conforme
MG (%)	18%	17.5% - 18.5%	Conforme
EST (%)	39.56%	39.50% - 40%	Conforme
G/S (%)	40.52%	40.50% - 41%	Conforme

Les résultats portés dans le tableau ci-dessus, indiquent que toutes les valeurs sont conformes aux normes, ceci est dû aux bonnes pratiques de fabrication et du laboratoire, aussi au respect des doses de la recette lors de la préparation du produit. Ces échantillons validés pour le stockage et la livraison.

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

CONCLUSION

Le fromage fondu est un produit à base de lait écrémé ou partiellement écrémé, lait cru ou lait en poudre, avec un ajout de matière grasse animale et des sels de fonte. La composition de cet aliment (la teneur en eau, en sel, en sucre...) et la température, sont des conditions très favorables pour le développement des bactéries sporulées thermo résistantes. Ces bactéries sont responsables d'accidents technologiques (Gonflement, putréfaction...) et de 5% des intoxications alimentaires qui peuvent porter préjudice à la santé du consommateur.

Notre travail porte sur l'étude de différents paramètres qui conditionnent la qualité physicochimique et microbiologique du fromage fondu, fabriqué par le groupe industriel « GOUMIDI ».

D'après les résultats obtenus on peut déduire, que les matières premières utilisées pour la fabrication du fromage fondu, sont de bonnes qualités physico chimiques et microbiologiques. Nous avons constaté également que la pasteurisation a été effectuée convenablement du moment, qu'il y a absence de tous les germes recherchés dans le produit fini.

Ainsi, on peut dire que le fromage fondu, est de bonne qualité microbiologique et physico chimique, et les résultats des analyses effectuées sont totalement conformes aux normes **JORA (1998) et JORA (2017)**.

Enfin, nous espérons que les opérateurs économiques optent à respecter les conditions d'hygiène ; lors de la fabrication des produits alimentaires, ainsi que l'application du Décret exécutif 91-53 du 23-02-1991, relatif aux conditions d'hygiène lors de la mise à la consommation, des produits alimentaires serait indispensable pour minimiser les cas des toxi-infections collectives.

Pour assurer une bonne qualité organoleptique, nutritionnelle, sanitaire et marchande du produit final, une stabilité microbiologique et physico-chimique, nous recommandons de respecter des gestes d'hygiène simples (travail dans un environnement et avec du matériel propres et désinfectés, lavage et désinfection des mains, vêtements adaptés, évacuation des déchets, maintien de la chaîne du froid...), et l'utilisation d'équipements courants maintenus dans un parfait état de propreté.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR. (1986).** Détermination de titre hydrométrique de l'eau (TH).
- AFNOR. (1986).** Détermination du chlore libre et du chlore total.
- AFNOR. (1986).** Fromages et fromages fondus — Détermination de la teneur totale en matière sèche (Méthode de références).
- AFNOR. (1986).** Titre alcalimétrique (TA).
- AFNOR. (1986).** Titre alcalimétrique complet de l'eau (TAC).
- AFNOR. F DVO4-035 de juillet. (2009).** Détermination de pH (d'après le fascicule de documentation).
- ALP FORUM n°77. (2009).** Critères microbiologiques de la fabrication du fromage Station de recherche Agroscope Liebefeld-Poisieux ALP.
- Anonyme (2013) :** CAWST Manuel pour introduction à l'analyse de la qualité de l'eau.
- Archive / Réf : F6310 v1** Fabrication du fromage fondu Auteur(s) : Jean-Luc BOUTONNIER.
Date de publication : 10 sept. 2000.
- Bergère J ,1983 et Lenoir. (1997).** Les accidents de fromagerie inventaire de la flore bactérienne.
- Bertrand. (1988).** Le fromage grand oeuvre de microbes, revue générale du froid, p 2- 8.
- Bourgeois CM, Larpant J P. (1996).** Microbiologie alimentaire tome2, technique et documentation Lavoisier-Paris, pp (4, 16, 21,55-57, 321-324,346).
- Bruno zeller.,(2005).** fromages :spécificité technologique et économique .
- Chemache L. (2011).** Qualité de deux spécialités fromagères fabriquées et commercialisées en Algérie. Mémoire du Magister en Sciences Alimentaires, option de Technologies Alimentaires. (UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE).
- CHEMACHE Loucif., 2011 :** Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme Magister en Sciences Alimentaires, option de Technologies Alimentaires Par CHEMACHE Loucif Qualité de deux spécialités fromagères fabriquées et commercialisées en Algérie.
- Chimeneau. (1999).** Les produits industriels laitiers.
- Delarras (2014) :** pratique en microbiologie de laboratoire. Tec et Doc.p772.
- Delarras C(2007) :** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire .Tec et Doc-Lavoisier pp 476.
- Devoyod J. (1988).** Microbiologie alimentaire, NUT.
- Dulor. (2002).** La France aux 400 : fromages. École nationale supérieure agronomique de Montpellier.

