

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/20

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOMEMASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté par :

HADDAR Cylia & YAHIAOUI Manal

Thème

***Procédés de fabrication du lait et ses dérivés :
yaourt, fromage et crèmes glacées***

Soutenu le : 30/ 09 / 2020

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mr ARAB A

MCB

Univ. de Bouira

Président

Mm YOUSFI M

MAB

Univ. de Bouira

Examineur

Mm BENBARA T

MAA

Univ. de Bouira

Promoteur

Année Universitaire : 2019/2020



Remerciements

Nous tenons à remercier le « Bon Dieu » le tout puissant pour la patience, volonté, courage et santé qui nous a apporté tout au long de notre parcours

Nous tenons à remercier notre promotrice Madame BENBARA T, pour son aide précieux et son orientation tout au long de la période de réalisation de ce travail

Nous remercions également les membres de jury pour le temps consacré pour examiner ce travail

Nous tenons à remercier nos familles avec tous nos sentiments du respect, de gratitude et de reconnaissance pour tous les sacrifices déployés pour nous élever dignement et assurer notre formation dans les meilleurs conditions

Enfin, nous remercions chaleureusement tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail



Dédicaces

En cette mémorable occasion de notre soutenance,

Je dédie ce fruit à :

Dieux pour m'avoir donné la force de préserver et garder l'espoir pour mon avenir

Mes chers parents pour leur sacrifice, leur soutien et leur encouragement durant mes études, Qui m'ont appris à être forte, que le Dieu les protège et les préserve à moi pour toujours

Mes chères frères et sœurs : Saïd et Ouahab , Nouria et Nassima qui m'ont soutenue à avoir cette patiente afin de me pouvoir achever ce travail

Mes chères neveux : Ayoub, Amine et Yahia , je vous souhaite que de la réussite

Mes beaux fils : Fateh et maurad qui non jamais cesser de m'encourager, de me donner l'aide de près ou de loin

Mes copines, Mes amies

Ma binôme : Manel

Toute personne que je n'ai pas citée et qui ma aidée de près ou de loin

Cylia



Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents qui ont toujours été là pour moi tout au long de mes études et qui m'ont donné un magnifique modèle de la bcur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A mes chères frères et sœur : wassila, madjid, lydia, smail, mahdi, melissa pour leur patience et leurs soutiens qu'ils n'ont cessés d'apporter au cours de ma formation.

A mes chers neveux : anas et yahia et ma chère nièce : cydra

A toute mes chères camarades de collectif des femmes libres : liza , zina, davy, sonia , thilelli ,tassadit ,yasmine, siham . Et mes camarades de VOS

A tout mes chères ami(es) : akxel, mazigh , lounis, farid ,lydia, kenza ,khalaf,kalthoum.

A ma chère binôme cylvia et à toutes ma promotion microbiologie.

Manel

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

AV.JC : Avant Jésus Christ

ATCC: American Type Culture Collection

BLBVB: Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant

BTLS : Bouillon Tryptose Lauryle Sulfate

C : Représente le nombre maximal permis d'unités prélevées de qualité marginale

Ca : Calcium

Cl : Chlore libre

°D : Degré Dornic

EPS : Exopolysaccharides

EPT: Eau Péptonée Tamponnée

E341iii : phosphate tricalcique

E450 : phosphates et polyphosphates

E. coli : *Escherichia coli*

F.A.O : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FAMT : Flore aérobie mésophile totale

FIL : Fédération national laitière

H⁺: Ions hydrogène

[H⁺] : Concentration d'ions hydrogène

H : heure

g : Gramme

GEM RCN : groupes d'étude des marches de restauration collective et de nutrition

GN: Gélose nutritive

Log : Logarithmes

L. monocytogenes : *Listeria monocytogenes*

I.S.O : International Standard Organisation

J.O.R.A : Journal Officiel de République Algérien

Kg : kilogramme

LB: *Lactobacillus*

MG : Matière grasse

MS : Matière Sèche

m : Valeur numérique des concentrations satisfaisantes de micro-organismes

M : Concentrations inacceptables de micro-organismes

MPa : Unité de pression

Mg : Magnésium

n : Nombre d'unités de prélèvement

nm : nanomètre

NPP : Nombre Plus Probable

Na : Sodium

OH⁻ : Anion d'hydroxyle

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé

PH : Potentiel Hydrogène

® : Symbole de marque commerciale signifie Registered.

SFB : bouillon sélénite-cystéine

S-S : Salmonella-Shigella

TEFD : Teneur en Eau dans le Fromage Dégraissé.

TA : Titre alcalimétrique

TAC : la somme des anions hydrocarbonates, carbonates et hydroxydes alcalins.

TSYEA : Tryptone Soja extrait de levure.

TSE : Tryptone Sel Eau

T : Température

UFC : Unités Formant Colonies

UHT : Ultra Haute Température

V : Volume

VF : Viande Fois.

Liste des tableaux

Tableaux		Pages
Tableau N° 01	Composition des laits en poudre	06
Tableau N°02	Composition moyenne du lait entier	06
Tableau N°03	Composition moyenne en % du lait de vache, chamelle, brebis, chèvre	07
Tableau N°04	Les apports des différents yaourts pour un pot de 125g	28
Tableau N°05	Critères microbiologiques du yaourt	34
Tableau N°06	Teneur en matière grasse dans 100g de fromage	42
Tableau N°07	La teneur protéique de certains fromages	42
Tableau N°08	La teneur en sodium dans 100 g de fromage	43
Tableau N°9	Teneurs comparées en oligoéléments entre lait et fromages	43
Tableau N°10	Mécanisme de la coagulation	46
Tableau N°11	Les critères microbiologiques du fromage	50
Tableau N°12	Les résultats de dénombrement des streptocoques fécaux	54

Liste des figures

Figures		Page
Figure N°01	Dénombrement des germes aérobies mésophiles	11
Figure N°02	Dénombrement de coliforme totaux et fécaux	12
Figure N°03	Dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	13
Figure N°04	Dénombrement des salmonelles	14
Figure N°05	Structure schématique de la crème glacée	18
Figure N°06	Schéma résume les étapes de fabrication de la crème glacée	19
Figure N°07	Aspect d' <i>E. coli</i> sur milieu VRBL	22
Figure N°08	Aspect des colonies de <i>Salmonella.spp</i> sur gélose S-S	23
Figure N°09	Aspect des colonies de FMAT sur PCA	23
Figure N°10	Les étapes de la recherche de <i>L. monocytogenes</i>	25
Figure N°11	Dénombrement de <i>L. monocytogenes</i> par méthode RapidL' mono	26
Figure N°12	Diagramme générale de fabrication de yaourt ferme et du yaourt brassé	32
Figure N°13	Coliformes totaux sur gélose VRBL	38
Figure N°14	Dénombrement de <i>Salmonella</i> sur Hecktoen	38
Figure N°15	Dénombrement des levures et moisissures	39
Figure N°16	<i>Streptococcus thermophilus</i> sur gélose M17	39
Figure N°17	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> sur gélose MRS	40

Figure N°18	Fromage affiné aux moisissures (Camembert).	45
Figure N°19	Fromage affiné moisi (<i>Penicillium roqueforti</i>).	45
Figure N°20	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans les produits laitiers	51
Figure N°21	Recherche et dénombrement des salmonelles sur milieu S-S	52
Figure N°22	Recherche et dénombrement de la FMAT sur PCA	53
Figure N°23	Tubes de Rothe après l'incubation	54
Figure N°24	Tubes de Litsky après l'incubation	54
Figure N°25	<i>Staphylococcus aureus</i> présumé sur milieu gélosé sélectif Baird Parker.	54

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....1

Chapitre I : Généralités sur lait

1. Définition du lait.....	3
2. Différents types du lait.....	3
3. Composition du lait.....	6
4. Les principales caractéristiques du lait	8
4.1. Qualité organoleptique	8
4.2. Caractéristique physicochimique	9
5. Les analyses physicochimiques	10
6. Les analyses microbiologiques	11

Chapitre II : Généralités sur les crèmes glacées

1. Définition des crèmes glacées.....	15
2. Historique.....	15
3. Types de glace.....	16
4. Composition et la fonction des ingrédients de la crème glacée.....	16
5. Structure de la crème glacée.....	17
6. Fabrication de la crème glacée.....	18
7. Flaveur et qualité organoleptique.....	19
8. Microbiologie de la crème glacée.....	19
9. Les analyses physicochimiques de la crème glacée.....	20
10. Les analyses microbiologiques de la crème glacée.....	21

Chapitre III : Généralités sur le yaourt

1. Définition du yaourt	27
2. Histoire.....	27
3. Types du yaourt	28

4. La qualité nutritionnelle du yaourt.....	28
5. La microflore du yaourt.....	29
6. Le rôle de la microflore du yaourt.....	30
7. La relation symbiotique entre les deux souches du yaourt	31
8. Le processus de fabrication de yaourt.....	31
9. Caractérisation du yaourt.....	33
9.1. Paramètre physicochimique.....	33
9.2. Paramètre microbiologique.....	34
10. Intérêt nutritionnelle et thérapeutique	35
11. Les analyses physicochimiques et microbiologiques	36
11.1. Les analyses physicochimiques.....	36
11.2. Les analyses microbiologiques	37

Chapitre IV : Généralités sur le fromage

1 .Définition du fromage.....	41
2. Origine du fromage	41
3. Constituants du fromage.....	41
4. Classification des fromages.....	44
5. Transformation du lait en fromage	45
6. Les étapes de fabrication du fromage.....	46
7. Microbiologie du fromage.....	49
8. Analyses physico-chimiques	50
9. Analyses bactériologiques.....	51
Conclusion.....	56

Références bibliographiques

Introduction

Le lait, le premier aliment de l'Homme, il est le seul à pouvoir revendiquer en tout le temps et tout lieu de statut d'aliment universel, au moins pour la première partie de la vie d'être humain. L'Algérie est le premier consommateur laitier du Maghreb avec une consommation moyenne de l'ordre de 100 à 110 habitants/an en 2010 (**Benelkadi, 2010**). Le lait est un aliment riche en protéines de haute valeur biologique, de sucres, des macros et des oligo-éléments surtout le calcium, l'eau ; il renferme également des vitamines. C'est un aliment complexe aux nombreuses vertus ; c'est le compagnon indispensable d'une alimentation équilibrée (**Bouchakour et Djighlal, 2015**). Le lait, un fluide biologique d'une extraordinaire complexité dans lequel coexiste une multiplicité de molécules dont certaines organisées en structures supramolécules parfaitement ordonnées et source de composés bioactifs (**Leonel et al., 2013**).

Les laits fermentés sont préparés depuis une époque très lointaine en Asie centrale, dans les pays méditerranéens et dans la plupart des régions d'élevage où ils constituent un mode de protection et de conservation du lait grâce à l'abaissement du pH en même temps qu'ils sont un aliment apprécié pour sa saveur. Longtemps restés traditionnels, certains de ces produits connaissent depuis quelques années un développement considérable, d'une part, grâce à l'intérêt qu'y trouvent les consommateurs sur le plan organoleptique, nutritionnel, thérapeutique et, d'autre part, à la mise en œuvre de procédés de fabrication industriels et aux progrès de la distribution. Ces produits présentent un intérêt dans les pays en développement en raison de leur acidité qui en fait des aliments hygiéniques, sans inconvénients pour les consommateurs intolérants au lactose. De plus, ils présentent une bonne valeur nutritionnelle, des qualités organoleptiques généralement très bien acceptées ainsi qu'une relative facilité de préparation et de distribution (**FAO, 1995**).

Les crèmes glacées que nous connaissons aujourd'hui est en existence depuis au moins 330 ans, bien que ses origines remontent probablement plus loin dans le passé (**Medjoub, 2017**). La crème glacée gagne toujours une importance croissante en tant que produit laitier, sa popularité auprès du consommateur s'explique par ses qualités rafraichissantes et sa grande valeur nutritive, et auprès du fabricant par les bénéfices qu'offre ce produit (**Kruijer, 1954**).

La fabrication du fromage est un processus essentiellement lié à la composition du lait, notamment la teneur en matière grasse et en protéines (**Bouguern et Megunai, 2016**). Le fromage est un aliment d'importance croissante sur le marché international (**Silvia et Quevedo, 1978**).

Le yaourt est le résultat d'une des plus anciennes méthodes de conservation du lait. Il est estimé qu'auteur de 1000-500 avant JC avec la domestication des animaux producteurs de lait (vaches, moutons, chèvres, etc.), les produits laitiers ont été incorporés dans l'alimentation humaine. Le mot yogourt, écrit également « yoghurt » (en anglais) et « yaourt » (en français) est un terme utilisé par la population Turques nomades qui provient du verbe turc 'de yoğurmak', signifiant « cailler, épaissir, coagular » (**Adriana, 2016**).

Objectif principal de ce travail est de savoir comment fabriquer les produits laitiers fermentés dans l'industrie laitière, et comment lancer la production tout en suivant un protocole spécifique à chaque produit ainsi que toutes les analyses soit physico-chimiques ou microbiologiques nécessaire afin d'avoir à la fin un produit laitier satisfaisant pour le consommateur et garder ça valeur nutritionnelle, organoleptique et hygiénique. Cette recherche se focalise sur tout type de produit laitier ainsi réalisé en quatre chapitres. Le premier est sur le lait qui une matière première qui fait lancer la production des crèmes glacées, fromage et yaourt qui seront détaillé dans le deuxième chapitre

***Chapitre I: Généralités
sur le lait***

1. Définitions de lait

Le *Codex Alimentarius* en 1999, définit le lait comme étant la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur.

Selon Deforges et al., en 1999, le lait cru est un lait non chauffé au-delà de 40°C ni soumis à un traitement non thermique d'effet équivalent notamment du point de vue de la réduction de la concentration en micro-organismes.

2. Différents types du lait

2.1. Lait de consommation

Les laits de consommation se caractérisent par le traitement thermique appliqué pour une longue conservation et le taux de matière grasse. Cette dernière permet de classer ce lait en plusieurs types :

- a) **Lait entier** : est un lait traité thermiquement, sa teneur en matière grasse réponds à l'une des formules suivantes :
 - ✓ Lait entier normalisé : est un lait dont la teneur en matière grasse s'élève à 3,50 % au minimum.
 - ✓ Lait entier non normalisé : est un lait dont la teneur en matière grasse n'a pas été modifiée depuis le stade de la traite, ni par adjonction ou prélèvement de matières grasses du lait ni par le mélange avec du lait dont la teneur naturelle en matière grasse a été modifiée. Toutefois, la teneur en matière grasse ne peut être inférieure à 3,50 %.
- b) **Lait demi-écrémé** : est un lait traité thermiquement dont la teneur en matière grasse a été ramenée à un taux qui s'élève à 1,50 % au minimum et à 1,80 % au maximum.
- c) **Lait écrémé** : est un lait traité thermiquement dont la teneur en matière grasse ne peut excéder 0,50 % (**Martinez et Beisson , 2009**).

2.2. Lait cru

Le **règlement (CE) n°853/2004 2** définit le lait cru comme le lait produit par la sécrétion de la glande mammaire d'animaux d'élevage et non chauffé à plus de 40 °C, ni soumis à un traitement d'effet équivalent.

Ce lait n'a donc subi aucun traitement autre que la réfrigération mécanique immédiate après la traite à la ferme. Pour être vendu, il doit répondre à des prescriptions réglementaires sur sa composition et l'état sanitaire des vaches d'où il est tiré. Il doit être conditionné sur le lieu

même de production et subir de nombreux contrôles (cf. arrêtés du 3 août 1984 et du 6 août 1985).

La mention « lait cru » ou « lait cru frais » est obligatoire sur l'emballage. Sa date limite de consommation est très limitée et il se conserve réfrigéré. Le lait cru peut être classé en plusieurs types selon son origine

a) Lait de vache

D'après la **FAO(2017)**, le lait de vache représente plus de 83% de la production mondiale de lait. Les matières grasses constituent environ 3 à 4% des solides du lait de vache, les protéines environ 3,5% et le lactose 5%, mais la composition chimique brute du lait de vache varie en fonction de la race. Par exemple, la teneur en matière grasse est généralement plus élevée chez les bovins *Bos indicus* que chez *B. taurus*. La teneur en matière grasse du lait de bovin *B. indicus* peut atteindre 5,5%.

b) Lait de bufflonne

D'après la **FAO (2017)**, le lait de bufflonne représente le deuxième élevage laitier avec plus de 12% de la production mondiale. Il est principalement produit en Inde et au Pakistan et représente la moitié de la production laitière en Inde. Il a une teneur très élevée en matières grasses, qui est en moyenne deux fois plus élevée que celle du lait de vache. Le rapport matière grasse sur protéine dans le lait de bufflonne est d'environ 2/1. En comparaison avec le lait de vache, le lait de bufflonne a également un rapport caséine sur protéine plus élevé. La forte teneur en calcium de la caséine facilite la fabrication du fromage.

c) Lait de chèvre

D'après la **FAO (2017)**, le lait de chèvre représente environ 2% de la production mondiale. Il a une composition semblable au lait de vache. Dans les pays méditerranéens et en Amérique latine, le lait de chèvre est généralement transformé en fromage ; en Afrique et en Asie du Sud, il est généralement consommé cru ou acidifié.

d) Lait de brebis

D'après la **FAO (2017)**, le lait de brebis contient plus de matières grasses et de protéines que les laits de vache et de chèvre ; seuls les laits de bufflonne et de yak contiennent plus de matières grasses. Le lait de brebis possède aussi généralement une teneur plus élevée en lactose que les laits de vache, de bufflonne et de chèvre. Grâce à sa haute teneur en protéines et à l'ensemble de ses constituants solides, le lait de brebis est particulièrement approprié pour

la fabrication de fromage et de yaourt. Le lait de brebis tient un rôle important dans la région méditerranéenne, où la plus grande partie de la production est transformée en fromages.

e) Lait de jument

D'après la **FAO (2017)**, le lait de jument est très pauvre en matières grasses ce qui fait que la teneur en énergie brute est faible (500 à 600 kcal/kg) et donc la part d'énergie brute provenant des lipides est très réduite (25% vs 50% pour la vache)

2.3. Lait traité thermiquement

➤ **Lait pasteurisé** : la dénomination « lait pasteurisé » est réservée au lait :

- obtenu par un traitement mettant en œuvre une température élevée pendant un court laps de temps (au moins 72°C pendant 15 secondes) ou par un procédé de pasteurisation utilisant des combinaisons différentes de temps et de température pour obtenir un effet équivalent ;
- immédiatement refroidi après pasteurisation pour être ramené, dans les meilleurs délais, à une température ne dépassant pas 6°C ;
- présentant une réaction négative au test phosphatase

Le qualificatif « **frais** » peut accompagner la dénomination « lait pasteurisé » lorsque le lait remplit les conditions mentionnées ci-dessus et présente une réaction positive au test peroxydase. Lorsque le lait pasteurisé présente une réaction négative au test peroxydase, tout en ayant subi un traitement thermique inférieur à la stérilisation, l'étiquetage comporte la mention « **pasteurisation haute** » à l'exclusion du qualificatif « frais » (avis DGCCRF n°95792 du 6 Octobre 1995).

