

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie
Filière : Sciences biologiques
Option : Microbiologie Alimentaire et Santé



Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Etude de la qualité physicochimique et microbiologique du yaourt « yaoumi » au cours de la production et du stockage

Présenté par :

MADOUNI Sara et MAIBECHE Rima

Soutenu le : 14 Juin 2016

Devant le jury composé de :

Mme FARADJI S.

Grade MCB

Présidente

Mr BENDJEDDOU K.

Grade MCB

Encadreur

Mme BENACHOUR K.

Grade MCA

Examinatrice

Année universitaire : 2015 / 2016

Remerciements

Nous tenons, en premier lieu, à rendre grâce à Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et la patience pour achever ce travail.

Nous commençons tout d'abord, par remercier Mr BENDJEDDOU K, Nous sommes vraiment chanceuses de vous avoir comme promoteur, nous vous remercions vivement pour toutes les heures, les jours et les mois que vous avez passé avec patience extrême à nous diriger et corriger ce manuscrit. Nous vous remercions pour vos conseils et encouragements.

Nos remerciements sont adressés également aux membres du jury qui ont pris sur leur temps et ont bien voulu accepter de juger ce travail :

Nous tenons à remercier Mme FARADJI S. qui nous a fait l'honneur de présider ce jury ainsi que Mme BENACHOUR K. d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous remercions vivement les responsables de l'unité Danone Djurdjura (Akbou), de nous avoir offert l'opportunité d'effectuer notre stage de fin de cycle au sein de leur entreprise et tout le personnel du laboratoire de contrôle de qualité, du laboratoire process et du laboratoire microbiologie pour leur aide technique et scientifique ainsi pour leur disponibilité et gentillesse.

Merci également à la responsable du laboratoire «ANALAB» Mme BENADJAOUD S. de nous avoir fait confiance et pour son aide.

Merci à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, qu'ils trouvent ici notre estime, notre sympathie ainsi que nos vifs remerciements.

Dédicace

Au nom du Dieu le tout puissant

Je dédie ce travail :

A ma très chère mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous ses sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

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

Que dieu les garde pour moi et les protège.

A mon cher frère Abid et mon petit frère Azzedine.

A mes adorables sœurs, surtout Nadjet.

A la personne la plus chère dans ma vie « à moi à vie ».

A toute ma famille.

A tous ceux qui m'ont soutenu par leurs encouragements durant la réalisation de ce mémoire.

A mes très chères : Rima et Wifak,



Sara



Dédicace

Au nom du Dieu le tout puissant, à qui je dois tout, et surtout d'avoir honoré et éclairé mon chemin par le savoir

A la mémoire de ma chère et tendre tante, sa tendresse et son amour me manqueront à tous jamais

A ma raison de vivre « papa » et à la lumière de ma vie « maman » qui m'ont tout appris et se sont tant donnés pour me voir aujourd'hui réussir et qui, à aucun moment, n'ont cessé de m'encourager et me pousser à aller de l'avant.

Que ce travail vous soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde et infinie reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi, j'espère que je serai toujours à la hauteur de vos espérances. ... Je vous aime tellement

A mes adorables frères Yacine, Lyes et Youdas qui ont toujours été là pour me tenir la main et me soutenir dans chaque moment de ma vie... je vous aime très fort

A toute ma famille (oncles, tantes, cousins et cousines)

A tous mes amis, particulièrement Sabiha, Samira, Nacim et Youba

A mon binôme et amie Sara ainsi qu'à toute sa famille

A Mr BOUKIR M. qui m'a été d'une aide et d'un soutien inestimables pendant et après mon stage... Merci infiniment pour ton temps, tes paroles et tes orientations

A tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin afin de réaliser ce modeste travail