- Eck A et Gillis J C 1997** : de la science à l'assurance —qualité ,3ème édition, technique et documentation, Lavoisier, Paris.
- Eck A. (1984).** Le fromage, technique et documentation, Lavoisier, Paris.
- Eck A. (1987).** Le fromage, technique et documentation, Lavoisier, Paris.
- Eckhof-storn N. (1976).** Les fromages, Oyez, Bruxelles.
- Fredot É. (2005).** Connaissance des aliments, technique et documentation, Lavoisier, Paris.
- Gaucheron F. (2004).** Minéraux et produits laitiers, technique et documentation, Lavoisier - Paris.
- GEM RCN ,(2009).**lait et produits laitiers
- Gobin. (1985).** Évolution technologique des pâtes molle revue des ENII.
- Gueguen M. (1988).** Microbiologie alimentaire, NUT.
- Guiraud JP. (2012).** Microbiologie alimentaire, Dunod, Paris.
- ISO 5534. (1985).** Détermination de la teneur en matière grasse dans la matière sèche (G/S).
- ISO 6461-1. (1986).** Qualité de l'eau - Recherche et dénombrement des spores de microorganismes anaérobies sulfito-réducteurs (clostridia) - Partie 1: Méthode par enrichissement dans un milieu liquide.
- ISO 7402** : Microbiologie des aliments - Méthodes horizontales pour la recherche et le dénombrement des Enterobacteriaceae- Partie 1: Recherche et dénombrement à l'aide de la technique NPP avec préenrichissement.
- Jeantet R. (2007).** Science des aliments, volume 2, technique et documentation, Lavoisier, Paris, p (40-41).
- Larpant J-P. (1997).**Microbiologie alimentaire, technique et documentation, Lavoisier- Paris, p (14, 15,18).
- Lenoir J, Brulé G. (1997).** Le fromage, 3ème édition, technique et documentation, Lavoisier, Paris.
- Luquet FM. (1986).** Le lait et les produits laitiers édition, technique et documentation, Lavoisier, p (111).
- Mahaut F M. (1990).** Thèse de docteur ingénieur en science agronomiques ENSAR, rennes 35.
- Mahaut M, Brulé G. (2000).** Initiation à la technologie fromagère, technique et documentation, Lavoisier, Paris.
- Mahaut M, Brulé G. (2003).** Les produits industriels laitiers, technique et documentation, Lavoisier, Paris. trôle de qualité et analyse, université de Tizi-Ouzou.
- Martin G. (1996).** L'homme et des aliments : initiation à la connaissance des aliments. Les presses de l'université Laval, Québec, Canada.