Le lait frais pasteurisé se conserve réfrigéré (**GEM-RCN, 2009**)

➤ **Le lait stérilisé**

La dénomination « lait stérilisé » est réservée au lait préalablement conditionné dans un emballage hermétique, puis chauffé pendant 15 à 20 minutes à une température de 115-120°C afin de détruire tous les germes susceptibles de s'y développer. Le lait est ensuite rapidement refroidi. Il se conserve à température ambiante, tant que l'emballage n'a pas été ouvert (**GEM-RCN, 2009**)

➤ **Le lait stérilisé UHT**

Le procédé dit d'ultra haute température est également un procédé de longue conservation qui permet, d'écourter le temps de chauffage : les qualités gustatives du lait sont mieux préservées qu'avec la stérilisation simple. Il s'agit de porter rapidement le lait à la température de 135°C minimum pendant 2 à 4 secondes, puis de le conditionner dans une ambiance stérile.

Le lait UHT peut être entier, demi-écrémé ou écrémé. On le trouve dans le commerce sous le nom « lait stérilisé UHT ». Il se conserve à température ambiante, tant que l'emballage n'a pas été ouvert. (GEM-RCN, 2009)

2.4. Lait en poudre

Les laits en poudre sont des produits résultant de l'élimination partielle de l'eau du lait et l'évaporation autant que possible de sorte que l'eau est perdue et le lait devient poudre. On distingue trois catégories de lait en poudre : entier, partiellement écrémé et totalement écrémé dont la composition est donnée au tableau 01. Selon cette norme, ils peuvent recevoir des additifs alimentaires (stabilisants, émulsifiants, antiagglomérants) dans certaines conditions (Arie et al., 2012)

Tableau 01 : Composition des laits en poudre (% m/m) (Arie et al., 2012)

Composants	Lait entier	Lait partiellement écrémé	Lait écrémé
Matière grasse laitière			
Minimum	26	>1,5	
Maximum	<40	<26	1,5
Eau maximum	5	5	5

2.5. Lait microfibre

Ce type de lait n'est pas mis sur le marché que depuis peu de temps. Seule la fraction lipidique est traitée thermiquement, le reste subit une microfiltration tangentielle qui permet d'éliminer 95 à 99 % de la flore bactérienne. Ce procédé permet de conserver les macromolécules protéiques et le potentiel biologique du lait (Lafitedupont, 2011)

3. Composition de lait

Tableau 02 : Composition moyenne du lait entier (Fredot, 2006).

Composants	Teneurs (g/100g)
Eau	89.5
Dérivés azotés	3.44
Protéines	3.27
Caséine	2.71
Protéines solubles	0.56
Azote non protéique	0.17
Matières grasses	3.5
Lipides neutres	3.4
Lipides complexes	< 0.05
Composés liposolubles	< 0.05
Glucides	4.8
Lactose	4.7
Gaz dissous	5% du volume du lait
Extrait sec total	12.8

Tableau 03 : Composition moyenne en % du lait de vache, femme, brebis et chèvre (Fredot, 2006).

Composants	Vache	Femme	Brebis	Chèvre
Protéines	3.4	1.0	2.9	5.5
Caséines	2.8	0.4	2.5	4.6
Lipides	3.7	3.8	4.5	7.4
Lactose	4.6	7.0	4.1	4.8
Minéraux	0.7	0.2	0.8	1.0

3.1. Protéines

La plupart de la matière azotée de lait se trouve sous formes de protéines qui sont composés d'acides aminés. La concentration de protéines dans le lait varie de 3 à 4 % (3 à 4g /100g). Ce pourcentage varie avec la race de la vache et avec le pourcentage de la matière grasse dans le lait. Les protéines sont divisées en deux groupes principaux : les caséines (80 %) et les protéines du petit lait (20 %). Le comportement des différents types de caséine (α , β et κ) sous l'effet des traitements (chaleur, acidité, addition de sel, etc.) utilisés lors de la fabrication des produits laitiers déterminent leurs caractéristiques (Michel et Wattiaux, 2005).

3.2. Glucides

Les glucides sont essentiellement représentés dans le lait par le lactose (la proportion des autres glucides étant toujours plus faibles), cependant, le lait contient deux types de glucides :

- Les glucides libres et dialysables (les oligosaccharides).
- Les glucides combinés en glycoprotéines et non dialysables.

La teneur en glucides variables au cours de la lactation et elle est différente selon l'espèce prise en compte : par exemple, le lait humain contient beaucoup plus de glucides autres que le lactose par rapport au lait de vache (Bougheon, 2001).

➤ Lactose

C'est le composant majeur le plus simple et le plus constant du lait. C'est un sucre extrêmement rare en dehors de sa présence dans le lait.

Le lactose est un disaccharide ($C_{12}H_{22}O_{11}$) réducteur spécifique du lait puisque ça synthèse se déroule dans la glande mammaire par fixation de la liaison 1-4 d'un β -galactose sur un glucose (Bougheon, 2001).

3.3. Les lipides

La concentration des lipides varie de 30 à 50g/l. Ils sont constitués essentiellement de triglycérides à 99 % (triesters du glycérol avec divers acides gras saturés) (**Michel et Wattiaux, 2005**).

3. 4. Les minéraux

Selon **Gaucheron (2004)**, le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux sont : calcium, magnésium, sodium, potassium et phosphate.

3.5. Eau

L'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. Son caractère polaire lui permet de former une solution varie avec les substances polaires telle que les glucides et les minéraux (**Carole, 2002**).

Eau est un élément quantitativement plus important et représente environ 9/10 (81 à 87%) du lait. Le lait est riche en eau : ½ litre de lait apporte 450ml d'eau (**Frodod, 2005**).

3 .6.Vitamines

Les vitamines sont des substances biologiques indispensables à la vie puisque qu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échèle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser (**Carole, 2002**).

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (**Jeantet et Coll, 2008**).

3. 7.Enzymes

Le lait cru contient deux types : les enzymes présents dans le lait et celles liées à la flore microbienne du lait. Il existe une vingtaine d'enzymes qui ont des fonctions diverses : hydrolases, catalases, oxydases, lactoperoxydases (**Renard, 2014**).

4. Les principales caractéristiques du lait

4.1. Qualité organoleptique

La qualité organoleptique d'un produit se dégrade au fil du temps ; la durée de stockage, la température et leur action combinée affectent considérablement les attributs sensoriels totaux.

Un lait de bonne qualité organoleptique présente des caractéristiques typiques qui concernent la couleur, l'odeur, la saveur et la viscosité (**Sarata, 2008**).

- **La couleur**

L'opacité du lait est due à sa teneur en particules suspendues de matières grasses, de protéines et de certains minéraux ; cette couleur varie du blanc au jaune en fonction de la coloration (teneur en carotène) de la matière grasse (**Gosta, 1995**).

- **L'odeur**

La présence de la matière grasse dans le lait lui confère une odeur caractéristique. Au cours de sa conservation, le lait est caractérisé par une odeur aigre due à l'acidification par l'acide lactique (**Vierling, 1998**).

- **La saveur**

Il est difficile de définir cette caractéristique du lait normal car elle provient de l'association d'éléments diversement appréciés selon l'observateur. En effet, on distingue la saveur douce du lactose, la saveur salée du NaCl, la saveur particulière de lécithines qui s'équilibre et qui est atténuée par la masse des protéines (**Martin, 2000**).

- **La viscosité**

La viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques. La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur. Ainsi, un consommateur d'Europe centrale évalue de manière très positive le lait concentré à forte consistance (filandreux). Il associe la teneur élevée des composants du lait à la viscosité élevée (**Rheotest, 2010**).

4.2. Caractéristiques physicochimiques

Les propriétés physicochimiques utilisées en industrie laitière sont la masse volumique, la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (**Carole, 2002**).

4.2.1. La masse volumique et densité du lait

La masse volumique, le plus souvent exprimée en gramme par litre ou en kilogramme par litre, est une propriété physique qui varie selon la température, puisque le volume d'une solution varie selon la température. Pour diminuer l'effet de la température, on utilise souvent la densité relative. Cette propriété se définit comme suit : (**Carole, 2002**).

$D = T/T = m. v. \text{ d'une substance à une température } T / m.v.\text{de l'eau à une température } T$

4.2.2. Point de congélation

Le point de congélation de lait est légèrement inférieur à celui de l'eau puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de $-0,530^{\circ}\text{C}$ à $-0,575^{\circ}\text{C}$ avec une moyenne à $-0,555^{\circ}\text{C}$. Un lait de point de congélation supérieur à $-0,530^{\circ}\text{C}$ permet de soupçonner une addition d'eau au lait. La vérification de point de congélation se fait à l'aide d'un cryoscope (**Gadoues, 2011**).

4.2.3. Point d'ébullition

Le point d'ébullition est défini comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition d'eau soit $100,5^{\circ}\text{C}$. Cette propriété est appliquée dans les procédés de concentration de lait (**Carole, 2002**).

4.2.4. Acidité du lait

Dès sa sortie du pis de la vache, le lait démontre une certaine acidité. Cette acidité est due principalement à la présence de protéines surtout les caséines et la lactalbumine, de substances minérales telles que les phosphores et les dioxydes du carbone (CO_2) et d'acides organiques, le plus souvent l'acide citrique (**Carole, 2002**).

5. Les analyses physicochimiques

5.1. Détermination de pH

Le pH est déterminé par la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre ; appareil qui mesure la différence potentiométrique entre deux électrodes à température de 20°C (**journal officiel N^o=54 ; 30 août, 2000**)

5.2. Détermination de l'acidité titrable

La présence de phénolphtaléine, comme indicateur coloré, indique la limite de la neutralisation par changement de couleur (rose pale). Cette acidité est exprimée en degré Dornic ($^{\circ}\text{D}$) où : 1°D représente $0,1\text{ g}$ d'acide lactique dans un litre de lait (**Mathieu, 1998**)
Transvaser 10 ml de lait dans un bécher et ajouter 3 à 4 gouttes de phénolphtaléine puis titrer avec la soude jusqu'à un virage du milieu au rose pale. Les résultats sont exprimés en degré Dornic en appliquant la formule suivant (**Kabir 2015**)

Acidité = $V.10 (D^{\circ})$

V : volume (en ml) de la chute de la burette.

5.3. Détermination de la densité de lait

Remplir l'éprouvette 250 ml avec l'échantillon du lait et introduire le lactodensimètre dans l'éprouvette, après la stabilisation de l'appareil, on lit directement la valeur de la densité sur les graduations du lactodensimètre. La densité est déterminée à 20°C par lactodensimètre (Kabir, 2015)

5.4. Dosage de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique)

La méthode acido-butyrométrique est une technique conventionnelle qui lorsqu'elle est appliquée à un lait entier de teneur en matière grasse moyenne et de masse volumique moyenne à 20°C (27°C dans les pays tropicaux) donne une teneur en matière grasse exprimée en grammes pour 100g de lait ou 100 ml de lait (AFNOR, 1985).

6. Les analyses microbiologiques

6.1. Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux

Les micro-organismes aérobies et anaérobies facultatifs, peuvent se développer dans un milieu nutritif non sélectif. Incubés à 30 °C pendant 72 h, ces germes apparaissent sous forme de colonies de taille et de formes différentes (Lapied et Petranxiene, 1981).

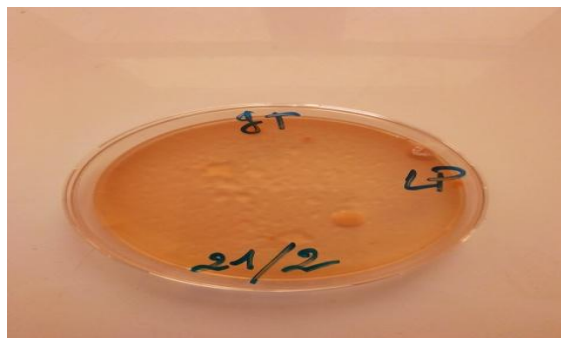


Figure N°01: Dénombrement des germes aérobies mésophiles (Kigmou et Bilaroussi, 2019)

6.2. Dénombrement des coliformes

Pour le dénombrement des coliformes totaux, on utilise la technique de NPP (nombre le plus probable) conformément à la norme ISO-4831. La recherche des coliformes fécaux contient deux parties : (ISO-4831)

➤ Test présomptif

Ce test est réservé à la recherche des coliformes totaux. À partir des trois dilutions avec une cloche de Durham, ce test est réalisé comme suit :

- Prendre trois tubes de BTLS double concentration ajouté 1 ml de dilution 1/10;
- Prendre trois tubes de BTLS simple concentration ajouté 1 ml de dilution 1/100;
- Prendre trois tubes de BTLS simple concentration ajouté 1 ml de dilution 1/1000.

Les tubes présentant à la fois un dégagement gazeux et un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu) sont considérés positifs. Le dénombrement se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady (**Kabir, 2015**).

➤ **Test confirmatif (test de Mac Kenzie)**

À partir des tubes trouvés positifs lors des dénombrements de coliformes totaux (test de présomption), un repiquage est effectué dans un autre milieu sélectif BTLS. La lecture est réalisée après 24 à 48 h d'incubation à 44 °C. Le dégagement de gaz dans les clochettes (cloche de Durham) et la formation d'un anneau rouge à la surface du tube après ajout de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs, indiquent bien la présence du genre *Escherichia coli*. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de Mac Grady (**Kigmou et Bilaroussi, 2019**)



Figures N° 02: Dénombrement de coliformes totaux et fécaux (**Kigmou et Bilaroussi, 2019**)

6.3. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus fait l'objet d'une recherche et dénombrement sur le milieu Baird Parker avec émulsion de jaune d'œuf (250ml BP +10ml JOT à 50°C) et à l'aide d'une pipette pasteur, distribuer dans la boîte de pétrie 0.1 ml de l'échantillon (solution mère, dilutions ...) sur la surface de 15ml du milieu mis en boîte, étaler soigneusement l'inoculum le plus rapidement possible à la surface du même milieu en essayant de ne pas toucher les bords de la boîte avec l'étaleur stérile. La boîte sera incubée à 37°C pendant 48h. Après 48h d'incubation, la surface de la boîte doit présenter des colonies caractéristiques (centre noir avec un halo blanchâtre) (**ISO 6888-1**)

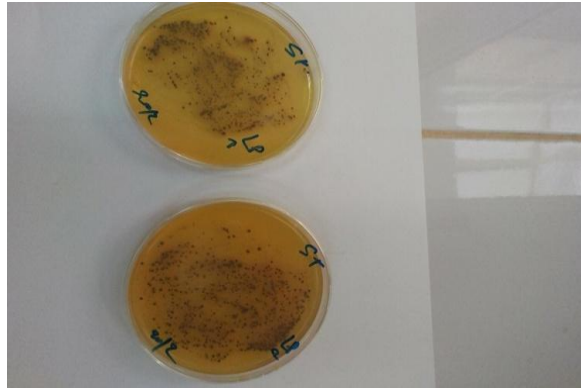


Figure N°03: Dénombrement de *Staphylococcus aureus* (Kigmou et Bilaroussi, 2019)

6.4. Dénombrement des salmonelles

Jour 1 : Pré enrichissement

Mettre 25 ml de lait dans un flacon de 225 ml d'eau peptonée tamponnée et 1ml de vert brillant qui sera incubé à 37 °C pendant 18 à 24 heures.

Jour 2 : Enrichissement

L'enrichissement doit s'effectuer sur deux milieux sélectifs différents à savoir :

- Le milieu de Rappaport Vassiliadis réparti à raison de 10 ml par tube.
- Le milieu de Sélénite-Cystéiné réparti à raison de 100 ml par flacon.

L'enrichissement proprement dit, se fait donc à partir du milieu de pré-enrichissement de la façon suivante :

Prendre 0.1ml de milieu de pré-enrichissement le mettre dans deux tubes différents contenant le milieu Rappaport Vassiliadis et 10 ml de milieu de pré-enrichissement dans deux tubes différents dans les flacons de Sélénite-Cystéiné. Le premier tube de RV sera incubé à 37 °C pendant 18 à 24 heures tandis que le deuxième tube de RV sera incubé à 44 °C pendant 24 à 48 heures et l'incubation de premier flacon de S/C sera à 37 °C pendant 18 à 24 heures par contre le deuxième flacon de S/C sera incubé à 44 °C pendant 24 à 48 heures.

Jour 3 : Isolement

Prélevé 0.1 ml de tube d'enrichissement et l'ensemencer sur gélose Hektoen puis incubé à 37 °C pendant 24 h. après incubation, les salmonelles se présentent sous forme de colonies le plus souvent grises bleue à centre noir sur gélose Hektoen (Kabir, 2015)

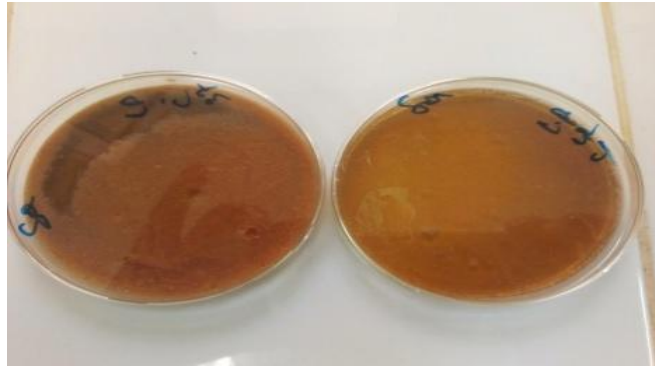


Figure N°04: Recherche des salmonelles (Kigmou et Bilaroussi, 2019)

Chapitre II:
Généralités sur les
crèmes glacées

1. Définition des crèmes glacées

Les crèmes glacées sont des préparations obtenues à la base, par la congélation d'un mélange de lait, de crème, de sucre et de parfum. Ce sont des aliments agréables au goût et nutritifs et la valeur nutritive est élevée qui consiste à la présence de lactose, protéines et d'un pH presque neutre allant de 6 à 7 (El ouali Lalami; 2013).

2. Historique

Les glaces sont des préparations alimentaires qui ont connus une évolution parallèle à celle de l'utilisation du froid par les hommes. En 1292, Marco Polo, de retour de son périple asiatique, rapporte les premières recettes de glaces refroidies par ruissèlement sur le récipient contenant le mélange à glacer et d'eau additionnée de salpêtre. En 1530, c'est un Sicilien qui met en pratique les découvertes chinoises, d'où la revendication des « gelait » par les italiens. Gérard TIRSAIN, grand cuisinier français au service de Charles Ier, roi d'Angleterre a l'idée d'ajouter à ses glaces du lait et de la crème. C'est en 1924, qu'en France s'ouvre la première usine de crème glacée de conception américaine, et le freezreur continu révolutionne l'industrie de la crème glacée (Boutonnier, 2001).

3. Types de glace

L'association de composants lactés sans matière grasse, de matière grasse laitière, de sucre et de l'eau, combinée à d'autres ingrédients autorisés, détermine les types de glaces (Declerq, 2007).

3.1. Sorbets

Les sorbets sont des desserts congelés à base de sucre, d'eau, d'acide de fruit, de colorants, d'arômes de fruits ou de fruits et des stabilisants, contenant une petite quantité de la matière sèche du lait, obtenue soit à partir de lait écrémé, de lait entier, de lait condensé ou de mélange de crème glacée (Boudi et Hami, 2014).