Rima



Sommaire

Listes des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction01

Synthèse bibliographique

I. Définition du yaourt	02
II. Technologie de fabrication du yaourt	02
1. Les différents types du yaourt.....	02
2. Processus de fabrication du yaourt.....	02
2.1. Préparation et traitement du lait.....	02
2.2. Standardisation du lait.....	02
2.3. Homogénéisation.....	03
2.4. Traitement thermique.....	03
2.5. Refroidissement.....	04
2.6. Ensemencement.....	04
2.7. Conditionnement.....	04
2.8. Etuvage.....	05
2.9. Arrêt de fermentation.....	05
2.10. Stockage.....	05
III. Les intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt	07
IV. La flore d'altération et pathogène du yaourt	08
1. La flore totale aérobie mésophile.....	08
2. Coliformes totaux et fécaux.....	09
3. <i>Staphylococcus aureus</i>	09
4. Les salmonelles.....	09
5. <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	09
6. Levures et moisissures.....	10
V. Les accidents de fabrication du yaourt	10

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

I. Origine et prélèvement des échantillons	12
1. Prélèvement des matières premières.....	12
2. Prélèvement au niveau du process.....	12
3. Prélèvement au niveau des conditionneuses.....	13
4. Prélèvement du produit fini.....	13

II. Analyses physicochimiques	13
1. Les matières premières.....	13
1.1. Mesure du pH.....	13
1.2. Détermination de l'acidité Dornic.....	13
1.3. Détermination du taux d'humidité de la poudre du lait.....	14
1.4. Détermination de la teneur en eau de la matière grasse.....	15
1.5. Détermination de la conductivité de l'eau de poudrage.....	15
1.6. Détermination du titre hydrométrique (TH).....	16
1.7. Détermination du titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC).....	16
1.8. Détermination du taux de chlorure.....	17
1.9. Détermination de la densité de l'arôme.....	18
2. Produit semi-fini.....	18
2.1. Détermination des taux des protéines et de la matière grasse.....	18
2.2. Détermination de l'extrait sec total (EST).....	19
3. Produit fini.....	19
3.1. Suivi de l'évolution du pH au cours de stockage.....	19
3.2. Suivi de la viscosité au cours de stockage.....	19
III. Analyses microbiologiques	20
1. Les matières premières.....	20
1.1. La poudre du lait.....	20
1.2. Matière grasse laitière anhydre.....	22
1.3. Les arômes.....	22
1.4. L'eau de poudrage.....	22
2. Produit semi-fini.....	23
3. Produit fini.....	24

Résultats et discussions

I. Analyses physicochimiques	27
1. Matières premières.....	27
2. Eau de poudrage.....	27
3. Produit semi-fini.....	28
3.1. Résultats des paramètres EST, MG, TP au cours de fabrication.....	28
4. Produit fini.....	30
4.1. pH et viscosité.....	30
II. Analyses microbiologiques	32
1. Matières premières.....	32
2. Eau de poudrage.....	33
3. Produit semi-fini.....	34
3.1. Suivi de la flore totale et de la flore lactique pour les différents lots.....	34
3.2. Coliformes totaux et fécaux.....	36
4. Produit fini.....	36

4.1. Evolution de la FTAM et de la flore lactique pour les différents lots.....	36
4.2. Coliformes totaux et fécaux.....	39
4.3. Levures et moisissures.....	39

Conclusion.....	40
------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes

Résumé/Abstract

Liste des figures

Numéro	Titre de la figure	Page
1	Diagramme général de fabrication des yaourts et des laits fermentés.	5
2	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.	24
3	Dénombrement des bactéries lactiques et de la FTAM.	25
4	Recherche et dénombrement des levures et moisissures.	26
5	Résultats de l'EST en fonction des trois niveaux de la chaîne de production.	29
6	Résultats du taux des protéines du yaourt au cours de production.	29
7	Résultats de la matière grasse en fonction des trois niveaux de la chaîne de production.	30
8	Résultats de l'évolution du pH au cours de stockage pour les trois lots.	31
9	Résultats de la viscosité en fonction du temps pour les trois lots.	32
10	Résultats du dénombrement de la flore totale et de la flore lactique dans les différents niveaux de production pour le lot 1.	34
11	Résultats du dénombrement de la flore totale et de la flore lactique dans les différents niveaux de production pour le lot 2.	35
12	Résultats du dénombrement de la flore totale et de la flore lactique dans les différents niveaux de production pour le lot 3.	35
13	Dénombrement de la FTAM et de la flore lactique en fonction du temps pour le lot 1.	37
14	Dénombrement de la FTAM et de la flore lactique en fonction du temps pour le lot 2.	38
15	Dénombrement de la FTAM et de la flore lactique en fonction du temps pour le lot 3.	39