- NF 08-16 1991/ISO 4832** : Microbiologie des aliments : Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement des coliformes — Techniques du nombre le plus probable)
- NF EN (ISO 4833)** : Microbiologie des aliments -- Méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries lactiques mésophiles - Technique par comptage des colonies à 30 degrés C.
- NF EN ISO 9308-1**, septembre 2000: Qualité de l'eau-Recherche et dénombrement des Escherichia Coli et des bactéries coliformes-Partie 1.
- NF V08-061**: Microbiologie des aliment-Dénombrement des spores de micro-organismes anaérobies sulfite- réducteur-Méthode par comptage colonies obtenues en anaérobiose à 37 degrés Celsius. • **NF T90-006** : Lait sec — Détermination de l'acidité titrable (Méthode de référence).
- NF VO4-2010**: Fromages et fromages fondus — Détermination de la teneur en chlorures — Méthode par titrage potentiométrique de référence.
- NF VO4-287 février 2002** : Détermination de la matière grasse du fromage.
- OMS(1997)** : guide OMS des normes relatives aux bonnes pratiques de fabrication(BPF), organisation mondiale de la santé, WHO/VSQ/97.pp :1-179.
- Ramet. (1985)**. La fromagerie, les variétés de fromages du bassin méditerranéen, édition, FAO, Roma, Italie.
- Roux J I. (1994)**. Conservé les aliments : comparaison des méthodes et des technologies. Technique et documentation, Lavoisier, Paris, p (129).
- Sablonnière B. (2001)**. Technologie alimentaire. Ellipses, Paris, p 77.
- Tremorliere E T. (1984)**. Manuel d'alimentation humaine, Tome 2.9ème édition technique et documentation, Lavoisier, paris.
- Veisseyre R. (1979)**. Technologie de lait. Constitution, récolte, traitement et transformation du lait, 3ème édition, la maison rustique, paris.

ANNEXES

Annexe N°1 : Les indicateurs colorés et les additifs

- Phénol phtaléine
- Méthyle d'orange
- EDTA
- Alun de fer : permet la formation d'un complexe noir entre le fer et le sulfites réduits par les Clostridium, la dose est de 1 ml par flacon de 250ml.
- Sulfite de sodium : additionné à la gélose VF pour rendre le milieu sélectif aux Clostridium qui réduisant les sulfites en sulfures, une dose de 5 ml par flacon de 250ml de gélose utilisée.

Annexe N°2 : Verrerie physicochimique et microbiologique

- Flacons sec et stériles
- Butyromètres GERBER
- Pipettes stériles graduées
- Boîtes de Petri stériles
- Becher
- Erlenmeyer
- Tubes à essai stériles
- Portoir de tube à essai
- Spatule métallique
- Bec benzène

Annexe N°3 : Composition des milieux de culture utilisés

❖ Bouillon Roth (S/C)

Peptone.....	20g
Glucose.....	05g
Chlorure de sodium	05g
Phosphate di potassique.....	2,7g
Acide de sodium.....	2.7g
pH=7	

❖ Bouillon lactose billé au vert brillant (VRBL) :

Bille de boeuf déshydraté.....	20g
Lactos.....	10g
Peptone de viande.....	10g
Vert brillant.....	2ml
L'eau distillé.....	100ml

Dissoudre 40g du milieu VRBL dans un litre d'eau distillé autoclave 15min/121°C.

❖ Gélose PCA :

Peptone.....	5
Extrait de levure.....	2.5g
Glucose.....	1g
Gélose.....	15g

pH=7

❖ Tryptone, sels, eau distillé(TSE) :

Tryptone.....	1g
Chlorure.....	8.5g
Eau distillé.....	1000ml

On chauffe lentement jusqu'à l'obtention d'une dissolution complète, une répartition en tube puis un autoclave à 121°C pendant 20m1.

❖ Gélose Chapman :

Peptone.....	10g
Extrait de viande.....	1g
Chlorure de sodium.....	17g
Rouge de phénol.....	25g
Mannitol.....	10g
Gélose.....	15g

PH=7.4

❖ Bouillon EVA-LITSKY :

Peptone	20g
Glucose.....	5g
Chlorure de sodium.....	5g
Phosphate bi potassique.....	2.7g
Phosphate mono potassique.....	2.7g
Acide de sodium.....	0.3g
Ethyle violet.....	0.0005g

pH=6. 8-7

❖ Bouillon Giolitti Contonii :