3.2. Lait glacé

Le lait glacé est un produit congelé obtenu à partir d'une combinaison de produits laitiers, de sucre et d'un ou plusieurs autres ingrédients similaires à ceux couramment utilisés dans la fabrication des glaces, il est fait pour contenir une teneur en matières grasses laitières supérieure à celle qui est spécifiée par la loi pour les sorbets et celle nécessaire pour la crème glacée (Termoul et Foularsen, 2018).

3.3. Glace

La glace n'est soumise à aucune prescription minimale en dehors des conditions d'hygiène. La dénomination de la glace s'applique aux produits contenant d'autres graisses que celle du lait, par exemple du lait d'amande ou de la graisse de coco (**Boudi et Hami, 2014**).

3.4. Glace à eau

Elle est faite à partir de jus de fruit dilué et de sucre, les colorants et les arômes peuvent également être ajoutés. La glace à eau peut être congelée avec ou sans incorporation d'air et peut être aussi durcie ou vendue comme une bouillie semi-congelée (**Boutonnier et Tirard, 2002**).

4. Composition et la fonction des ingrédients de la crème glacée

4.1. Matière grasse

La matière grasse, laitière ou végétale, contribue au goût du produit mais surtout au développement de la structure et l'apparence sèche du produit. Elle se trouve dispersée sous forme de globules gras partiellement solidifiés et coalescés par le refroidissement et le cisaillement du procédé de congélation (**Montez, 2002**).

4.2. Emulsifiants

Les deux types d'émulsifiants couramment utilisés (mono et/ou di-glycérides, et ester de l'orbitant éthoxylés (nommés Tween ® ou polysorbates) ou non (nommés Spann ®)) sont souvent combinés, mais ne sont pas ajoutés que pour stabiliser l'émulsion du mix. Dans le milieu se trouvent suffisamment de protéines de l'interface protéines/eau (**Union Européenne, 2004**).

4.3. Lait

Le lait et les produits laitiers sont les principaux ingrédients utilisés dans la fabrication de la crème glacée, ils sont la source de matières grasses laitières et de matières sèches dégraissées du lait qui regroupent les protéines, le lactose et les minéraux (**Conte, 2008**).

4.4. Sucre

Le sucre est un important facteur de goût et de texture de la glace. La législation en impose une quantité minimum, l'excès de sucre est souvent synonyme de glace cassantes, friables et pailletées (**Mesmoudi et Benamar, 2014**).

4.5. Extrait sec dégraissé laitier

Ce sont les composants du lait qui agissent comme « agents de charges » ; protéine, minéraux et lactose et ils ont un rôle important sur la tenue du produit. Ils sont la charpente d'une glace laitière (Sobolewsl, 2004).

4.6. Colorants et arômes

Une série de substances est autorisée afin de renforcer les couleurs des produits du jaune au noir, en passant par l'orange, le rouge, le vert, le bleu et le marron. Les arômes sont utilisés avec des quantités minimales et ces quantités sont variables. En outre, ils peuvent être utilisés seuls ou en complément pour renforcer la saveur des fruits (Montez, 2002).

4.7. Stabilisants

Afin de renforcer notamment le rôle des gélifiants, on peut ajouter de phosphate tricalcique (E341iii) ainsi que certains polyphosphates (E450 uniquement). La gélatine alimentaire et le blanc d'œuf sont autorisés dans les glaces (Boutonnier, 2001).

4.8. L'air

L'air qui est incorporé à débit variable dans le mix, a été préalablement filtré. Il remplit plusieurs rôles principaux dans les glaces. Lorsque le taux de foisonnement augmente, on constate une réduction de la taille des cristaux de glace et des bulles d'air, ce qui contribue à une amélioration de la texture du produit fini. L'air est un isolant thermique, il confère à la glace une meilleure résistance à la fonte lors d'une élévation de la température et procure une moindre sensation de froid, qui est désagréable lors de la dégustation (Madjoub, 2017).

4.9. Eau

L'eau est le solvant de tous les autres composants ; Il est l'un des facteurs de texturation car il est le principal élément modifiant le point de congélation du produit (Sobolewsl, 2004).

5. Structure de la crème glacée

D'un point de vue physicochimique, les desserts glacés sont des préparations alimentaires multiphasiques différentes, et plus ou moins sophistiquées en raison de la nature des composants et de nombreuses formes sous lesquelles ceux-ci sont dispersés dans l'eau. La forme la plus complexe est assurément la crème glacée qui est une émulsion de type huile dans l'eau foisonnée et solidifiée par une température négative, qui en fait un produit alimentaire tétra-phasique. Par conséquent, de manière schématique, ces desserts glacés sont

des solides mous et viscoélastiques qui présentent une structure de type émulsion foisonnée congelée (Boutonnier, 2001).

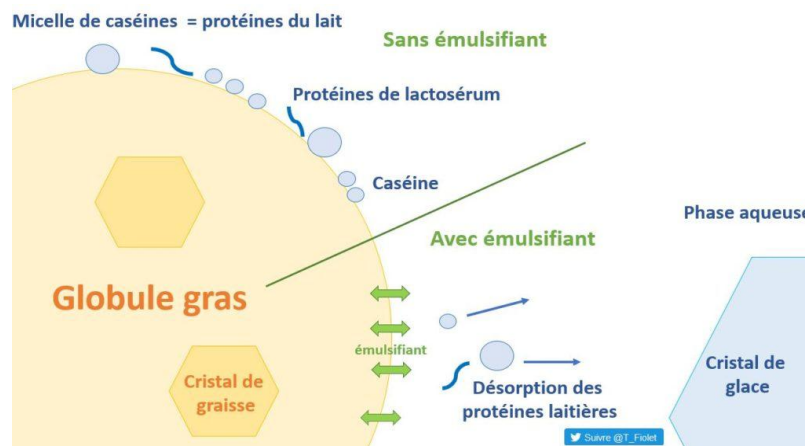


Figure 05 : Structure schématique de la crème glacée (Boutonnier, 2001).

6. Fabrication de la crème glacée

Les étapes de fabrication d'une crème glacée sont les suivantes (Blond, 2000) :

- **La pasteurisation** : à lieu à 65°C pendant quelques minutes ou à 85°C pendant quelques secondes.
- **Homogénéisation** : à chaud (> 60°C) sous haute pression (15 à 25 MPa) puis dans un deuxième stade à pression réduite (3 à 4 MPa), ce qui assure la dispersion des globules gras et leurs stabilisations dans l'émulsion.
- **Le refroidissement** : à 4°C qui continue par une agitation modérée à cette température ou maturation qui vise à optimiser la texture de la crème en donnant le temps à différentes macromolécules (hydrocolloïdes, caséine, matière grasse) de se réarranger et d'évoluer vers des structures plus stables.
- **Maturation** : un temps de maturation de 4 heures ou plus est recommandé après le traitement du mélange avant la congélation. Cela permet l'hydratation des protéines et des stabilisants du lait (l'augmentation de viscosité survient pendant la maturation), la cristallisation des globules gras et le réarrangement de la membrane, pour produire une texture plus lisse et un produit de meilleure qualité. La température du mélange doit être maintenue aussi faible que possible (au dessous de 4°C) sans congélation.
- **Congélation/foisonnement** : (-4 à -8) pendant laquelle les cristaux de la glace se forment et l'émulsion permet la vraie formation de la crème glacée.
- **Conditionnement et le durcissement** : à -40°C avant un stockage à -18 à -25°C.

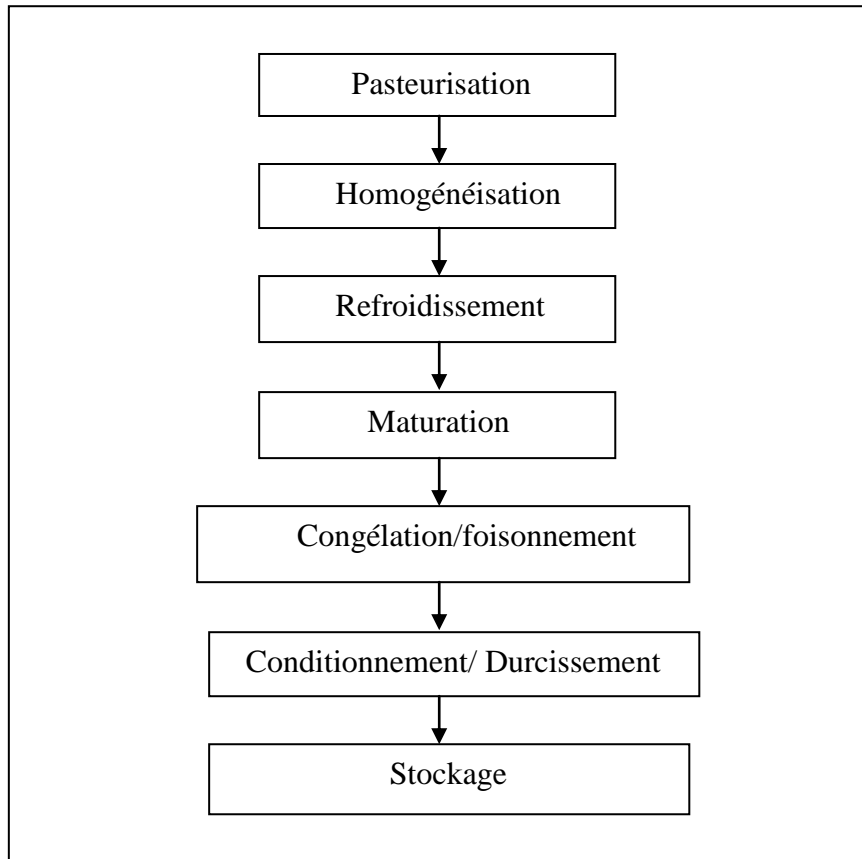


Figure 06 : Schéma résume les étapes de fabrication de la crème glacée.

7. Flaveur et qualité organoleptique

La teneur en matières grasses influence la rétention d'arômes dans une crème glacée ainsi que son goût. Des crèmes à faible teneur en matières grasses (0-3%) avec des fortes concentrations en vanilline et hexanal sont perçues comme étant collantes, cristallisées, au goût de rassis et à fusion rapide. Des arômes comme les méthylcétones qui ont une flaveur grasse sont corrélés avec un goût de crème glacée riche en matières grasses. Le goût crémeux correspond à une grande solubilité des extraits dans la matière grasse. Le goût le plus équilibré est celui de vanille commerciale naturelle. La température de consommation d'une crème glacée influence l'appréciation de ses qualités sensorielles. La température optimale semble se situer aux environs de -12°C . Une augmentation de la température de -14 à $-7,8^{\circ}\text{C}$ a permis une plus grande appréciation de l'arôme de vanille, de même la saveur sucrée est ressentie plus intense (**Blond, 2000**).

8. Microbiologie de la crème glacée

La crème glacée est un produit à base du lait et elle est un bon support pour la croissance microbienne en raison de la valeur nutritive élevée, le pH voisin de la neutralité

(pH~6-7) et la longue durée de conservation. En outre, la qualité de la crème glacée dépend de facteurs extrinsèques qui incluent la fabrication, de même que des facteurs intrinsèques qui incluent la proportion d'ingrédients utilisés. Les principales sources de contamination microbienne des crèmes glacées incluent l'eau et le lait cru, alors que les sources secondaires incluent les agents aromatisants, la manipulation des ustensiles. Par ailleurs, la source possible de ces microorganismes dans les crèmes glacées comprenait les matières premières utilisées pour la composition de la crème glacée, telles que le lait, le lait en poudre, la crème, les aromatisants et les substances colorantes, ainsi que l'air contaminé pendant le traitement de la crème glacée. De nombreux psychrophiles et microorganismes psychotolérants comme *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus*, *Shigella*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Campylobacter*, *Brucella* et *Yersinia enterocolitica* sont généralement présents dans la crème glacée et peuvent survivre dans les aliments même à basse température. En outre, la présence de coliformes dans les produits congelés comme la crème glacée est une indication de contamination post-pasteurisation (Madjoub, 2017).

9. Les analyses physicochimiques de la crème glacée

9.1. Mesure de pH

Le potentiel hydrogène (pH) est un coefficient qui caractérise l'acidité ou la basicité d'une eau. Le terme pH est le logarithme décimal de l'inverse de la concentration des ions H^+ . La lecture se fait sur le pH mètre (Sherwood et al., 2016).

9.2. Détermination de l'alcalinité, titre alcalimétrique et teneur carbonate alcaline

L'alcalinité de la solution est définie comme la capacité de la solution à réagir avec un acide fort. Le titre alcalimétrique détermine la teneur en OH^- et la moitié de la teneur en carbonate alcaline et alcalinoterreux. Le teneur carbonate alcaline est exprimé par la somme des anions hydrocarbonates, carbonates et hydroxydes alcalins (Na) ou alcalino-terreux (Ca, Mg) (Audisio et Beranger, 2010).

Le titre alcalimétrique est mesuré par titrage acide en présence de la phénolphtaléine (rouge) jusqu'à décoloration, ce qui indique le pH est à 8,3. Puis on ajoute à cette solution l'hélianthine (méthylorange), suivi d'un titrage acide jusqu'au virage de l'hélianthine en rouge, ce qui indique que le pH est à 4,3 et ce qui exprime le teneur carbonate alcaline (Berne, 1991).

9.3. Dosage de Chlore libre

C'est la détermination du taux de chlore libre (Cl⁻) présent dans l'eau à analyser. Le chlore libre est dosé avec le comparateur CHEKIT Lovibond, qui est un appareil colorimétrique, pratique, adapté aux analyses mobiles et fixes (**Madjoub, 2017**).

9.4. Extrait sec total

L'extrait sec total est la masse restant après dessiccation complète d'un certain volume de mix, il regroupe l'ensemble des constituants à l'exception de l'eau (**Boudi et Hami, 2015**).

10. Les analyses microbiologiques de la crème glacée

10.1. Recherche et dénombrement des coliformes

On appelle «coliformes», les bactéries en forme de bâtonnet, Gram négatives, aérobies et facultativement anaérobies, non sporulées, qui fermentent le lactose avec formation de gaz et d'acide (**Journal Officiel Algérien, 2004**).

10.1.1. Méthode de référence

Trois séries de dilutions en parallèle obtenues à partir de l'échantillon du produit servant àensemencer le milieu liquide sélectif « Vert Brillant lactosé à la Bille de bœuf » dans des tubes à essai contenant de petits tubes de Durham. On incube les tubes pendant 48heures à 30°C±1 (**Journal Officiel Algérien, 2004**).

Les tubes positifs (production de gaz dans les tubes de Durham) seront soumis à la confirmation par repiquage d'un ose dans un nouveau tube de même milieu. Après la confirmation on détermine le Nombre le Plus Probable de bactéries coliformes par g du produit en se référant au tableau du NPP pour les trois séries parallèle (**Journal Officiel Algérien, 2004**).

10.1.2. Méthode de routine

On ensemence le milieu solide « Rouge Violet Bille Agar » coulé en boîte de Petri, avec une série de dilutions de l'échantillon du produit. Une incubation de 22 h ±2h à 30°C est réalisée (**Journal Officiel Algérien, 2004**).

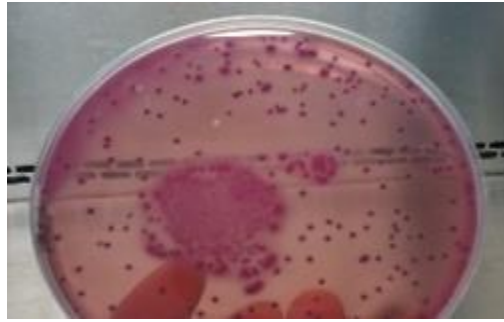


Figure 07 : Aspect d'*E.coli* sur milieu VRBL (Dhob et Ismaili, 2019).

On compte le nombre de colonies rouges caractéristiques. Ce nombre après avoir multiplié par de facteur de dilution, exprime le nombre de bactéries coliformes par g du produit (journal officiel algérien, 2004).

10.2. Recherche et dénombrement des salmonelles

En général, la recherche des salmonelles nécessite 3 phases successives : (Journal Officiel Algérien, 2004).

➤ **Pré-enrichissement dans un milieu liquide**

Ensemencement de la prise d'essai dans le milieu de pré-enrichissement approprié, puis incubation à 37°C durant 16h à 20h.

➤ **Enrichissement dans des milieux liquides sélectifs**

Ensemencement d'un milieu au tétrathionate et d'un milieu sélénite-cystéine avec la culture obtenu, puis incubation de milieu au tétrathionate à 43°C et milieu sélénite-cystéine à 37°C durant 18h à 20h.

➤ **Isolement et identification**

A partir des cultures obtenues ensemencement des 2 milieux sélectifs solides gélose au rouge de phénol et au vert brillant et gélose au sulfite de bismuth.

Incubation à 37°C pendant 24h. Pour la confirmation, repiquages des colonies présumées de *Salmonella* et confirmation au moyen des essais biochimiques et sérologiques appropriés.

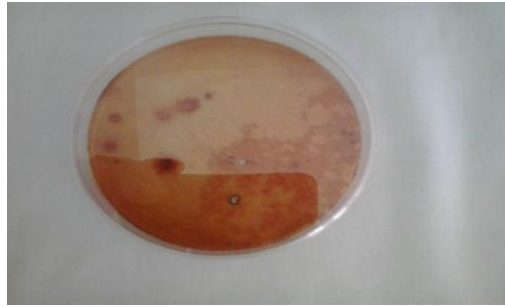


Figure 08 : Aspect des colonies de *Salmonella.spp* sur gélose S-S (Belabid, 2014).

Les salmonelles apparaissent sous forme de colonies incolores transparentes avec un centre noir sur milieu S-S (Harizi, 2009).

10.3. Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie totale

Selon le **Journal Officiel Algérien, 2019 :**

Il convient de préparer les diluants, conformément aux recommandations spécifiques dans les méthodes relatives à la préparation des échantillons pour essai, de la suspension mère et des diluants décimaux en vue de l'examen microbiologique, fixées par la réglementation en vigueur. Par la suite, une gélose pour dénombrement (PCA) pré-coulé pour l'ensemencement en surface. La suspension mère et les dilutions décimales doivent être préparées et à l'aide d'une pipette stérile, transférer au centre des deux boîtes de milieu gélosé 0,1 ml de l'échantillon de la suspension mère et des dilutions décimales en utilisant une autre pipette stérile pour chaque dilution. Puis étaler uniformément et soigneusement l'inoculum aussi rapidement que possible à la surface de la gélose et incubée à 30°C pendant 72h.

Après la période d'incubation, choisir les boîtes gélosées comportant si possible moins de 300 colonies. Compter toutes les colonies à l'aide de l'appareil de comptage (**Journal Officiel Algérien, 2019**).

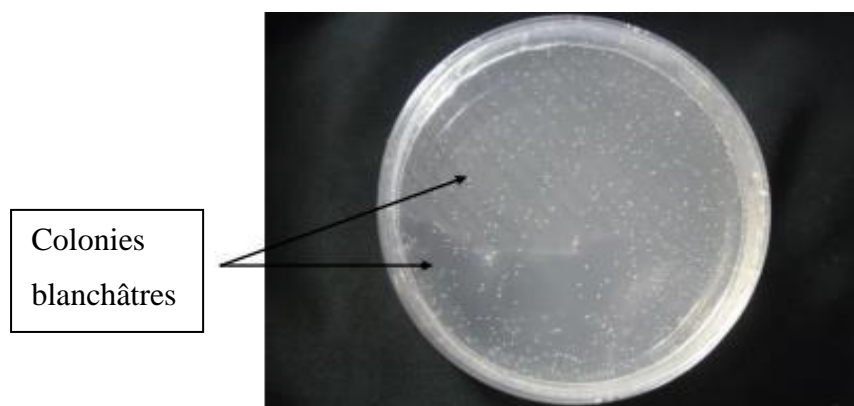


Figure 09 : Aspect des colonies de FMAT sur PCA (Dhob et Ismaili, 2019).