Liste des tableaux

Numéro	Titre du tableau	Page
I	Principaux défauts de goût, de texture et d'apparence rencontrés dans la fabrication des yaourts.	9
II	Résultats d'analyse physicochimique des matières premières.	27
III	Résultats d'analyse physicochimique de l'eau de poudrage.	28
IV	Résultats d'analyse microbiologique des matières premières.	33

Liste des tableaux en annexes

Numéro	Titre du tableau
V	Résultats d'analyse physicochimique du yaourt étuvé pour le 1 ^{er} lot.
VI	Résultats d'analyse physicochimique du yaourt étuvé pour le 2 ^{ème} lot.
VII	Résultats d'analyse physicochimique du yaourt étuvé pour le 3 ^{ème} lot.
VIII	Résultats d'analyse microbiologique du yaourt étuvé pour le 1 ^{er} lot.
IX	Résultats d'analyse microbiologique du yaourt étuvé pour le 2 ^{ème} lot.
X	Résultats d'analyse microbiologique du yaourt étuvé pour le 3 ^{ème} lot.
XI	Les normes de la qualité physicochimique des matières premières.
XII	Les normes de la qualité physicochimique de l'eau de poudrage.
XIII	Les critères microbiologiques des matières premières.
XIV	Les critères microbiologiques de l'eau de poudrage.
XV	Les critères microbiologiques du yaourt étuvé (DDA, 2013).
XVI	Milieux sélectifs et conditions d'incubation pour la recherche des germes.

Liste des abréviations

AgNO₃ : Nitrate d'argent

BCPL : Bromocresol Purple Lactose

BSN : Boussois Sonehoir Newsel

Ca²⁺ : Calcium

CaCO₃ : Carbonate de Calcium

Cb : Chute de burette

Cl : Chlore

CO₃²⁻ : Carbonates

CONDI : Conditionneuse

Cp : Centipoise

DDA : Danone Djurdjura Algérie

DLC : Date limite de consommation

E : Echantillon

EDTA : Ethylène diamine tétra acétique

ESD : Extrait Sec Dégraissé

EST : Extrait Sec Total

°F : Degré Français

FAO : Food and Agriculture Organization (organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile

H₂SO₄: Acide sulfurique

HCO₃⁻ : Bicarbonate ou hydrogénocarbonate

ISO : International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation)

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

K₂HPO₄: Hydrogénophosphate de potassium

K₂CrO₄ : Chromate de potassium

Meq : Masse équivalente

MG : Matières Grasses

MGLA : Matières grasses laitières anhydres

MOY : Moyenne

MRS : Man Rogosa et Sharpe

M17 : Milieu 17 ou nébuleuse

N : Normalité

NET : Noir erichrome T

NF : Norme Française

NA : Norme Algérienne

OGA: Oxytetracycline Glucose Agar

P: Poids

PCA: Plate Count Agar

PDL : Poudre de lait

PE : Prise d'essai

TA : Titre alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TH : Titre hydrotimétrique

TLE : Tank lait étuvé

TP : Taux de Protéines

TS : Tryptone Sel

TSC : Tryptone Sel Cystéiné

TYE : Tank yaourt étuvé

UFC : Unité Formant Colonie

VRBL : Violet Red Bile Lactose Agar

VF : Viande Foie

Introduction

Introduction

Le lait est une denrée alimentaire hautement nutritive et qui occupe une place prépondérante dans l'alimentation humaine, en raison de sa composition équilibrée en nutriments de base (glucides, protéines et lipides) et sa richesse en certaines vitamines et en éléments minéraux notamment le calcium (**Latham, 2001**).

Néanmoins, le lait est facilement périssable et constitue un milieu propice aux proliférations microbiennes, c'est pourquoi on procède à sa transformation en divers produits par divers procédés afin de le conserver et prolonger sa durée de vie pendant plusieurs jours, plusieurs semaines ou encore plusieurs mois (**Tozanli, 2007**).