Peptone de caséine.....	20g
Extrait de viande.....	5g
Extrait de levure.....	5g
Chlorures de lithium.....	5g
Mannitol.....	20g
Chlorures.....	5g
Glycine.....	12g
Pyruvate de sodium.....	5g
Eau distillé.....	1000ml

pH final : 7.4

NB : ajouter l'additif tellurite de potassium à 0.025g

❖ Gélose VF (Viande Foie) :

Extrait viande foie.....	10g
--------------------------	-----

Peptone.....	20g
Extrait de levure.....	10g
Glucose.....	5g
Gélose.....	15g
pH : 7.6	

❖ Gélose BCPL :

Pour 1 litre de milieu :

Tryptone	5,0 g
Extrait de viande.....	3,0 g
Lactose	5,0 g
Pourpre de bromocrésol.....	25,0 mg
Agar	15g

pH du milieu prêt-à-l 'emploi à 25°C : 6,7 ± 0,2.

❖ Milieu

sabouraud Peptone.....	10 g
Glucose massé	20 g
Agar-agar.....	15 g
Eau distillée	1 000 ml

Vitamines et facteurs de croissance

pH = 6,0

Annexe N°4 : Table de Mac-Grady

Nombre de tubes positifs au niveau de trois taux de dilution retenus			NPP	Limites de confiance				Catégories*	
3 tubes 1 mL	3 tubes 0,1 mL	3 tubes 0,01 mL		à 95 %		à 99 %		1	2
0	0	0	< 0,3						
0	0	1	0,3	< 0,1	1,7	< 0,1	2,3		
0	1	0	0,3	< 0,1	1,7	< 0,1	2,3		x
0	2	0	0,6	0,2	2,3	0,1	2,9		
1	0	0	0,4	0,1	2,1	< 0,1	2,8	x	
1	0	1	0,7	0,2	2,7	0,1	3,5		x
1	1	0	0,7	0,2	2,8	0,1	3,6	x	
1	1	1	1,1	0,4	3,4	0,2	4,3		
1	2	0	1,1	0,4	3,5	0,2	4,4		x
1	2	1	1,5	0,6	4,1	0,4	5,1		
1	3	0	1,6	0,6	4,2	0,4	5,2		
2	0	0	0,9	0,2	3,8	0,1	5,0	x	
2	0	1	1,4	0,5	4,8	0,3	6,2		x
2	1	0	1,5	0,5	5,0	0,3	6,5	x	
2	1	1	2,0	0,8	6,1	0,5	7,7		x
2	2	0	2,1	0,8	6,3	0,5	8,0	x	
2	2	1	2,8	1,1	7,5	0,7	9,3		
2	3	0	2,9	1,2	7,8	0,8	9,7		
3	0	0	2,3	0,7	12,9	0,4	17,7	x	
3	0	1	4	1	18	1	23	x	
3	0	2	6	2	23	1	29		
3	1	0	4	2	21	1	29	x	
3	1	1	7	2	28	2	37	x	
3	1	2	12	4	35	2	45		
3	2	0	9	3	39	2	52	x	
3	2	1	15	5	51	3	65	x	
3	2	2	21	8	64	5	82		x
3	2	3	29	12	80	8	99		
3	3	0	20	10	140	<10	190	x	
3	3	1	50	20	240	10	320	x	
3	3	2	110	30	480	20	640	x	
3	3	3	>110						

J.C. de Man European J Appl. Microbiol. 1,67 - 78 (1975)

(*) catégorie 1 : combinaisons de tubes les plus fréquentes correspondant à 95% des cas.
catégorie 2 : combinaisons de tubes moins fréquentes que la catégorie 1 et correspondent à seulement 4% des cas.
L'obtention de combinaisons hors catégorie doit inciter à considérer le résultat avec circonspection.

Annexe N°5 : Matériel utilisé



Stomacher



Broyeur



Agitateur



pH-mètre



Dessiccateur



Alcool et acide sulfurique



Balance



Centrifugeuse



Butyromètre



Bain marie



Food scan



Autoclave



Étuve