Un résultat positif se traduit par l'apparition des colonies blanches qui sont dénombrées à partir des boîtes contenant 30 à 300 colonies. Le nombre des germes (N) est exprimé en UFC/g ou ml du produit (Medjoub, 2017).

10.4. Recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase positive

La méthode EASY STAPH® a été reconduite en Octobre 2019 selon la référence **EN ISO 16140(2016)**.

La méthode EASY STAPH est une méthode de dénombrement en 24h à 37°C sans étape de confirmation. La plage d'incubation peut être portée à 48h pour l'ensemencement par étalement et 72h pour l'ensemencement par inclusion et à l'aide de l'ensemenceur Spiral.

Selon la norme **NF EN 6888-1/A1 (Janvier 2014)** : méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces)- partie 1 : technique utilisant le milieu gélosé de Baird Parker (IC : V08-014-1).

Le principe repose sur l'aptitude de *Staphylococcus* à réduire le tellurite (colonies noires), à entraîner la protéolyse du jaune d'œuf (halo clair autour des colonies), et opacifier la zone de la protéolyse (activité des lipases). Le milieu est rendu inhibiteur vis-à-vis des autres bactéries par le chlorure de lithium, le tellurite de potassium (**BIO-RAD, 2011**).

Après chaque période d'incubation, procéder au comptage des colonies caractéristique. Les staphylocoques à coagulase positive présumés forment des colonies noires et produisent sur ce milieu opaque (**BIO-RAD, 2011**) :

- Un halo clair autour des colonies correspond à une zone de protéolyse (éclaircissement de jaune d'œuf).
- Des zones opaques qui peuvent apparaître plus tardivement dans le halo clair. Elles sont dues à l'action de lipases.

10.5. Recherche et dénombrement de *Listeria monocytogenes*

Selon la norme **ISO 11290-2 :1996**, méthode horizontale spécifique au dénombrement de *Listeria monocytogenes* :

- **Enrichissement primaire** : en bouillon Frazer-demi : incubation 25h ±1h.
- **Enrichissement secondaire** : en bouillon Frazer : incubation 24h ± 2h.

Les bouillons Frazer-demi et Frazer peuvent être réfrigérés avant le transfert en bouillon Frazer ou l'isolement sur la gélose sélective pendant 72h au maximum. Les boîtes

incubées peuvent être réfrigérées pendant deux jours maximum avant d'être lue (ISO, 1996).

Détermination de la présence ou de l'absence de *Listeria monocytogenes* (METHODES OFFICIELLES D'ANALYSES, 2016).

La recherche de *L. monocytogenes* nécessite au moins quatre étapes successives :

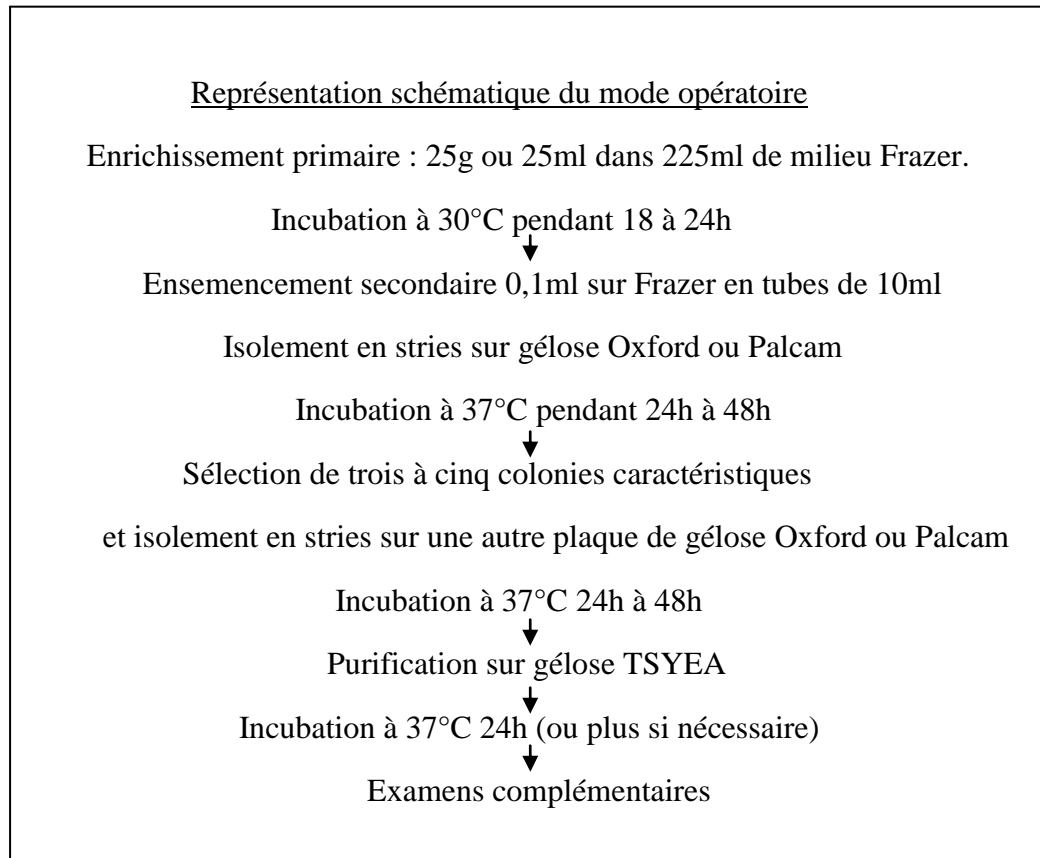


Figure 10 : Les étapes de la recherche de *L. monocytogenes* (METHODES OFFICIELLES D'ANALYSES, 2016).

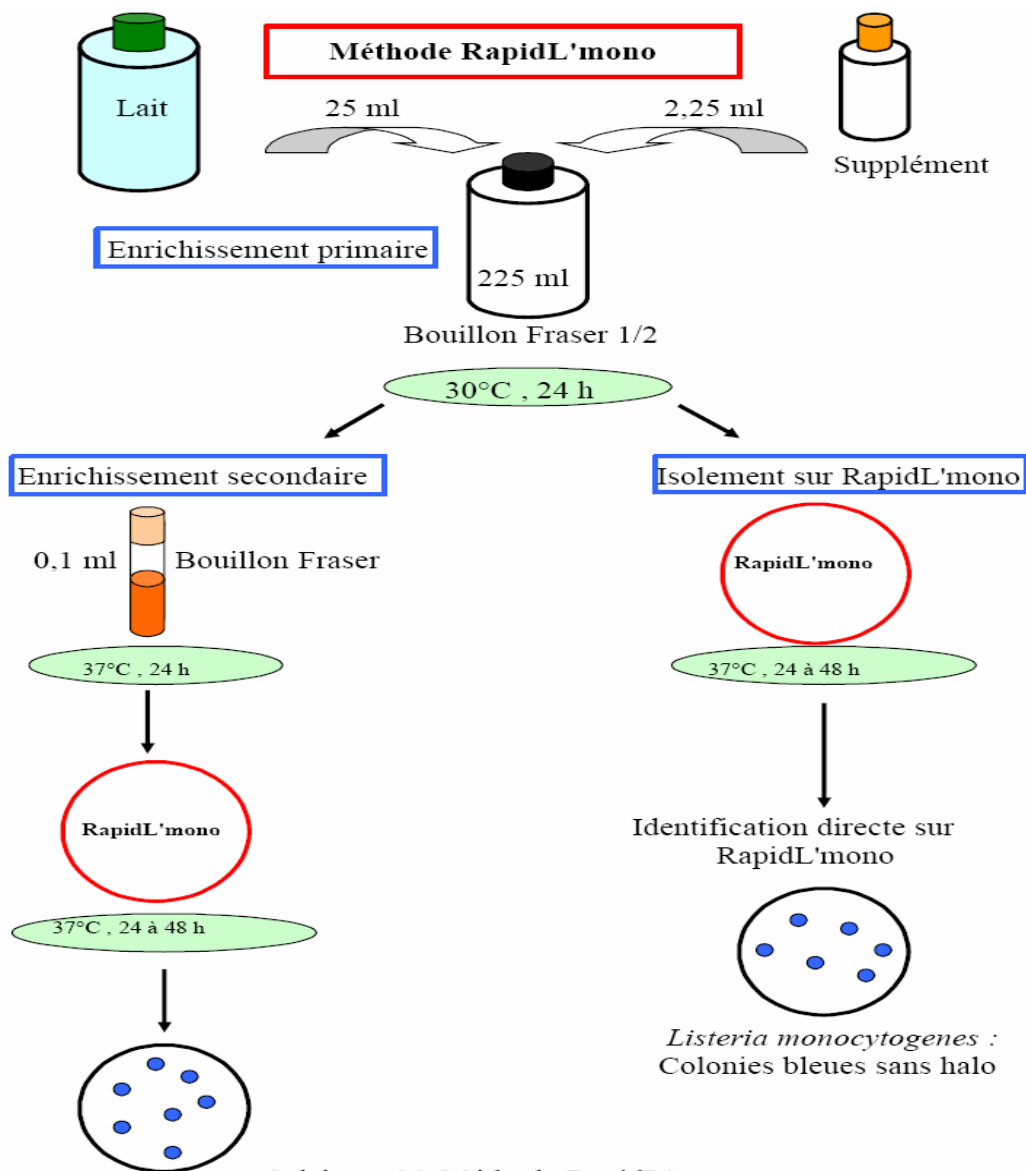


Figure 11 : Dénombrement de *L. monocytogenes* par méthode RapidL'mono (Kaismoune, 2009).

Sur ce milieu les colonies de *Listeria monocytogenes* apparaissent bleues au bout de 24h (synthèse de phospholipase C) sans halo jaune (absence d'acidification de xylose). (Kaismoune, 2009).

***Chapitre III: Généralités
sur le yaourt***

1. Définition

Selon le « LE CODEX ALIMENTARIUS », le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par la fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à partir de lait frais d'origine animal ainsi que du lait pasteurisé avec ou sans addition de substance (lait en poudre, les protéines) (FAO, 1998). Les microorganismes du produit final doivent être viables et abondants (Syndifrais, 1997). Ces produits doivent être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0°C et 6 °C pour que les bactéries restent vivantes (Bourlioux et al., 2011). Selon la fédération internationale laitière (FIL) et le CODEX ALIMENTARIUS, la norme précise que la somme des microorganismes constituant le levain doit être au moins de 10⁷ UFC/g (Savado et Traore, 2011)

2. Histoire

Des siècles avant l'apparition de la pasteurisation et de la conservation par le froid, la fermentation est apparue comme un moyen très efficace de conserver le lait. Comme le montrent les diverses variétés de laits fermentés qui existent dans le monde, la technique de fermentation du lait s'est bien propagée. Le plus ancien traité d'agriculture chinois connu, qui date de 535 après J.-C., montre par exemple que dès cette époque, les chinois maîtrisaient parfaitement la transformation du lait en lait fermenté. En Chine, le lait fermenté était aromatisé avec de l'ail et servait de sauce et le caillé était mêlé à des farces (Syndifrais, 2011)

Le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) provient de « yoghurmark » qui signifie « épaissir » (Tamine et Deeth, 1980).

Dans le sillage des découvertes de Louis Pasteur sur la fermentation lactique, de nombreux chercheurs s'intéressent aux micro-organismes présents dans le lait. En 1902, Ris et Khoury, deux médecins français, isolent les bactéries présentes dans un lait fermenté égyptien. Metchnikoff (1845-1916) isole ensuite la bactérie spécifique du yaourt « le bacille bulgare », analyse l'action acidifiante du lait caillé et suggère une méthode de production sûre et régulière (Rousseau, 2005).

C'est en 1917 qu'Isaac Carasso commence à produire du yaourt à Barcelone selon des procédés industriels et est à l'origine du développement du yaourt en Europe occidentale. En 1929: le fils d'Isaac Carasso lance le yaourt en France. Diplômé de l'école supérieure de commerce de Marseille, Daniel Carasso, après un stage de bactériologie à l'institut Pasteur et une tentative infructueuse de fabriquer des comprimés de ferments lactiques (la "Vygardine"), crée en 1929 la société parisienne du yaourt Danone (Laetitia, 2009)

3. Types du yaourt

Le yaourt se diffère selon plusieurs critères : selon la technologie de fabrication, la teneur en matière grasse et les ingrédients additionnés.

3.1. Selon la technologie de fabrication

- yaourts fermes, dont la fermentation s’effectue en pots. Ce sont généralement des yaourts nature ou aromatisés (Syndifrais, 2011).
- yaourts brassés, dont la fermentation s’effectue dans des cuves avant le conditionnement. Ce sont généralement des yaourts brassés nature ou aux fruits (Syndifrais, 2011).

3.2. Selon la teneur en matière grasse

- yaourt entier : 3% de matière grasse.
- yaourt partiellement écrémé : moins de 3% et plus de 0,5% de matière grasse.
- yaourt écrémé : au maximum 0,5% de matière grasse.

3.3. Selon les ingrédients additionnés

- Yaourt aromatisé : addition d’arôme.
- Yaourt fruité : addition de fruit (Foudil et Garah, 2018).

4. La qualité nutritionnelle du yaourt

Les valeurs nutritionnelles des yaourts sont tout à fait transposables à celles des laits fermentés. En effet, c'est la nature du lait utilisé (entier, demi écrémé ou écrémé) et l'ajout d'éventuel d'ingrédients qui interviennent sur la composition des produits et non pas le type de ferments (Pradier, 2018). Différents apports nutritionnels sont démontrés dans le tableau 1

Tableau 04: Les apports des différents yaourts pour un pot de 125 g (Syndifrais, 1997).

	Yaourt nature lait partiel écrémé	Yaourt nature maigre (lait écrémé)	Yaourt nature au lait entier	Yaourt maigre aux fruits	Yaourt lait partiel écrémé et aux fruits	Yaourt lait entier et aux fruits	Yaourt aromatisé lait partiel écrémé sucré
Protides (g)	5,4	5,6	4,2	4,5-5	4,6	4	4,8
Lipides (g)	5,1	0,3	4,3	0,3	1,3	3,3	1,3
Glucides (g)	6,2	6,5	6,2	13,7-22,5	21,2	23,7	17,5
Calcium (mg)	185	185	194	175	175	175	175

Kilocalories	60	51	84	75-106	115	140	101
Kilojoules	251	213	213	313-443	481	585	422

5. La microflore de yaourt

5.1 La microflore essentielle

➤ *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus thermophilus est une cocci, Gram positif, anaérobie facultative, immobile. On la trouve dans le lait fermenté et les fromages, c'est une bactérie dépourvue d'antigène du groupe D, thermorésistante, sensible au bleu de méthylène (0.1%) et aux antibiotiques (Savadogo et Traore, 2011). Elle est isolée à partir du lait chauffé à 45- 50 °C ou du lait pasteurisé et des produits laitiers (yaourt). Elle se retrouve également dans le matériel de laiterie et dans le vin (Desmazeaud, 1992). Le rôle principal de *Streptococcus thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de texture dans les laits fermentés. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (composés de galactose, glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnus, arabinose et de mannose) (Morabito,2018)

➤ *Lactobacillus bulgaricus*

Lactobacillus bulgaricus est un bacille Gram positif, immobile, sporulée, microaérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chainettes. Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final à partir des hexoses par voie d'Embden Meyerhof. Il est incapable de fermenté les pentoses.

Lactobacillus bulgaricus est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et en magnésium et sa température optimale de croissance d'environ de 42°C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement de qualité organoleptique et hygiénique du yaourt (Marty-Teyssset et al., 2000)

5.2. La microflore non essentielle

Composée de diverse bactéries lactiques homofermentaires et hétérofermentaires, de moisissures et de levures. On rajoute généralement ces bactéries afin d'améliorer la qualité organoleptique ou nutritionnelle de produit (Abdlmalek, 2008).

5.3. La microflore contaminante

La présence de contaminants (coliforme, lactobacilles,...etc) est peu souhaitée puisqu'ils peuvent dégrader la qualité organoleptique de produit (Tamime, 1999)

6. Le rôle de la microflore du yaourt

6.1. Production d'acide lactique

La production d'acide lactique est l'une des principales fonctions des bactéries lactiques car cet acide organique permet de concentrer et conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien.

L'acidité du yaourt est communément exprimée en degré Dornic ($1^{\circ}\text{D}=0.1 \text{ g/l}$ d'acide lactique). Elle se situe entre 100 et 130°D (**Bouchahda et Sahnoun, 2016**).

L'importance de l'acide lactique durant la fabrication du yaourt peut se résumer comme suit :

- Il aide à déstabiliser les micelles de caséines, ce qui conduit à la formation du gel;
- Il donne au yaourt son goût distinct et caractéristique, comme il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt;
- Intervient comme inhibiteur vis-à-vis des microorganismes indésirables (**Bouchahda et Sahnoun, 2016**).

6.2. La fonction protéolytique

Les bactéries lactiques sont dotées de fonction protéolytique complexe par leur nature et leur location, car pour satisfaire leurs besoins en acides aminés, elles doivent dégrader les protéines. Elles possèdent des endopeptidases liées aux parois qui peuvent parfois être de type acide ou neutre, des exopeptidases également associées aux enveloppes cellulaires (**Loumani, 2010**).

6.3. Amélioration de la texture

Certaines bactéries lactiques produisent d'exopolysaccharides (EPS) qui jouent le rôle d'agents de texture et donneront au produit fini son caractère onctueux ou filant. La production d'exopolysaccharides a été mise en évidence avec *Lb. bulgaricus* ainsi qu'avec *S. thermophilus* (**Loumani, 2010**). La production d'acide lactique par les bactéries a pour effet de diminuer le pH du lait. Dès que celui-ci atteint le point isoélectrique de la caséine (pH 4,6), il y a formation d'un caillé dont la fermeté et la viscosité sont fonction de plusieurs facteurs entre autres le pH final et l'activité protéolytique des souches (**Bouillanne et Desmazeaud, 1980**). Les polysaccharides reliés aux micelles de caséine augmentent le pouvoir de rétention d'eau du caillé lactique et protègent ce dernier des traitements mécaniques durant la fabrication (pompage, réfrigération) (**Loones, 1994**).

6.4. La production des substances aromatiques

Divers composés volatiles et aromatiques interviennent dans la saveur et l'appétence du yaourt. L'acétaldéhyde est le composé aromatique le plus caractéristique de la flaveur du yoghourt, d'autres molécules intervenant dans la note aromatique ont également été identifiées. L'acétaldéhyde est principalement produit par *Lb. bulgaricus* à partir de la thréonine, réaction catalysée par la thréonine aldolase (Loumani, 2010).