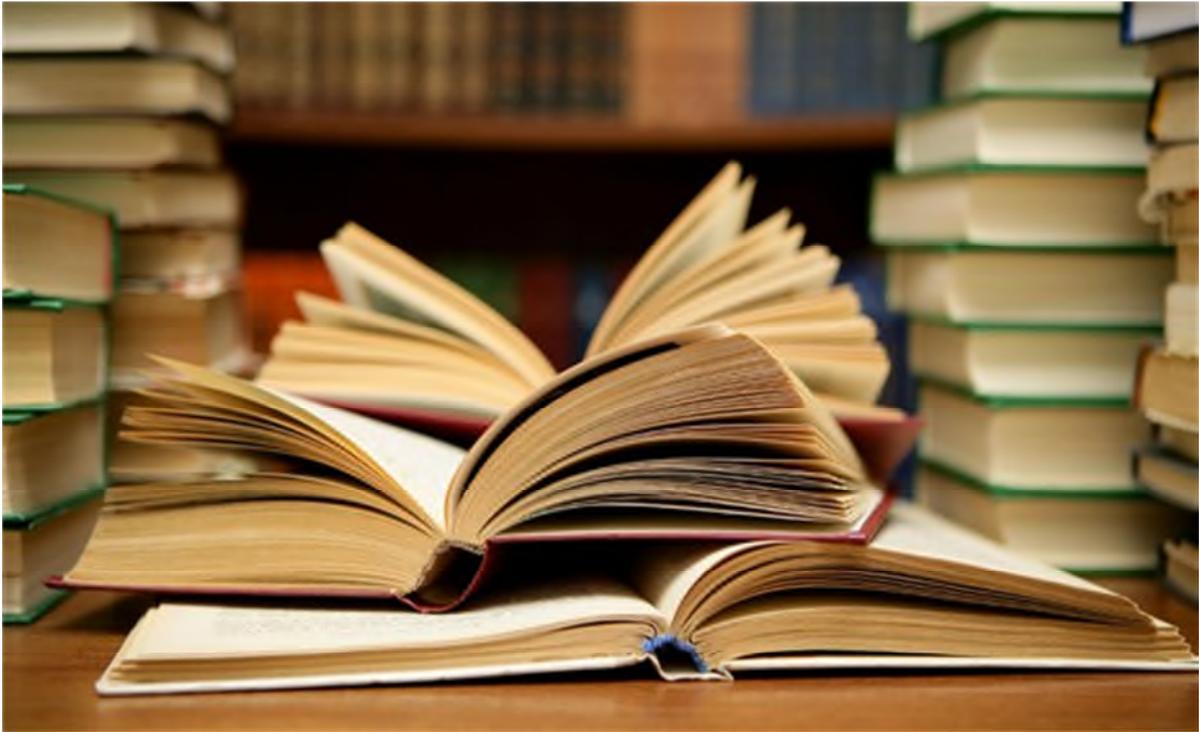
Parmi ces dérivés laitiers, figure le yaourt qui est le lait fermenté issu de l'action de deux bactéries lactiques *Lactobacillus delbrueckii sub sp bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Il est le produit laitier le plus connu et le plus consommé en raison de son importance nutritionnelle. Il est aussi apprécié pour ses propriétés organoleptiques telles que la texture, l'arôme et la saveur, qui constituent des critères de qualité déterminant l'acceptabilité et les préférences des consommateurs (**Bottazzi, 1973**).

Très souvent, pour la préparation du yaourt, le lait est additionné de diverses matières premières à différents taux. Cependant, la variabilité des matières premières a sans doute un impact sur l'ensemble des caractères qui détermine la qualité finale du yaourt, à savoir la qualité hygiénique, physicochimique, microbiologique, nutritionnelle et organoleptique (**Alimentarius, 2007**).

Le produit fini doit donc répondre, d'une part, à des critères de pureté et de stabilité bien précis conformément aux normes requises par l'entreprise pour protéger le consommateur et d'autre part, répondre aux exigences demandées par ce dernier (**Delacharlerie et al., 2009**).