7. La relation symbiose entre les deux souches de yaourt

L'association de *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* pour la fabrication du yaourt est l'exemple le plus connu et probablement le plus stable de la relation de symbiose entre les microorganismes. Dans le lait, *Lb. bulgaricus* est plus protéolytique que *St. thermophilus* fournirait les acides aminés et / ou les peptides dont cette souche a besoin et stimulerait ainsi sa croissance. En retour, la croissance de *St. thermophilus* en absence de faible concentration d'oxygène produirait de l'acide formique stimulant le développement de *Lb. bulgaricus*. En plus du formiate, le CO₂ produit par *St. thermophilus* à partir de l'urée présente dans le lait serait lui aussi nécessaire pour stimuler la croissance de *Lb. bulgaricus* (Taleb et Bediaf, 2019)

8. Le processus de fabrication de yaourt

Il existe de multiples façons de fabriquer du yaourt. Il existe deux types de yaourt :

- Yaourt ferme et un yaourt brassés.

La fabrication de ces deux types de yaourts peut être réalisée soit à partir de lait entier, soit à partir du lait partiellement ou totalement écrémé (3.5% ; 1.0 % 0.0 % de matière grasse) (Meguenni, 2017)

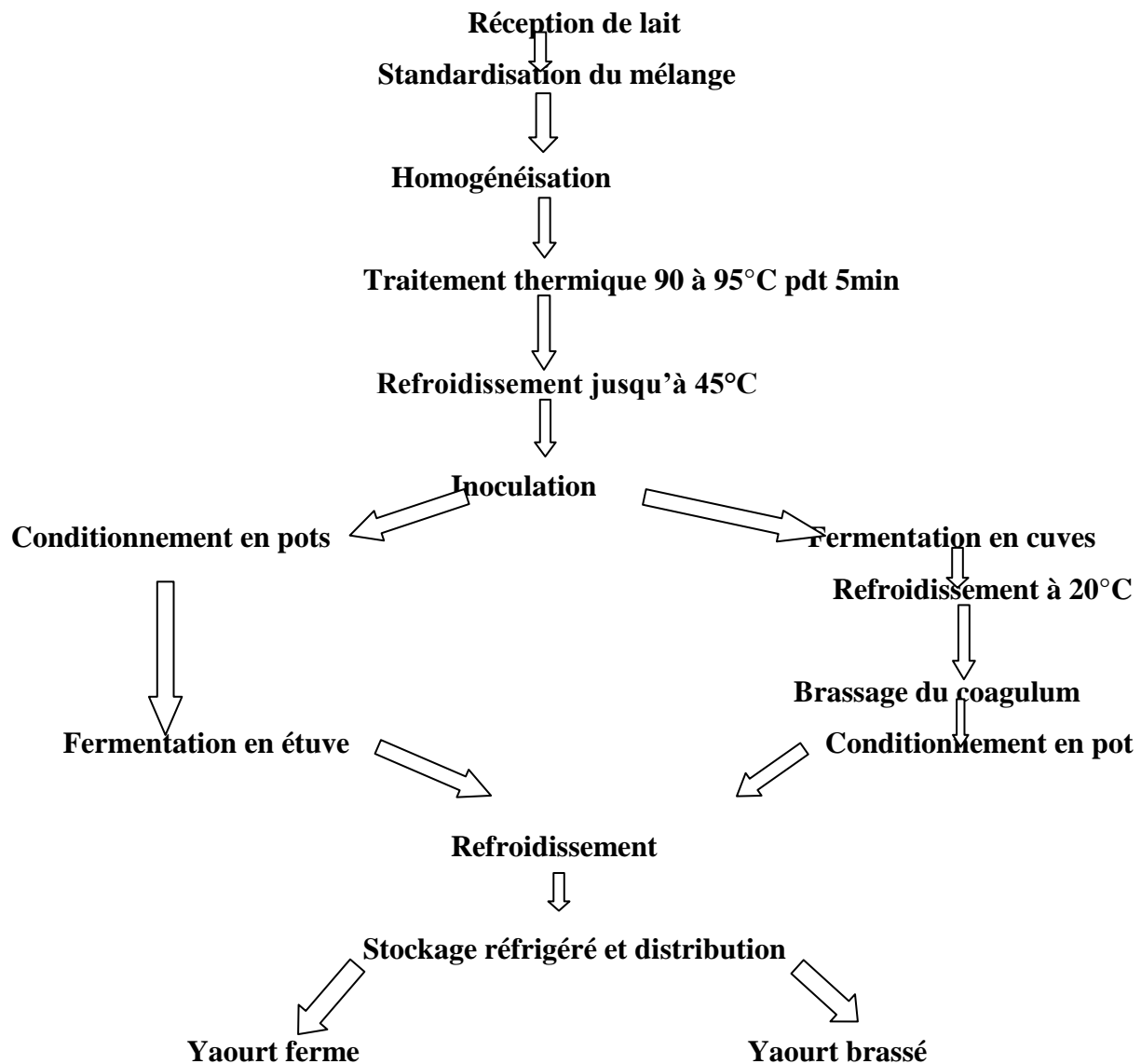


Figure 12 : Diagramme général de fabrication du yaourt ferme et du yaourt brassé (Bourlioux et al., 2011).

➤ **Réception de lait**

Le lait nécessaire à la fabrication du yaourt est collecté dans des fermes laitières, où les vaches sont élevées et traitées, en respectant des règles d'hygiène strictes. Il est primordial de mettre en place dans la réception du lait ou toutes autres matières premières, des méthodes et des procédures rapides et simples permettant de détecter les anomalies et les pertes possibles de contrôle (Kourdache et Ouchicha, 2017).

➤ **Standardisation**

Il s'agit de faire un ajustement du taux de matières grasses, enrichissement en matière sèche sous forme de lait en poudre (Bourlioux et al., 2011).

➤ Homogénéisation

Elle a principalement des effets sur deux composantes du lait, la matière grasse et les protéines, l'homogénéisation confère un aspect plus blanc au produit fini (**Sal et Lanabi, 2015**). Pour des raisons hygiéniques et pour éviter une recontamination du lait, l'étape d'homogénéisation est généralement positionnée avant le traitement thermique du mix ou au cours de sa montée en température vers 64°-70°C (**Kourdache et Ouchicha, 2017**).

➤ Pasteurisation

Le lait enrichi, éventuellement sucré, subit un traitement thermique, le barème de traitement thermique le plus couramment utilisé est de 90-95°C pendant 3 à 5 minutes. Ce traitement a de multiples effets sur la flore microbienne ainsi que sur les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du lait (**Sal et Lanabi, 2015**).

Le traitement thermique a également un effet sur la conformation tridimensionnelle des protéines, induisant la modification de leurs propriétés fonctionnelles. Il dénature la majorité des protéines du lactosérum (85%) qui se fixent ainsi sur les molécules de caséines. En fin, il modifie les équilibres salins, en entraînant une augmentation de la taille des micelles de caséines, de leur stabilité et de la qualité de l'eau liée (**Kourdache et Ouchiha, 2017**).

➤ Refroidissement

Après chauffage, le lait est refroidi à 45°C et cette température est maintenue lors de la fermentation (**Bourlioux et al., 201**).

➤ Fermentation

Cette fermentation consiste à ensemencer et homogénéiser le mélange lait/ferments. Les ferments sont fait à l'aide d'un levain comprenant exclusivement chacune des deux bactéries spécifiques du yaourt : *Streptococcus salivarius*, subsp *thermophilus*, et *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (**Meguenni, 2017**). L'introduction d'inoculum se fait avant l'ajout d'éventuels arômes et colorants alimentaires. Après, il faut faire la répartition du mélange dans des pots qui sont immédiatement thermoscellés et conditionnés sur palettes. La fermentation en étuve à une température de 42 à 44°C pendant une durée généralement courte si les ferments sont en quantité optimale (environ trois à cinq heures) (**Bourlioux et al., 2011**). L'objectif de cette phase est d'atteindre une acidité de 70-80°D dans le cas des yaourts étuvés et de 100-120°D dans le cas des yaourts brassés (**Jeantet et al., 2008**).

➤ Arrêt de la fermentation

Il est nécessaire de bloquer l'acidification des yaourts lorsque l'acidité soit éteinte par l'application d'un refroidissement rapide à la température de 4 à 5°C ; ce qui inhibe l'activité des bactéries lactiques (Meguenni, 2017).

➤ Conditionnement et stockage

Les yaourts, conditionnés dans les pots en verre ou en plastique, sont stockés en chambres froides à 4°C en passant au préalable dans des tunnels de refroidissement. A ce stade, ils sont prêts à être consommés, La durée limite de leur consommation est de 28 jours.

Pendant le stockage, les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite, cette évolution est appelée post-acidification, se traduit par une légère baisse de pH ; surtout pendant les 2 premiers jours de stockage (Sal et Lanabi, 2015).

9. Caractérisation du yaourt

9.1. Paramètres physico-chimiques

➤ pH et taux d'acide lactique

La Fédération Internationale du Lait (F.I.L), préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique. Cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité allant de 0,6 à 1,5%. Certaines normes imposent un pH inférieur à 4,5 ou 4,6

La réglementation Algérienne exige que, lors de la mise en consommation, la quantité d'acide lactique libre contenu dans le yaourt ne doit pas être inférieure à 0,8g pour 100g de produit. (Kourdache et Ouchiha, 2017)

➤ Taux de matière grasse (MG)

Il doit être au minimum à 3% dans le cas des yaourts (nature, sucré ou aromatisé), compris entre 0,5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et 0,5% dans les yaourts écrémés (Ozer *et al.*, 1998)

➤ Les ingrédients non laitiers

Une multitude d'ingrédient peut être incorporée dans le yaourt. Il possède par exemple de fruits sous différentes formes (purée, jus, pulpe, sirop, céréales...etc.). La quantité d'ingrédients non laitiers est fixée selon le CODEX ALIMENTARIUS, la FIL et la plupart des pays à moins de 30% en poids du produit fini (Kourdache et Ouchiha, 2017).

9.2. Paramètres microbiologiques

Selon la Norme Nationale de 1998, N°35 parue au Journal Officiel de la République Algérienne, les yaourts ne doivent contenir aucun germe pathogène. Leur présence dans le yaourt ne peut être que de manière accidentelle (Shakeel *et al.*, 2012)

Tableau 05 : Critères microbiologiques du yaourt (J.O.R.A, 1998)

Yaourt	N	C	M
Coliformes totaux	5	2	10
Coliformes fécaux	5	2	1
<i>St. aureus</i>	5	2	10
Levures	5	2	≤10 ²
Moisissures	5	0	Absence
<i>Salmonella</i>	5	0	Absence

N : Nombre d'unités composant l'échantillon. **C** : Nombre d'unités de l'échantillon donnant des valeurs situées entre m et M. **m**: Le seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante. **M**: Seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, sans pour autant que le produit soit considéré comme toxique. M = 10m : lors du dénombrement effectué en milieu solide. M = 30m : lors du dénombrement effectué en milieu liquides (**Kiemptore, 2013**)

10. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications, dont certaines font que le produit soit de meilleure valeur nutritionnelle et thérapeutique (**Bourlioux et al., 2011**).

10.1. Intérêts nutritionnels

➤ Amélioration de l'absorption du lactose

Pour être digéré, le lactose doit être hydrolysé en glucose et galactose, qui sont absorbés par la muqueuse intestinale de l'intestin grêle. Cette hydrolyse est réalisée par la lactase (ou galactosidase), enzyme exprimée à la surface de la membrane des cellules épithéliales de l'intestin grêle (**Syndifrais, 1997**). Le bénéfice des ferments du yaourt a été confirmé dernièrement par un avis positif de L'EFSA (autorité européenne de sécurité des aliments) rendu le 19 octobre 2010 : « les ferments vivants du yaourt, améliorent la digestion du lactose chez les personnes qui le digèrent mal » (**Syndifrais, 2011**)

➤ Amélioration de la digestibilité de la matière grasse

Bien que l'activité lipolytique soit faible, une augmentation significative en acides gras libres dans un yaourt est constatée (**Jeantet et al., 2008**)

➤ Amélioration de la digestibilité des protéines

Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait et contient deux fois plus d'acides aminés libres. Cette propriété résulte du traitement thermique et de l'activité protéolytique des bactéries (Jeantet et al., 2008).

10.2. Effets thérapeutiques

➤ **Activité antimicrobienne**

La plupart des souches de *Lactobacillus* sont capables d'élaborer des substances ayant un pouvoir antibiotique pouvant s'exercer vis-à-vis d'un nombre limité de micro-organismes (spectre étroit) ou vis-à-vis d'un nombre élevé de souches (spectre large) (Syndifrais, 2011).

➤ **L'effet des laits fermentés sur les diarrhées**

De nombreux essais cliniques ont testé l'effet de bactéries lactiques sur les diarrhées infectieuses de l'enfant : l'effet de certaines souches bactériennes sur la réduction du risque d'apparition d'une diarrhée infectieuse et sur la diminution de sa sévérité (évaluée en termes de durée de l'épisode) a été mis en évidence dans différentes méta-analyses (Bourlioux et al., 2011)

➤ **Stimulation de système immunitaire**

Le yaourt peut servir de produit préventif contre les diarrhées à *Salmonella* et à *E. coli*. Les probiotiques stimuleraient la production d'immunoglobuline (Production d'IgG2 chez des souris suite à l'ingestion de yaourt). Le yaourt aurait un effet inhibiteur sur la prolifération des cellules cancéreuses en culture (Savado et Traore, 2011).

➤ **Activité anti-cholestérolémies**

Eyssen (1973) a montré par des expériences menées sur des animaux « axéniques » que la microflore intestinale a un effet direct sur la teneur en cholestérol du sang. Gilliland (1985) a montré que certaines souches de bactéries lactiques ont la capacité d'assimiler le cholestérol (Savado et Traore, 2011).

11. Les analyses physicochimique et microbiologique du yaourt

11.1. Les analyses physicochimiques

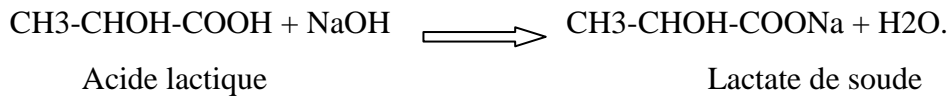
➤ **Mesure du pH**

Le principe de la mesure du pH est le même pour toutes les analyses. La mesure du pH est réalisée à l'aide d'un pH-mètre. Le pH de l'échantillon est obtenu par lecture directe du chiffre affiché sur l'appareil après sa stabilisation (Loumani, 2010)

➤ **Détermination de l'acidité titrable**

La détermination de l'acidité est basée sur la neutralisation de l'acidité lactique par une solution d'hydroxyde de sodium NaOH en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré (**Foudil et Garah, 2018**)

La réaction mise en jeu est la suivante :



➤ **Détermination de la densité**

La mesure de la densité s'effectue à l'aide d'un thermo-lactodensimètre qui donne à la fois la température et la densité de l'échantillon (**Foudil et Garah, 2018**)

➤ **Détermination de la matière grasse**

Ce protocole décrit la méthode acido-butyrométrique de GERBER utilisée pour le contrôle de matière grasse contenue dans les produits. Cette méthode est basée sur la dissolution des composants du lait par l'acide sulfurique à l'exception de la matière grasse qui se sépare sous l'influence de la centrifugation et grâce à l'adjonction d'une petite quantité d'alcool iso-amylque permettant la séparation de la phase aqueuse et la phase lipidique.

Dans un butyromètre, 10ml d'acide H₂SO₄ sont introduits, puis 11ml de l'échantillon à analyser et 1ml d'alcool iso-amylque ont été rajoutés, le mélange est centrifugé pendant 10min. La lecture a été directement faite à l'échelle du butyromètre (**GERBER- ISO 1211**) (**Mokhnache et Yahiaoui, 2018**)

➤ **Détermination de l'extrait sec total (EST)**

L'extrait sec total (évaporation ou élimination de l'humidité du lait) est mesuré au moyen d'un dessiccateur, équipé d'un système de chauffage avec deux lampes à rayonnement infrarouge et d'un clavier permettant la programmation des paramètres d'analyse (**Taleb et Bediaf, 2019**)

11.2. Analyse microbiologique

➤ **Préparation de solution mère**

Pour les analyses microbiologiques, la solution mère est préparée aseptiquement en introduisant 1ml de produit dans 9 ml de TSE. On homogénéise pendant 2 minutes. Cette suspension représente alors la solution mère qui correspond à la dilution 10⁻¹(1/10) (**Lanabi et Sal, 2015**).

➤ **Préparation des dilutions décimales**

Une série de dilutions décimales est réalisée d'une manière à prélever 1 ml de cette solution mère et l'introduire aseptiquement dans 9 ml de TSE, on obtient donc la dilution 10⁻²

(1/100), on mélange soigneusement et doucement. On procède de la même façon pour les autres dilutions (Lanabi et Sal, 2015).

➤ Dénombrement des entérobactéries

1ml de chaque dilution est inoculé en profondeur puis le milieu **VRBG** est coulé et incubé à 37°C pendant 24h. On dénombre des colonies lenticulaires rouges.

➤ Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Trois séries de dilutions obtenues à partir de l'échantillon (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) sontensemencées sur un milieu sélectif (BLBVB) dans trois tubes à essai contenant des cloches de Durham. Les tubes ont été incubés pendant 48 heures à 37°C.

Le teste est considéré comme positif, dans le cas où les tubes présentent une croissance (un trouble, virage de couleur) et la présence du gaz dans la cloche du Durham.

Pour dénombrer les coliformes totaux et fécaux, deux boites du milieu solide VRBL ont étéensemencées en masse avec les dilutions 10^{-1} et 10^{-2} . Une boite témoin est coulée. Les boites ont été incubé à 37°C/48h pour les coliformes totaux et à 44°C/48h pour les coliformes fécaux (J.O.R.A.n°43/2004)

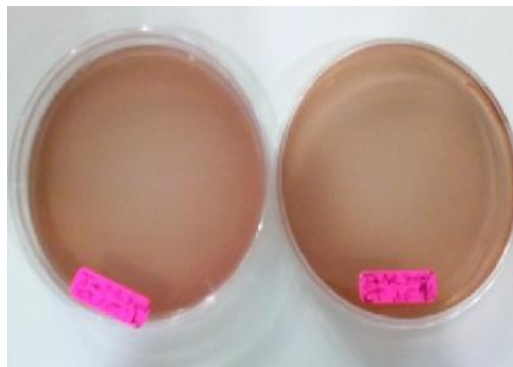


Figure 13 : Coliformes totaux sur gélose VRBL (Foudil et Garah, 2018)

➤ Recherche de *salmonella*

La recherche des *salmonella* se fait en 3 étapes :

-Pré-enrichissement

On réalise un pré-enrichissement sur milieu TSE en mettant 25ml de yaourt dans un flacon stérile contenant 225ml de TSE et l'incuber à 37°C pendant 24h

-Enrichissement

Après les 24heures, ensemencé 10ml de bouillon de pré-enrichissement dans 100ml de bouillon SFB additionné d'un additif SFB, l'incubation à 37°C pendant 24h.

-Isolement

On prend 2 gouttes de bouillon d'enrichissement et on l'ensemence en stries à l'aide de pipette râteau sur le milieu Hecktoen puis incuber à 37°C pendant 24h (CEAE, 2013).