C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude, réalisée au sein de la laiterie Danone Djurdjura Algérie, qui a pour objectif d'étudier les différents paramètres physicochimiques et microbiologiques du yaourt étuvé « Yaoumi » à différents niveaux de production et au cours du stockage jusqu'à sa DLC.

Synthèse bibliographique



I. Définition du yaourt :

Le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à partir du lait pasteurisé, concentré, partiellement écrémé enrichi en extrait sec. Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance. Plus précisément, la réglementation française fixe la quantité minimum à 10^7 bactéries/g de produit (HAL, 1997).

II. Technologie de fabrication du yaourt :

1. Les différents types du yaourt :

Il existe une très grande variété de yaourts qui diffèrent par leur composition chimique, leur technologie de fabrication et leur saveur (Tamime et Robinson, 2006). Selon Lamontagne (2002), les yaourts peuvent être classés en plusieurs types :

- Type ferme, dont la fermentation a lieu en pots, ce sont généralement des yaourts naturels et aromatisés
- Type brassé, dont la fermentation a lieu en cuves avant le conditionnement, ce sont généralement des yaourts brassés naturels et aux fruits.
- Type à boire, dont leur texture est liquide similaire au type brassé mais le coagulum est réduit à l'état liquide.

2. Processus de fabrication :

2.1. Préparation et traitement du lait :

Le lait subit différents traitements physiques, comme la pré-pasteurisation à $75^{\circ}\text{C}/4-5$ secondes permettant de prolonger la durée de stockage dans les tanks, et l'écrémage par centrifugation permettant de prélever la crème fraîche utilisée pour l'enrichissement de divers produits et récupérer un lait écrémé afin de faciliter l'enrichissement (Lamontagne, 2002).

2.2. Standardisation du lait :

En fabrication de yaourt, il est nécessaire de standardiser le lait en matière grasse et de l'enrichir en matière protéique pour répondre aux spécifications nutritionnelles et organoleptiques des produits. Un ajout de sucre est parfois réalisé à ce stade à des fins gustatives (Luquet et Carrieu, 2005).

Le gras joue un rôle dans la concentration en matière sèches ainsi que dans la qualité organoleptique du produit, car il a un effet sur l'onctuosité et la sensation de douceur en bouche, masque l'acidité et améliore la saveur (**Lamontagne, 2002 ; Jeantet et al., 2008**).

La teneur en matière grasse du yaourt est variable, généralement elle est ajustée de sorte que le produit entre dans l'une des catégories ci-après :

- Yaourt entier : au minimum 3% (en poids) de matière grasse.
- Yaourt partiellement écrémé : moins de 3% de matière grasse.
- Yaourt écrémé : au maximum 0.5% de matière grasse.

Il est donc nécessaire de standardiser le lait de fabrication à la teneur en matière grasse souhaitée. Pour ce faire, le lait est d'abord écrémé puis mélangé avec la crème dans les proportions souhaitées. Dans certains cas, la matière grasse laitière anhydre (MGLA) peut remplacer la crème fraîche (**Béal et Sodini, 2003**).

Les protéines, par leur coagulation et leur capacité de liaison avec l'eau, agissent sur la texture particulièrement sur la viscosité, la consistance, l'élasticité et la fermeté du yaourt. (**Lamontagne, 2002**)

2.3. Homogénéisation :

L'homogénéisation a principalement des effets sur deux composantes du lait : les matières grasses et les protéines.

- Effet sur la matière grasse: l'homogénéisation réduit la taille des globules gras et empêche la séparation entre le gras et le reste du mélange évitant ainsi la remontée de la crème à la surface durant la fermentation et confère un aspect plus blanc et uniforme au produit fini (**Jeantet et al., 2008**).
- Effet sur les protéines: l'utilisation d'une ultra-haute pression provoque la dénaturation des protéines de lactosérum ainsi qu'une rupture partielle de la caséine, ce qui conduit à une augmentation de la viscosité du lait et par conséquent celle du yaourt en lui conférant une meilleure stabilité des protéines et réduisant l'exsudation du sérum lors du stockage (**Lee et Lucey, 2010**).