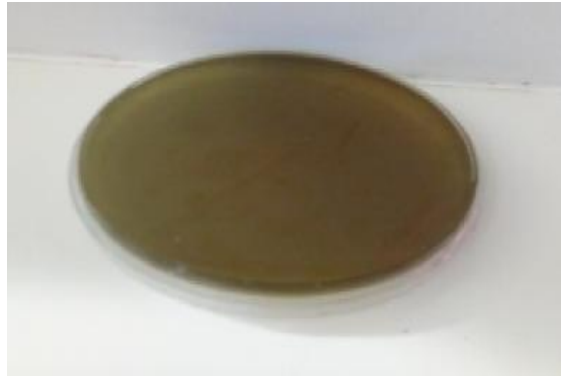


Figure 14 : Dénombrement de *Salmonelles* sur Hecktoen (Foudil et Garah, 2018)

➤ **Dénombrement de *Staphylococcus aureus***

On ensemence en stries 2 gouttes de dilution 10^{-1} sur milieu Baird Parker à l'aide d'une pipette râteau et on incube à 37°C pendant 24h.

On observe des colonies noires, brillantes, entouré d'un halo transparent et d'un liseré opaque (Lanabi et Sal, 2015)

➤ **Dénombrement des levures et moisissures**

Le milieu sélectif pour ces germes est le milieu sabouraud. Une addition de chloramphénicol 5% est nécessaire afin d'éliminer les contaminations bactériennes. Toutes les colonies formées sur le milieu sont à dénombrer.

1ml de l'inoculum correspondant à la solution mère et aux dilutions est ensemencé en surface d'une boîte de Petri contenant 15ml du milieu. Il est réalisé en 2 exemplaires. L'incubation s'effectue pendant 24h à 30°C (Mohamed, 2018).

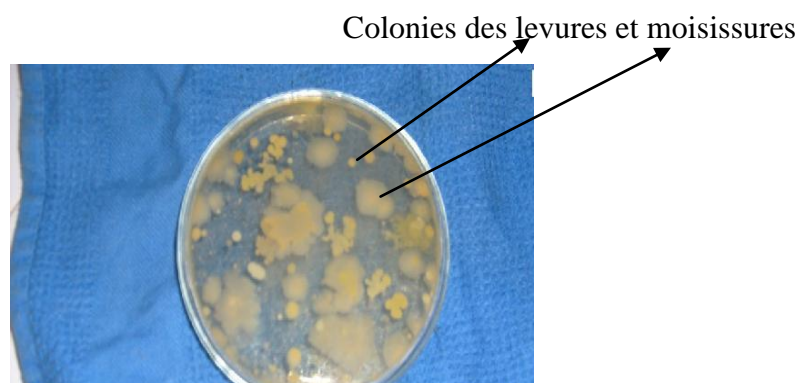


Figure 15 : Résultats de dénombrement de levure et moisissure (Mohamed, 2018)

➤ **Dénombrement de *Streptococcus thermophilus***

Le dénombrement des germes a été réalisé par culture d'une prise de dilution sur un milieu de culture sélectif « M17 » incubé à 45°C pendant 24 à 48 heures.

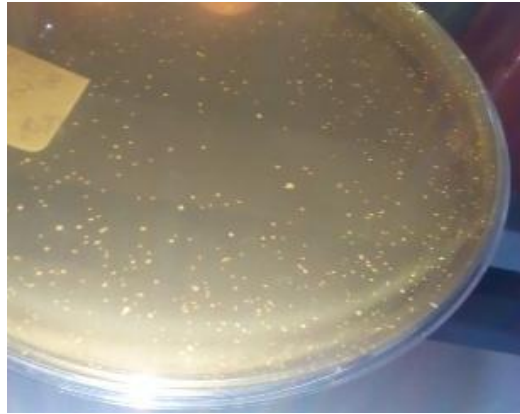


Figure 16 : *Streptococcus thermophilus* sur gélose M17 (Foudil et Garah, 2018)

➤ **Dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus***

Le dénombrement des germes a été réalisé par culture d'une prise de dilution sur un milieu de culture sélectif « MRS » incubé à 37°C pendant 24-48 à 72 heures (Bouchahda et Sahnoun, 2016)

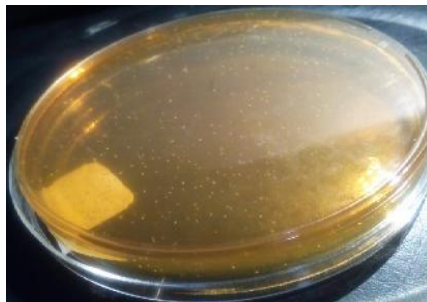


Figure 17 : *Lactobacillus bulgaricus* sur gélose MRS (Foudil et Garah, 2018)

***Chapitre IV: Généralités
sur le fromage***

1 .Définition du fromage

Appellation « Fromage » est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitières suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, beurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tous ou en partie avant l'égouttage ou après l'élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche (MS) du produit ainsi défini doit être 23 g pour 100g de fromage (décret 2007-628 du 27 avril 2007, journal officiel algérien) (**Jeantet et al ., 2008**).

2. Origine du fromage

L'histoire du fromage remontrait au néolithique (-10 000 ans environ). Le fromage est associé à la domestication et la traite des femelles (chèvre, brebis, vache...etc.), vers 7000 ans Av.JC ainsi que l'attestent plusieurs vestiges ancienne : faisselles en terre (-5000 Av.JC) et fresque sumérienne (-3000 Av.JC). Les grecs ont employé des plantes « caillé- lait » (gaillet, chardon) et plus tard, les Romains ont développé l'usage de la présure (**Rigaux, 1893**). Le mot « fromage » vient du moule qui est utilisé pour le fabriquer. En effet lorsque, les premières techniques de fabrication des fromages apparurent en Europe, les faisselles ou le lait caillé déposé s'appelaient les « Forma » en latin et « Formos » en Grec. A partir de XIIIème siècle, le mot devint « Formage » ou « Fourmage » selon les régions pour devenir définitivement « Fromage » (**Claude et Ayerbe, 2009**).

3. Constituants du fromage

Les fromages représentent un groupe alimentaire très hétérogène dont la constitution est très variable selon la qualité de matière première utilisée ou selon la technique de fabrication (**Jeantet et al ., 2008**).

3.1. Eau et extrait sec complémentaires

L'extrait sec est le complément à 100% de la teneur en eau. Il est en fonction de la matière grasse du lait, de la crème ajoutée et de l'importance de l'égouttage (**Jeantet et al ., 2008**).

3.2. Matière grasse

Traditionnellement, la teneur en matière grasse indiquée sur l'emballage ou le panneau lorsque le fromage est vendu en vrac, correspondait à la quantité de matière grasse contenue dans 100g d'extrait sec, c'est-à-dire sur ce qui reste du fromage après la déshydratation complète.

Le qualificatif accompagnant la dénomination fromage est lié au pourcentage de matière grasse par rapport à l'extrait sec (Micelle et al., 2000).

Tableau 06 : Teneur en matière grasse dans 100g de fromage (Micelle et al., 2000).

Pour 100g	Fromage blanc 45 %	Edam à 45 %	Gruyère fondus à 45 %	Roquefort à 45 %
Matière grasse en g dans le produit fini	Soit 9 %	Soit 26 %	Soit 23 %	Soit 29 %

3.3. Les protéines

Les protéines du lait subissent une concentration lors de l'égouttage. Dans les fromages affinés traditionnels, le paracaséinate est une protéine essentielle, puisque les protéines solubles et les glycopeptides ont été éliminées avec le lactosérum. Dans les fromages obtenus par ultrafiltration préalable, toutes les protéines du lait sont présentes et ont été concentrées (Bouguern et Megenai, 2016).

Tableau 07 : La teneur protéique de certains fromages (Luquet, 1990).

Fromages	Teneur protéique en g pour 100g	Concentration par rapport au lait
Fromages blancs	7 à 10	2,5 à 3
Pâte molle	20 à 21	6 à 7
Pâte persillée	22	6 à 7
Pâte demi-dur	25-26	7 à 8
Pâte dure	28-30	8 à 9
Fromage fondu (Pâte fraîche)	9 à 11	3
Fromage fondu (Pâte dure)	14 à 20	4,5 à 7

3.4. Les glucides

La teneur en glucides des fromages blancs est de 3 à 4 %, celle des fromages affinés et fondus est négligeable (2%), et elle est presque nulle dans les fromages à pâte pressée. Le lactose a été entraîné lors de l'égouttage dans le lactosérum ou a été utilisé par la flore lactique lors de caillage ou de l'affinage. L'acide lactique construit, a une saveur rafraichissante dans les

fromages frais. Les acides volatiles formés lors de la transformation du lactose par la microflore, tels que les acides acétiques, propénoïques, cétones sont sapides et odorantes (**Ouari, 2016**).

3.5. Les minéraux

3.5.1. Sodium

Les fromages ont subi l'adjonction de chlorure de sodium et ou/autres sels de sodium. De ce fait, l'augmentation de leur consommation constatée ces quinze dernières années a concouru au fort rapport sodique de l'alimentation, pouvant intensifier des troubles cardiovasculaires (**Bouguern et Megenai, 2016**). La teneur en sodium pour 100g de fromage est mentionnée sur le tableau suivant :

Tableau 08 : La teneur en sodium dans 100 g de fromage (**Bouguern et Megenai, 2016**).

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

3.5.2. Calcium et phosphore

Dans la majorité des fromages, le rapport calcium/phosphore, reste à peu près à la même approximation dans la majorité des fromages mesuré à 1,4, sauf dans les fromages à caillage lactique et égouttage lent où il est de 1,2. Le phosphore reste plus lié aux matières organiques. Dans les fromages fondus dans lesquels des polyphosphates ont été ajoutés, il est compris entre 0,5 et 1 (**Luquet, 1990**).

3.5.3. Les oligoéléments

Le lait a une teneur faible en oligoéléments. Dans les fromages, les oligoéléments se concentrent avec la matière sèche (**Ramet, 1985**).

Tableau 09 : Teneurs comparées en oligoéléments entre lait et fromages (**Ramet, 1985**).

	Fer	Cuivre	Zinc	Sélénium
Lait	0,05	0,01	0,38	0,0033
Fromage	0,2 à 1	0,08 à 0,5	0,5 à 4,5	0,006

3.5.4. Les vitamines

Les vitamines liposolubles A, D, E et K des fromages sont en fonction de la teneur en matières grasses des laits utilisés comme matières premières, de l'adjonction de crème et la concentration en matières sèche réalisée lors de l'égouttage. On peut donc déterminer les teneurs vitaminiques des différents fromages en utilisant des facteurs multiplicateurs par rapport aux matières grasses de lait. Les teneurs en vitamine E restent faibles par contre la vitamine B12 augmente avec la concentration en matière sèche, les vitamines hydrosolubles sont en partie éliminées avec le lactosérum, la pluparts des fromages sont peu intéressants comme sources d'apport en vitamines C et B. Cependant certaines vitamines du groupe B sont synthétisées par des moisissures. Les fromages à moisissures internes contiennent alors une quantité quatre fois supérieure à celle du lait en vitamines B2, B6. Lors de l'affinage, les minéraux et vitamines migrent vers la croûte du fromage : il est donc conseillé de consommer le maximum de fromage servi (Ouari, 2016).

4. Classification des fromages

4.1. Classification du codex alimentaires

La classification d'un fromage, tel que défini par les normes du codex alimentaire CODEX STAN A-6-1978 est obtenue après application des trois formules suivantes :

- Selon la fermeté qui appartient à l'intervalle de 69 à 51 % d'où la pâte molle évolue jusqu'à la pâte dure, cette classification est portée selon la teneur en eau dans le fromage dégraissé.
- La deuxième classification est classée selon la teneur de matière grasse par rapport à l'extrait sec total.
- La troisième classification : les fromages sont classés en trois catégories différentes selon l'affinité du fromage.

Le fromage est donc classé selon trois critères successifs : sa teneur en eau dans la fraction dégraissée, sa teneur en matière grasse dans l'extrait sec et son type d'affinage.

4.1.1. Fromage non affiné

Le fromage non affiné dont le fromage frais est un fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication (FAO, 1995).

4.1.2. Fromage affiné aux moisissures

Le fromage affiné aux moisissures est un fromage affiné où l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques dans la masse et/ou sur la surface du fromage (FAO, 1995).



Figure 18 : Fromage affiné aux moisissures (Camembert) (Tantaoui, 2015).



Figure 19 : Fromage affiné moisi (*Penicillium roqueforti*) (Tantaoui, 2015).

4.1.3. Fromage affiné

Le fromage affiné est un fromage qui n'est pas prêt à la consommation peu après sa fabrication, mais qui doit être maintenu pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage (FAO, 1995).

5. Transformation du lait en fromage

L'étape clé de la fabrication fromagère est la coagulation. Cette dernière correspond au passage du lait liquide à l'état de gel. Elle est obtenue par modification physico-chimique des caséines du lait sous l'action d'une enzyme, le plus souvent la présure et/ou d'un acide, généralement l'acide lactique produit par les ferments lactiques. L'action de la présure ou de l'acide lactique provoque la déstabilisation de la suspension colloïdale qui entraîne l'agrégation

des micelles de caséines et la formation d'un caillé (**Vignola, 1970**). Les deux types de coagulations sont présentés dans le tableau 06.

Tableau 10 : Mécanisme de la coagulation (Dillon et Berthir, 1997).

	Caillé lactique	Caillé présure
Obtention	Action des bactéries lactiques	Action de la présure
Mécanisme	L'apport d'une quantité croissante d'acide lactique déstabilise progressivement les micelles de caséines, les H ⁺ neutralisant les charges négatives présentes en périphérie des micelles. Les micelles déstabilisées vont s'unir pour former un gel, réseau protéique qui piège la matière grasse et phase aqueuse.	Action de la présure se décompose en deux phases : -La phase primaire enzymatique où la présure lyse spécifiquement la caséine et lui fait perdre ses propriétés stabilisantes. -la phase secondaire où les micelles déstabilisées s'agrègent grâce à des liaisons minérales essentiellement calciques pour former un gel homogène.
Facteurs de coagulations	-Lait riche en protéines coagulables. -Acidification lente et progressive.	- Lait riche en caséines et en calcium dissous. -Température et pH optimal au moment l'emprésurage 40°C et pH=5.
Structure physique	Faible cohésion entre les micelles et les submicelles.	Micelles soudées entre elles par des liaisons calciques.
Propriétés du caillé	Déminéralisé car l'acidification induit solubilisation des sels minéraux dans le sérum fragile et friable.	-Minéralisé -Déformable et élastique.
Egouttage	-Le sérum écoule spontanément entre les micelles. -Egouttage spontané. -Niveau d'égouttage faible.	-A cause de la cohésion entre les micelles le sérum peut s'écouler qu'en périphérie. -Egouttage mécanique rapide et poussé. -Niveau d'égouttage fort.
Conséquences fromagerie	-Fromage humide de petit format. -Extrait sec 10-35%. -pH caillé=4,6 -Conservation courte. -quelques semaines si affinage.	-Fromage sec de gros format. -Extrait sec 50à 60%. - pH caillé=5,2 -Conservation longue (plusieurs mois).

6. Les étapes de fabrication du fromage

6.1. Caillage du lait

Le caillage (coagulation) du lait est une transformation du lait liquide en lait coagulé (coagulum=caillé de fromagerie). La coagulation correspond à une modification physico-chimique des micelles de caséine sous l'action d'enzymes et/ou d'acide lactique. Dans le lait liquide, les micelles de caséine sont en suspension stable car sont entourées d'une couche d'eau d'hydratation (charges négatives) (**Tantaoui, 2015**).

La température influence aussi sur la coagulation. En effet, au dessous de 10°C, la gélification ne se produit pas ; entre 10 et 20°C, la coagulation est lente ; entre 30 et 42°C, elle

est progressive et au dessus de 42°C elle diminue, pour disparaître à 55°C (Ouari, 2016). Cette étape se fait par deux méthodes de caillage :

6.1.1. Caillage enzymatique

La coagulation par voie enzymatique est attestée par divers types d'enzymes protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbienne, permettant de coaguler le lait (Ouari, 2016).

➤ Les enzymes d'origine animales

La présure est une enzyme protéolytique provenant de la caillète du veau non sevré. En pratique la coagulation du lait est marquée par trois paramètres : le temps de floculation, la vitesse de raffermissement et la fermeté maximale du gel (Bendarouich, 2009).

➤ Les enzymes d'origine végétales

Les préparations coagulantes provenant du règne végétale sont extraites par macération de divers organes de plantes supérieures, tel que le gaillet, l'artichaut, le chardon qui ont été et/ou sont encore utilisées dans la fabrication de fromages fermiers. D'autres extraits coagulants ont été obtenus à partir des plantes tropicales : les ficines, extraites de latex du figuier, la papaine, extraite des feuilles du papayer et la bromélaïne extraite de l'ananas (Ramet, 1985).

➤ Les enzymes d'origine microbiennes

Ce sont les enzymes d'origine fongiques qui semblent présenter le plus intérêt parmi lesquelles on cite les enzymes extraites de *Mucor pusillus*, d'*Endothia parasitica* et *Mucor meihei* (Bendarouich, 2009).

6.1.2. Caillage par acidification

La coagulation par voie acide est procurée par l'acide lactique d'origine bactérienne, qui change le lactose en acide lactique. La diminution du pH du lait de fromagerie adhère avec la production d'acide, ce qui provoque une solubilisation du phosphate et du calcium, un élément essentiel dans la stabilité des micelles de caséine. Ces dernières vont s'accoler entre-elles et composer un gel cassant très ébouleux et peu flexible. La teneur en protéines agit sur la coagulation acide ; un caillé lactique plus ferme sera formé à partir d'un lait riche en protéines. L'acide lactique produit par la fermentation diminue le pH à 4,6 (Carole et Vignola, 2002).

6.1.3. Caillage/ Coagulation mixte

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte pressée non cuite (Jeantet *et al.*, 2008).

6.2. Egouttage

Le gel formé par l'acidification ou par action de la présure est dans un état physique instable. Plus au moins rapidement selon la nature du coagulum, la phase dispersante se sépare spontanément du coagulum sous forme de lactosérum. Ainsi, à la surface apparaît des fines gouttelettes qui grossissent et forment un film liquide. Au même temps, le gel se décolle des parois du récipient et diminue du volume. La séparation du lactosérum s'accompagne d'une ségrégation des différents composants originels du lait : la plus grande partie d'eau et du lactose ainsi qu'une petite fraction de matière grasse et des protéines sont éliminées par le sérum ; la plus grande partie des protéines et la matière grasse est retenue par le coagulum, dont l'extrait sec se croit progressivement à mesure de l'élimination du sérum (**Roux, 2006**).

6.3. Salage

C'est une étape très importante qui a un triple rôle :

- Il complète l'égouttage et contribue à la formation de la croûte.
- Il règle l'activité de l'eau du fromage et par là favorise, freine ou oriente le développement des micro-organismes et les activités enzymatiques au cours de l'affinage. Donc, c'est un facteur essentiel de conservation.
- Il relève la saveur du fromage et masque le goût de certaines substances formées au cours de l'affinage.

Deux procédés de salage sont utilisés :

- ✓ Salage à sec des fromages par saupoudrage à la main ou à la machine, par frottage ou par l'incorporation dans le caillé.
- ✓ Le salage en saumure généralement saturé (318g/litre à 20°C). La plupart des fromages ont une teneur en sel de 1,5 à 2,6 % (**Mahaut, 2000**).

6.4. Affinage

L'affinage est défini comme le maintien du fromage pendant un certain temps dans des conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage.

A la fin de l'égouttage, le coagulum est sous forme d'un gâteau de volume, de forme et de composition déterminés. Mis à part le cas où ce coagulum est consommé à l'état frais, il subit alors un affinage (ou maturation) qui va modifier sa composition, sa valeur nutritive, sa digestibilité et ses caractères organoleptiques. C'est une étape cruciale où se développent l'aspect, la consistance, l'odeur, la saveur et la croûte (les fromages à pâte fraîche ou les

fromages fondus ne sont pas affinés). L'affinage correspond à un ensemble de dégradations enzymatiques, simultanées ou successives du substrat (le caillé). Il est dominé par plusieurs phénomènes biochimiques dont les plus importants sont :

- La dégradation enzymatique des protéines;
- L'hydrolyse de la matière grasse.

L'affinage s'effectue à une température et à une humidité qui varient selon le type de fromage. Il existe des températures optimales de maturation de divers types de fromages entre 8 et 10°C pour les pâtes molles, 10 et 12°C pour les pâtes semi- molles et jusqu'à 20°C pour les pâtes fermes, il peut être plus au moins long (de 24 heures à 3 ans dans le cas de certains parmesans) ; plus l'affinage est long plus la pâte a conservée l'humidité, et plus le fromage est dur et de saveur prononcée (**Jeantet, 2008**).

7. Microbiologie du fromage

L'effet de la qualité bactériologique du lait cru sur la qualité des produits de transformation du lait est capital. Aussi, les méthodes de transformation et la nature du produit fini influent beaucoup sur la microbiologie de ce dernier.

Les fromages au point de vue microbiologique, doivent être considérés des milieux de cultures solides, dans lesquels se multiplie certains micro-organismes : bactéries lactiques, microcoques, levures et moisissures. L'analyse microbiologique d'un fromage peut porter soit :

- Sur les bactéries pathogènes apportées par le lait ou au cours de la fabrication du fromage. Elles ne se multiplient pas dans le fromage, mais peuvent survivre au cours de l'affinage.
- Sur la flore microbienne utile qui s'est développée au cours de la maturation du fromage et est responsable de cette maturation.
- Sur les micro-organismes responsables des accidents de fabrications (levures, moisissures, clostridia).

Dans la pratique, l'analyse microbiologique est effectuée soit pour raison purement technologiques (cas d'accident de fabrication), soit pour des raisons hygiéniques dans le cas de toxi-infections. La présence des différents germes dans le fromage va dépendre du degré de contamination et des capacités de développement des germes dans le fromage. L'absence totale de contamination étant difficile (**Bouguern et Megenai, 2016**).

Tableau 11 : Les critères microbiologiques du fromage (**JOURNAL OFFICIEL ALGERIEN 2 JUILLET 2017**).

Germes Types de fromages	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Salmonella Spp</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	Coliformes
Fromage à pâte dure Au lait cru	Absence dans 1g n=5, c=0	Absence dans 1g n=5, c=0	M=10 000/g m=1 000/g n=5, c=2	M=100 000/g m=10 000/g n=5, c=2	-
Fromage à pâte molle au lait cru	Absence	Absence	M=10 000/g	M=100 000/g	M=100000/g

8. Analyses physicochimiques

La détermination des paramètres physicochimiques se fait selon les normes International Standards Organisation (I.S.O).

8.1. Détermination de pH

La mesure de pH est faite à l'aide du pH mètre. Le pH mètre est préalablement étalonné à l'aide de deux solution tampons. Avant chaque utilisation du pH, l'électrode doit être soigneusement rincée avec de l'eau distillée (**Irbah et Takhedmit, 2014**).

8.2. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable est basée sur le titrage de l'acidité par hydroxyde de sodium en présence de phtaléine (1%) en tant qu'indicateur coloré (**AFNOR, 1986**).

8.3. Détection d'antibiotiques

La détection d'antibiotiques se fait par la méthode biologique qui est basée sur la réaction d'inhibition de la croissance des bactéries tests. En utilisant *Bacillus subtilis* ATCC 6633 sensible aux antibiotiques de la famille des aminosides, des quinolones et des macrolides alors que *Geobacillus stearothermophilus* ATCC 10149 est sensible aux bêta-lactamines, aux sulfamides et aux tétracyclines. Les bêta-lactamines et/ou les tétracyclines sont les plus détectés dans 25% des laits caillés, 66% dans les laits pasteurisés et 38% dans des yaourts (**Touwendrida, 2015**).

8.4. Détection de l'extrait sec total

Pour déterminer la teneur en matière sèche des fromages, il est nécessaire de connaître l'extrait sec, pour cela plusieurs méthodes ont été envisagées : mesure de l'absorption infra-rouge par les composants du fromage à l'aide des appareils de type Milko-ScanTM FT 120 qui utilise la technologie de transmission moyenne infra-rouge > 800nm ou Multi-Spec (Dasen et Grappin, 1983).

8.5. Mesure de taux de matière grasse

La méthode de détermination de la teneur en matière grasse des fromages est basée sur la technique Van Gulik. Cette méthode est applicable à tous les types de fromages, sauf ceux qui présentent des moisissures (fromages à moisissures internes, fromages moisissés en raison de leur âge), et/ou présentant un fort degré de lipolyse. Elle est particulièrement destinée aux produits jeunes ou ayant une texture facilement attaquable par l'acide (AFNOR, 2017).

9. Analyse bactériologique

9.1. Recherche et dénombrement des coliformes

La recherche et le dénombrement des coliformes sont réalisés sur les milieux BLBVB (Bouillon Lactosé Bilié au Vert Braillant), suivant la méthode du NPP en utilisant la table de Mac Crady (NF ISO 4831(Octobre 2006))

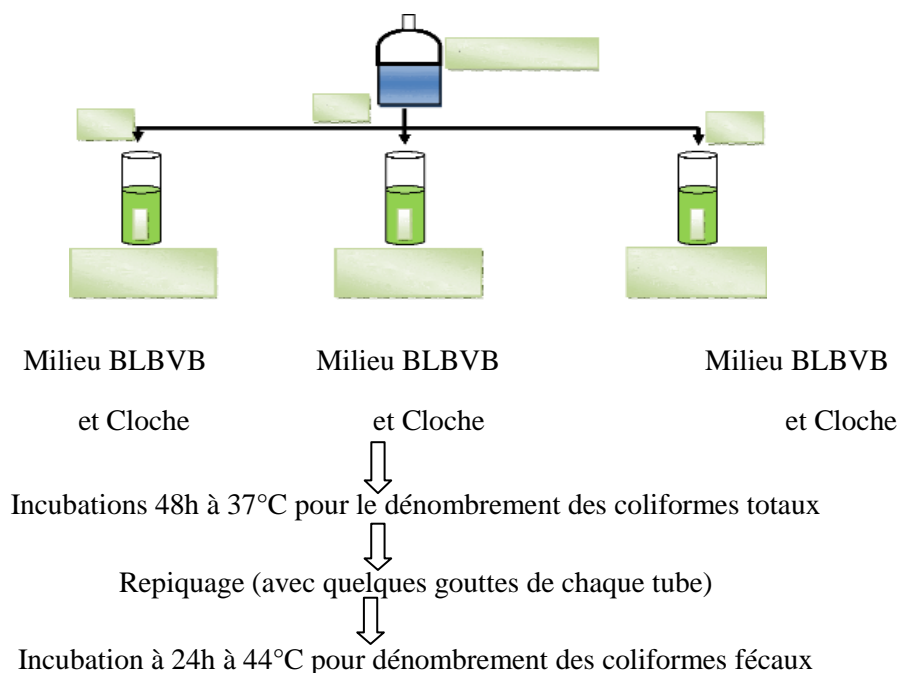


Figure 20 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans les produits laitiers (Bordjah, 2011).

Sur milieu solide : des colonies caractéristiques des coliformes sont ovales de couleur rouge de 0,5 de diamètre pour les totaux (**Boufeldja, 2017**).

Sur le milieu liquide : un résultat positif s'exprime par le virage du milieu au jaune, avec production de gaz et le nombre des coliformes est déterminé avec la table de Mac Crady (**Bordjah, 2011**).

9.2. Recherche et dénombrement des salmonelles

La recherche des salmonelles se fait en trois étapes (**Méthode NM 08.0.116**) :

- Pré-enrichissement : 25g du fromage dans 225ml d'eau péptonée suivi d'une incubation à 37°C/24 heures.
- Enrichissement : ensemercer 10ml de la solution de pré-enrichissement dans 100ml de bouillon sélénite-cystéine (SFB) et les incubés à 37°C/48heures.
- Isolement : ensemencement en stries sur gélose S-S (Salmonella, Shigella) et les incubés à 37°C/48 heures.

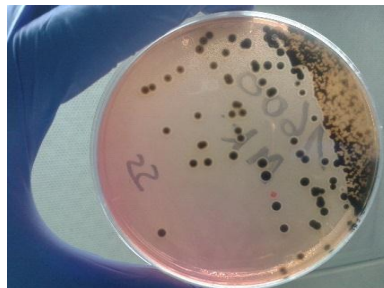


Figure 21 : Recherche et dénombrement des salmonelles sur milieu S-S (**Jedaa, 2018**)

Les salmonelles apparaissent sous forme de colonies incolores transparentes avec un centre noir sur le milieu S-S (**Harizi, 2009**).

9.3. Recherche et dénombrement des bactéries mésophiles

9.3.1. La flore mésophile aérobie totale

La recherche de la flore mésophile aérobie totale se fait selon trois étapes qui sont, la dilution et homogénéisation et le dénombrement. On prélève aseptiquement 25g de l'échantillon à analyser puis dans un sac Stomacher stérile ajouter 225 ml de l'eau peptonnée tamponnée, mélangé pendant une minute jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène, par suite on dépose 1ml de la solution mère et/ou des dilutions décimales dans une boîte de Petri stérile en ajoutant par incorporation 15 ml du milieu gélosé Plate Count Agar (PCA) fondue et ramené à 47° ±2°C, mélanger l'inoculum au milieu et laisser se solidifier puis incubé à 30°C pendant 72 heures selon

la norme (NM ISO 4833-1, 2014). Les colonies se présentent sous forme lenticulaire en masse (Bendarouiche, 2009)



Figure 22 : Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie sur PCA (Jedaa, 2018).

9.4. Recherche et dénombrement de *Clostridium sulfito-réducteurs*

La recherche des anaérobies sulfito-réducteurs est réalisée dans des dilutions décimales 10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3} sont soumis d'abord à un chauffage à 80°C pendant 10 minutes, puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et activer uniquement les formes sporulées. Puis remplir le milieu VF (viande fois) fondu et refroidi à 45°C dans des tubes à vis pour favoriser l'anaérobiose et ajout d'une couche d'huile de vaseline au dessus de la gélose solidifiée puis incubé le tous à 46°C pendant 48 heures. Appariation des taches de couleurs noirs dans les tubes (Sitayeb, 2018).

9.5. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont recherchés et dénombrés en milieu liquide par la technique du NPP (nombre le plus probable).

La technique fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test présomptif : réservé à la recherche des streptocoques sur milieu Rothe. Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif de Rothe à raison de trois tubes par dilution. Puis à partir des dilutions décimales porter uniquement 1ml puis mélanger le milieu et l'inoculum et incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Le test confirmatif : réservé à la confirmation proprement dite sur le milieu Litsky des tubes trouvés positifs au niveau de test présomptif. Chaque tube de Rothe trouvé positif lors de test de présomption fera l'objet d'un repiquage dans un tube de milieu EVA Litsky et incubé à $37^{\circ}\text{C}/24\text{heurs}$ (Bordjah, 2011 ; Houbad, 2015).

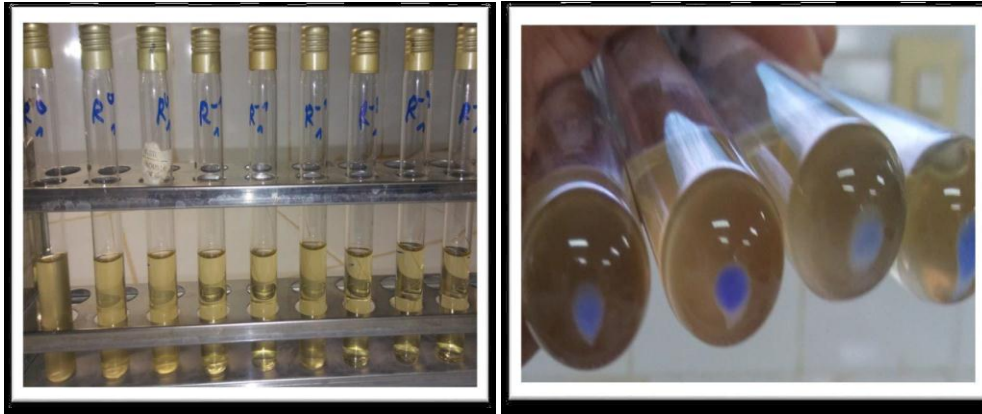


Figure 23: Tubes de Rothe (Bengara, 2018) Figure 24 : Tubes de Litsky (Bengara, 2018)

Tableau 12 : Résultats de dénombrement des streptocoques fécaux (Houbad, 2015).

Milieux	Milieu Rothe	Milieu EVA Litsky
Lecture	Trouble microbien	Trouble microbien+ une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube

9.6. Recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase positive

Le dénombrement des staphylocoques est réalisé sur le milieu gélosé Baird-Parker. 1ml de la première dilution décimale est transféré dans des boites contenant le milieu Baird-Parker et répéter ces opérations avec des dilutions successives à l'aide d'une nouvelle pipette stérile pour chaque dilution décimale puis mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture et laisser solidifier et les incubées à 35°C ou 37°C pendant 18 à 24 heures. Après une période d'incubation, les staphylocoques forment de petites colonies noires ou grises ou même blanches, entourées d'un halo de précipitation (Journal Officiel Algérien, 2015).

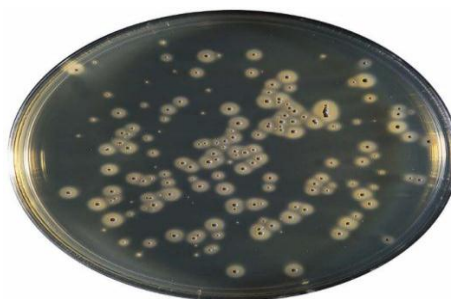


Figure 25 : Staphylococcus aureus présomptif sur milieu gélosé sélectif Baird Parker (Jedaa, 2018).

9.7. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

Les levures et les moisissures sont des microorganismes aérobies mésophiles. Tous d'abords préparer la suspension mère et les dilutions décimales suivantes puis dans une boîte de gélose Dichloran Rose Benglechloramphenicol Agar (DRBC) qui un milieu solide , transférer 1ml de la première dilution avec une pipette stérile puis étaler l'inoculum sur la surface de la boîte de gélose et incubation des boîtes en aérobiose à 25°C dans l'étuve pendant 5jours (**journal officiel algérien, 2015**).

Lire les boîtes entre deux et cinq jours d'incubation et sélectionner les boîtes contenant moins de 150 colonies. Les méthodes de dénombrement des levures et moisissures sont imprécises du fait qu'elles consistent en un mélange de mycélium, de spores. Le nombre d'unité à l'origine de la formation des colonies dépend de degré de fragmentation du mycélium, et la propagation des spores capable de se développer sur le milieu (**journal officiel algérien, 2015**).

Conclusion

Le lait occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens et, de ce fait, la filière lait connaît une croissance annuelle de 8 % (**Silait, 2008**). L'Algérie est ainsi le premier consommateur de lait cru au Maghreb, avec près de trois milliards de litres par an (**Kirat, 2007**).

La fermentation résulte principalement de l'action de différents microorganismes qui participent à la transformation du lait en yaourt, fromage, etc. L'évolution et l'activité de cette flore est très influencés par les conditions de fermentation (température, composition du lait). L'objectif principal de cette étude visait à connaître les différents produits laitiers dont les bactéries lactiques jouent un rôle important dans le processus de leur fabrication.

Le lait et dérivés sont des produits sensibles, leurs conservation doit être à une température inférieure ou égale à 4°C. Microbiologiquement, le lait est un substrat instable, car il constitue un milieu de culture favorable à la prolifération d'une flore microbienne variée. Pour assurer une bonne protection pour le consommateur, il convient de maîtriser les conditions de conservation, et également les conditions d'hygiène lors de la traite jusqu'au produit fini

La qualité physico-chimique et bactériologique du lait reste toujours irrégulière à cause de plusieurs facteurs, tels que l'alimentation des bovins, le manque d'hygiène, la race et la saison qui constituent des facteurs prépondérants de la mauvaise qualité du lait. Il est donc important, qu'un contrôle rigoureux de la qualité physico-chimique du lait ainsi que de sa qualité hygiénique soient instaurées.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

« A »

- **Abdelmalek A., (2008).** Etude performance des bifidiobactéries isolées d'un yaourt fabriqué en Algérie, thèse .Oran.
- **Adriana P., (2016).** Etude comparative de deux méthodes de fabrication de yogourt grec à l'échel pilote utilisant ultrafiltration comme technique de concentration. Mémoire de fin de cycle, maitrise en sciences et technologie des aliments, Université LAVAL, 86p.
- **AFNOR. (1985).** Contrôle de la qualité des produits laitiers –Analyses physiques et chimiques, 3ème édition.
- **AFNOR., (1986).** Méthodes d'analyses du lait et les produits laitiers. Recueil des normes Françaises, 2ème éd, 580p.
- **AFNOR., (2017).** Détermination de la teneur en matière grasse.
- **Arie F., Sri K., Ariesta W.A., (2012).** Process engineering of drying milk powder with foam mat drying method. Journal of Basic and Applied Scientific Research. 2(4):3588-3592.
- **Audisio S et Beranger G (2010).** Anticorrosion et durabilité dans le bâtiment, le génie civil et les ouvrages industriels, PPUR Presses polytechniques.

« B »

- **Barge T.S., Traore M., Serge SD et Illy D., (2015).** Détection biologique des résidus d'antibiotiques dans le lait et les produits laitiers de vache consommée à OUAGADOUGOU, BURKINAFASO, 4p.
- **Belabid Z., (2014).** Contribution à l'étude de contamination des ovo produits par *Salmonella typha* des la région de Tlemcen. Mémoire de Master en Biologie, Université ABOU BAKR BELQAID-TLEMCEN, 40p.
- **Bendarouiche B., (2009).** La Kémaria : un produit du terroir à valoriser. Mémoire de Master en Science Agronomique, Université KASDI MERBAH-OUARGLA, 100p.
- **Benelkadi k., (2010).** Journal El-watan.
- **Bengara O., (2018).** Evaluation de la qualité hygiénique des carcasses bovines au niveau de l'abattoir de Naama. Mémoire de Master en Biologie, Université BELHADJ BOUCHAIB d'AIN TEMOUCHENT, 67p.
- **BIO-RAD., (2019).** Baird Parker/Gélose.

- **Blond Lond G., (2000).** Bases théoriques de la structure des glaces : influence du procédé de fabrication et de formation. *In* : Colloque Alliane 7-CEDUS, « La texture des produits sucrés », 59-68p.
- **Bordjaha A., (2011).** Analyses physico-chimiques et microbiologique de lait UHT demi-écrémé, centre de formation El hidhab, Sétif Algérie.
- **Botonier JL et Tirar-collet P., (2002).** Produit laitiers glacés, *In* : Lapointe- Vignola C. (éd), Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses Inter Polytechnique, Fondation de Technologie Laitière du Québec, 417-442p.
- **Botonnier J.L., (2001).** Crèmes glacées, glaces et sorbets : formulation et fabrication, technique de l'ingénieur F8010, 14p.
- **Bouchakeurk et djeghals S., (2015).** Etude comparative entre trois (03) types de lait de vache (lait entie, lait demi-écrémé et le lait écrémé) pasteurisé. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master, Université DJILALI BOUNAAMA-KHEMIS MELIANA, 75p.
- **Boudi O et Hami S., (2014).** Effet de la température, de temps de maturation sur le taux de foisonnement, les paramètres physicochimiques et microbiologiques des crèmes glacées GINI glaces (Fréha). Mémoire de fin d'étude Université MOULOUD MAMMERI de TIZI-OUZOU, 64p.
- **Boufeldja B., (2017).** Etude physico-chimique et microbiologique d'un fromage frais traditionnel « jben » fabriqué par « hakka », Mémoire de Master, spécialité microbiologie appliquée, Université ABOU BAKER BELKAID, TLEMEN, 42p.
- **Bouguern N et Meguenal E., (2016).** Rendement Fromager : Facteurs de variation et formules de prédiction. Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945, GUELMA, 63p.
- **Bouillane C et Desmazeaud M., (1980).** Les levains lactiques thermophiles : propriétés et comportement en technologie laitière. *Le lait*, 60 598, 458p.
- **Bourlioux P., Braesco V., Denis D., Mater., (2011).** Yoghurts and other fermented milks. *Cahier de Nutrition et de Diététique* .Paris France .46, 305-314p.
- **Brene F., (1991).** Chimie des eaux naturelles et des eaux résidus industrielles. *In* : techniques (ED), traitement des eaux, OPHRYS, 3-12p.

« C »

- **Carole Vignola R., (1970).** Science et technologie de lait. volume 2, 3ème éd.
- **Carole L., Vignola A., (2002).** Propriétés physicochimiques du lait. *In* : Science et technologie du lait : transformation du lait. 2^{ème} éd. Québec : Lucien Foisy., Diane Ratel., Andrée Laprise., p. 28-29.

- **Chavez Montez B.E., (2002).** Effets de la formulation et des conditions de foisonnement et congélation sur la rhéologie et la structure de la crème glacée. Thèse de Doctorat, INSTITUT NATIONALE POLYTECHNIQUE DE LORRAINE, 155p.
- **Claude J., Ayrebe A., (2018).** Histoire des fromages. *In* : Le fromage. 4^{ème} éd, Lavoisier, Paris, 3-23p.
- **Codex Alimentarius. (1999).** Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie CODEX STAN 206-1999. pp :1-4.
- **Codex Alimentarius. (1999).** Norme pour les laits en poudre et la crème en poudre CXS 207-1999 .

www.fao.org > [fao-who-codexalimentarius](http://www.fao.org/codexalimentarius)

Conte S., (2008). Evaluation des caractéristiques organoleptiques, physicochimiques et microbiologique du lait caillé traditionnel. Mémoire de Diplôme d'études approfondies de productions animales, Université CHEIKH ANTA DIOP DAKAR, Ecole INTER-ETATS des Sciences et Médecine vétérinaire, 45p.

« D »

- **Dasen A ., Grapping R ., (1983).** Détermination rapide de l'extrait sec des fromages à l'aide d'un four à micro-ondes. Le lait INRA éd 63(632-624), 75-84p.
- **Declercq C., (2007).** Glaces : Délices et fraîcheur. Lanno Uigeverij. 127p.
- **Deforges J., Derens E., Rosset R., et Serrand M., (1999).** Maitrise de la chaine du froid des produits laitiers réfrigérés. Edition Cemagref Tec et Doc, Paris.
- **Dhoub W ., Ismaili K., (2019).** Contribution à l'étude de le qualité microbiologique de la restauration collective : cas de restaurant universitaire d'El oued. Mémoire de fin d'étude en Toxicologie appliquée, Université ECHAHID HAMMA MALKDER- EL OUED,
- **Dillon., Berthir ., (1997).** Le Fromage dans l'alimentation. volume 16, 2^{ème} éd, 724p.

« E »

- **El Ouali Lalami A., (2013).** Qualité microbiologique des crèmes glacées commercialisées au centre du Maroc et sensibilité aux antibiotiques des bactéries isolées. Science Lib, Editions Mersenne : volume 5, N° 130403, ISSN 2111-4706.
- **EN ISO 16140 ., (2016).** Etablit le principe général ainsi que le protocole technique de validation des méthodes alternatives, qui sont pour la plupart commerciales, dans le domaine de la microbiologie alimentaire.

« F »

- **FAO., (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. 2^{ème} éd, 186p.
- **FAO., (2017).** Le lait et produits laitiers. La composition du lait.
- **FAO., (1998).** archives de document de la FAO, le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. www.fao.org.
- **Foudil A., Garrah (2018).** Analyse microbiologiques et physicochimiques de quelques produits laitier (lait pasteurisé conditionné yaourt aromatisé, fromage frais). Khemis Miliana.
- **Fredot E., (2005).** Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier: 25 (397 pages).

« G »

- **Gaucheron F., (2004).** Minéraux et produits laitiers. Éditions Lavoisier, Paris.
- **GEM-RCN., (2009).** laits et produits laitiers : groupes d'étude des marches de restauration collective et de nutrition, France.
- **Gosta B., (1995).** Lait longue conservation *in* manuel de transformation du lait. Éditions Tétra Packs Processing Systems A.B, Suède.

« H »

- **Harizi k., (2009).** Recherche et identification des bactéries pathogènes *Salmonella* et *Listeria* dans les aliments. Master professionnel, INSTITUT SUPERIEUR DE BIOLOGIE APPLIQUE ET ADENINE, 41p.
- **Houbad K., (2015).** Potentialité technologique des bactéries lactiques isolées du lait cru de chamelle. Mémoire de Magister en Biologie, spécialité : Microbiologie Fondamentale et Appliquée, Université AHMED BENBALA-ORAN, 106p.

« I »

- **I.S.O., (2010).** Lait et les produits laitiers.7p.
- **Irbah C., Takhedimt O., (2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de fromage frais « Danino nature sucré ». Mémoire de fin de cycle en génie biologique, Université ABDERREHMANE MIRA BEJAIA, 31p.
- **ISO 11290-2 :1996,** méthode horizontale spécifique au dénombrement de *Listeria monocytogenes*.

« J »

- **J.O.R.A ., (2017).** Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires : lait et produits laitiers.
- **J.O.R.A.** N°86 du 18 Novembre 1998 (Article 2 Page 22) Arrêté interministériel du 16 jourmada-ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leurs mises à la consommation.
- **J.O.R.A., (2019).** Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes par comptage des colonies à 30°C par la technique d'ensemencement en surface.
- **J.O.R.A., (2004).** Méthodes de dénombrement des bactéries dans les crèmes glacées et glaces.
- **J.O.R.A., (2011).** Recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase positive.
- **J.O.R.A., (2015).** Recherche et dénombrement des levures et moisissures.
- **Jeantet R., Crouguenec T., Mahaut M., Shuck P., Brule G., (2008).** Les produits laitiers 2eme ed. Ed. Tec & Doc. Paris, 22-32p.
- **Jeantet R., Grouguenec C T., Mahaut M., Schuck P., Brule G., (2008).** *In* : Les produits laitiers. 2ème éd, Lavoisier, 200p.
- **Jedda W., (2018).** Date limite de consommation (DLC) des produits alimentaires : Méthodologie de validation. Mémoire de Licence Sciences et technique (LST), Université SIDI MOHAMMED BENABDALLAH, FES, 32p.
- **Journal Officiel De L'Union Européenne., (2004).** Les règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale.

« K »

- **Kabir A., (2015).** Contraintes de la production laitière en Algérie. Thèse de Doctorat de l'Université Ahmed Ben Bella, Oran.
- **Kaismoune N., 2009).** *Listeria monocytogenes* et les produits alimentaires. Mémoire de stage en Sciences Alimentaires et nutrition, Université MENTOURI-CONSTANTINE, 90p.
- **Kigmou et Bilaroussi., (2019).** Caractéristique physicochimique et microbiologique de lait pasteurisé de la laiterie Adrar, Adrar .
- **Kruijer A., (1954).** La crème glacée. 500-512p.

« L »

- **Laetitia C., (2009).** Daniel Carasso, fondateur de Danone. [en ligne] , disponible en : https://www.lemonde.fr/disparitions/article/2009/05/23/daniel-carasso-fondateur-de-danone_1197142_3382.html
- **Lafitedupont A., (2011).** Les différents laits et leur complexité. Les protéines du lait de vache : Aspect nutritionnel et allergie alimentaire. Thèse, Université de LIMOGES, Faculté de médecine, 132p.
- **Lanabi I., et Sal A., (2015).** Analyse microbiologique d'un produit laitier (yaourt), enquête alimentaire. Constantine : Frères Mentouri, page
- **Leonil J., Michaski M C., et Martin P., (2013).** Les structures supramoléculaires du lait : structure et impact nutritionnel de la micelle de caséine et du globule gras. *In* : Numéro spécial, la vache et le lait. Faverdin P., Leroux C., Boumant R., éd. INRA Prod.Anim, 26,2, 129-144p
- **Liquet F M., (1990).** *In* : lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre. Tom II, Tech. ET DOC, 2ème éd, Lavoisier, Paris.
- **Loones A., (1994).** Le lait fermenté par les bactéries lactiques. Loricia édition, 139-144p
- **Loumni A., (2010).** Etude microbiologique du yaourt fabriqué et commercialisé dans l'ouest Algérien, thèse. Oran.

« M »

- **Madjoub., (2017).** Analyses physico-chimiques et microbiologique de la crème glacée. Mémoire de fin de cycle en Sciences Alimentaires, Université A. MIRE-BEJAIA, 41p.
- **Martinez V., Beisson G., (2009).** laits et produits laitiers. éd direction des affaires juridiques,47p.
- **Marty-Teyssset C., Dela Torre F., Garel J.R., (2000).** Incread production of hydrogen peroxyde by lactobacillus delbruekii ssp bulgaricus upon aeration: involvement. *Applied and Environmental Microbiology*, 66 (1), 262 -267.
- **Mauhaut .M., Romain.J., Brule .G., (2000).** *In* : Initiation à la technologie fromagère. Edition TEC & DOC, volume 20, 194p.
- **Meguenni N., (2017).** Evolution de la qualité physicochimique, organoleptique d'un yaourt nature et Mix fabriqué au niveau de laiterie SARL HALIB NADJAH, Maghnia, Telmcen : Abou bekr Belkaid,

- **Mesmoudi S., Benmar A., (2014).** Etude comparative entre crème glacée à base de lait cru et crème glacée à base de lait en poudre. Mémoire en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur en Agronomie, Université ABOU BAKER BELKAID, TLEMCEM, 61p.
- **METHODES OFFICIELLES D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES ., (2016).**

« N »

- **NM ISO 4833-1, (2014).** Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes –partie 1 : comptage des colonies à 30°C par la technique d'ensemencement en profondeur.
- **NF ISO 4832 (juillet 2006).** Méthode par comptage des colonies.
- **NF ISO 4831(Octobre 2006).** Microbiologie des aliments : Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement des coliformes-technique du nombre le plus probable.
- **NF EN 6888-1/A1 (Janvier 2014) :** méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces)- partie 1 : technique utilisant le milieu gélosé de Baird Parker (IC : V08-014-1).

« O »

- **Ouari E., (2016).** Contribution à l'étude physico-chimique et microbiologique d'un type de fromage fondu. Mémoire de Master en science des aliments, Université ABOUBAKER BELKAID TETEMCEN, 61p.
- **Ozer B H., Robinson R K., Grandison A.S., Bellell A E., (1998).** Gelation properties of milk concentrated by different techniques. International Dairy Journal, 8, 793-799.

« P »

- **Pougheon S I A S., (2001).** Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse, Ecole nationale vétérinaire, toulouse, 102p.
- **Pradier F., (2018).** La valeur nutritionnelle de yaourts, Doctissimo nutrition.
Disponible en
https://www.doctissimo.fr/html/nutrition/mag_2000/mag0811/nu_2133_valeur.htm

« R »

- **Ramet J.P., (1985).** La fromagerie, les variétés de fromages de bassin méditerranéen. Collection. production et santé animale. FAO, Rome, Italie, 187p.
- **Renard J., (2014).** A propos de lait cru. éd Diversi FERM, 66p.
- **Rheotest M., (2010).** Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST® LK – Produits alimentaires et aromatisants <http://www.rheoest.de/download/nahrungs.fr.pdf>.
- **Rigaux E., (1893).** *In* : Manuel de fabrication des fromages. 1ère éd, imprimerie du « progrès agricole », 77p.
- **Rousseau M., (2005).** La fabrication du yaourt les connaissances. INRA, 9p
- **Roux E., (2006).** Sécurité sanitaire liée à la consommation de fromage. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, Université de NANTES, 89p.

« S »

- **Sahnoun A., et Bouchahda Z., (2016).** Effet d'ajout du sirop de datte sur la qualité - d'un lait fermenté type yaourt étuvé. Mostaganem : Abdel Hamid Ibn Badis, page
- **Savadogo et Alfred S. Traore., (2011).** La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. International Journal of Biological and Chemical Sciences, article de Université de Ouagadougou, Burkina Faso.
- **Sherwood L K., Landrof H., Yancey Q., (2016).** Physiologie animale. de Boeck supérieur.
- **Silvia T et Quevedo F., (1978).** Contrôle microbiologique du fromage.I. FROMAGE A PATE MOLLE : " LE CURATIROLO". Le lait, INRA Editions, 58 (571-572), 43-56p
- **Sitayeb S., (2018).** Etude de la qualité hygiénique et microbiologie du lait cru de vache de la ferme de HASSI MAMECHE, Mémoire en Biologie, spécialité : production et transformation laitière, Université ABDHAMID IBN BADIS-MOSTAGANEM, 51p.
- **Sobolewski F., (2004).** Technologie des crèmes glacées. 5p.
- **Syndifrais Mission Scientifique (1997).** Yaourts, laits fermentés, *lait* 77, 321-358.

« T »

- **Taleb N., et Bediaf B., (2019).** Valorisation de beurre dans la fabrication d'un yaourt étuvé . Bouira : Akli Mohand Oulhadj.

- **Tamime A Y et Deeth H C., (1980).** Yogurt: technology and biochemistry. Journal of Food Protection, 43, p : 939-977.
- **Tamime A Y., Robinson, R K (1999).** Yogurt science and Technology. (2nded). Cambridge: Woodhead Publishing, p.619.
- **Tantaoui E., (2015).** Introduction à la technologie fromagère. Faculté des sciences de FES (Dhar El-Mehraz). 30-31p.
- **Termoul Z., Foularsen W., (2018).** Effet de la date de conservation sur la qualité nutritionnelle physicochimique et microbiologique des crèmes glacées. Mémoire de fin d'étude, Université ABDELHAMID IBN BADIS-MOSTAGANEM, 45p.

« V »

- **Vierling E., (1998) :** Aliments et boissons : Technologies et aspects réglementaires. Editions doin, France.

Normes et textes réglementaires

- **ISO-4831.** Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliforme fécaux.
- **ISO 7899- 1.** Recherche et dénombrement de Streptocoques fécaux.
- **ISO 6888-1.** Recherche et dénombrement de Staphylocoques aureus.
- **J.O.R.A.N°35, (1998).** Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers.
- **J.O.R.A N°=54 ; 30 août 2000.** Détermination de pH.
- **Règlement (CE) n° 853/2004** du 29 avril 2004 fixant les règles d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale (JOUE du 25 juin 2004).

Résumé

Les produits laitiers sont généralement divisés en deux grands groupes : les laits de consommation (entiers, demi-écrémés, écrémés, aromatisés) et les produits laitiers élaborés (fromages, yaourts, crèmes glacées). Les laits fermentés sont tous obtenus par la multiplication de bactéries lactiques dans une préparation de lait. L'acide lactique formé coagule le lait et lui confère une saveur acide plus ou moins prononcée. Le type de lait fermenté le plus consommé chez nous est le yaourt; il est obtenu par la multiplication dans le lait de deux bactéries lactiques spécifiques associées : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. La qualité physico-chimique et bactériologique du lait et ses dérivés reste toujours irrégulière à cause de plusieurs facteurs, tels que l'alimentation des bovins, le manque d'hygiène, la race et la saison qui constituent des facteurs prépondérants de la mauvaise qualité du lait. Il est donc important, qu'un contrôle rigoureux de la qualité physico-chimique du lait ainsi que de sa qualité hygiénique soient instaurés.

Les mots clés : Produits laitiers, Lait, Crèmes glacées, Fromage, Yaourt, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*

Abstract

Dairy products are generally divided into two main groups whole; semiskimmed, skimmed, flavored and elaborate dairy products (cheeses, yogurts, ice cream).. by other treatment we can obtain aromatized, concentrated milk and powdered milk. Fermented milk is all obtained by the multiplication of lactic bacteria in a milk preparation. The lactic acid formed coagulated the milk and give it a more or less pronounced acid flavor. The type of fermented milk we eat most is yogurt; it is obtained by multiplying in milk two specific lactic bacteria associated: *Streptococcus thermophilus* and *lactobacillus bulgaricus*. The physicochemical and bacteriological quality of milk and its derivatives is still irregular due to several factors in the poor quality of milk; it is therefore important that rigorous monitoring of the physical and chemical quality of milk and its hygienic quality be established.

Keywords: Dairy products, Milk, Ice cream, Cheese, Yogurt, *Streptococcus thermophilus*,

ملخص

تنقسم الالبان الى مجموعتين رئيسيتين هما حليب الاستهلاك ومنتجات الالبان المعدة (الجبنه و الزبادي و المتلجات) و من كل هذه المنتجات تم الحصول عليها عن طريق تكاثر البكتريا اللبانه في تحضير الحليب فحمض اللاكتيك الذي يحوي الحليب و يحصل على نبيذ حمضي اكثر او اقل و اكثر انواع الحليب الذي نستهلك منه هو الياوورت و يتحقق ذلك من خلال زيادة عدد البكتريا المرتبطة في الحليب

Lactobacillus bulgaricus و *Streptococcus thermophilus*

و لا تزال نوعية اللبن و البكتريا الكيمائية و مشتقاته غير منتظمة بسبب عدة عوامل من قبيل الماشية و نقص عنصر النظافة و الموسم التي تشكل عوامل هامة في نوعية الحليب الرديء و من المهم لذلك ان يتم فرض رقابة صارمة على الجودة الفزيائية و الكيمائية للحليب و نوعيته الصحية

الكلمات الرئيسية *Streptococcus thermophilus* و *lactobacillus bulgaricus* الالبان و الجبن و الحليب و المتلجات و الياوورت