2.4. Traitement thermique :

Le lait enrichi subit un traitement thermique, le barème le plus couramment utilisé est de 90-95°C pendant 3 à 5 minutes (**Mahaut et al., 2000 ; Kora, 2004**).

Le premier but du traitement thermique est d'assurer l'innocuité du produit suite à la destruction des microorganismes pathogènes (**Lamontagne, 2002**).

Il crée des conditions favorables au développement des bactéries lactiques, par la dégradation partielle des protéines du lait qui stimulent l'activité des ferments et par l'inactivation des inhibiteurs de croissances tels que les lactoperoxydases ainsi que l'expulsion de l'oxygène à partir du lait qui sont bénéfiques pour la croissance des ferments (**Britz et Robinson, 2008 ; Lee et Lucey, 2010**).

Il 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. Enfin, il modifie les équilibres salins, en entraînant une augmentation de la taille des micelles de caséines et de leur stabilité (**Mahaut et al., 2000**).

Au niveau rhéologique, ces modifications se traduisent par une augmentation de la fermeté du coagulum acidifié et une réduction de l'expulsion de sérum au cours du stockage (**Jensen, 1985**).

2.5. Refroidissement :

Immédiatement après le traitement thermique, le lait recombinaé est refroidi à une température de 4-6°C (**Protocole DANONE**).

2.6. Ensemencement :

L'ensemencement direct à partir de bactéries lactiques concentrées (lyophilisées ou congelées) se fait à des taux de l'ordre de 0,03 %. Les deux espèces *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* vivent en symbiose. Lors de leur croissance, elles dégradent le lactose en acide lactique, entraînant une baisse du pH et la gélification du lait avec des modifications structurales irréversibles (**Luquet, 1985 ; Mahaut et al., 2000**).

2.7. Conditionnement :

Le lait reconstitué ainsi ensemencé est amené à une température généralement voisine de 45°C par passage à travers des réchauffeurs à plaques (**Luquet et Carrieu, 2005**).

Après alimentation de la machine en plastique, celui-ci sera chauffé par une plaque chauffante, cette opération stérilise le plastique tout en contribuant au thermoformage qui s'effectue à 140°C. Ensuite, il y a le remplissage et l'incorporation d'arômes par les doseurs, puis la fermeture hermétique des pots par thermoscellage et le datage, enfin le découpage en packs. Les matériaux d'emballage en plastique doivent résister à l'acidité, éviter la perte

d'arômes et être imperméables à l'oxygène pour empêcher la croissance des levures et moisissures pendant la conservation (**Brulé, 2003**).

2.8. Etuvage :

Les palettes des yaourts conditionnés sont acheminées vers une chambre chaude pour incubation qui dure environ entre 2h30 à 3h30 à une température comprise entre 37 à 38°C (**protocole DANONE**).

Lors du processus de fermentation, le lactose est principalement métabolisé en acide lactique par *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. La fermentation lactique est l'étape clé permettant la formation du réseau caséique du yaourt. Le caillé obtenu dans ces conditions doit être ferme, lisse et sans exsudation de sérum.

2.9. Arrêt de fermentation :

Une fois l'acidité attendue est atteinte, les pots de yaourt sont alors immédiatement sortis des locaux d'étuvage, refroidis le plus rapidement possible à la température de 0 à 3°C pendant 2h, ce qui a pour but d'arrêter l'acidification par inhibition des bactéries lactiques (**Lucey, 2002**).

2.10. Stockage :

Les yaourts, conditionnés dans des pots sont maintenus à basse température (chambre froide à 4°C) pendant leur stockage, transport et distribution.

A ce stade, ils sont prêts à être consommés, la durée limite de leur consommation est de 28 jours (**Luquet et Carrieu, 2005 ; Paci Kora, 2004**).

Si le maintien des yaourts au froid empêche la multiplication bactérienne, il n'arrête pas complètement leur activité métabolique. Bien que lente, la production d'acide lactique se poursuit, ce qui s'appelle « post-acidification » qui se traduit par une légère baisse du pH. De plus, des enzymes hydrolysent les protéines avec, comme conséquences, une diminution de la fermeté et de la viscosité et l'apparition de peptides à goût amer (**Tamime et Robinson, 2007**).

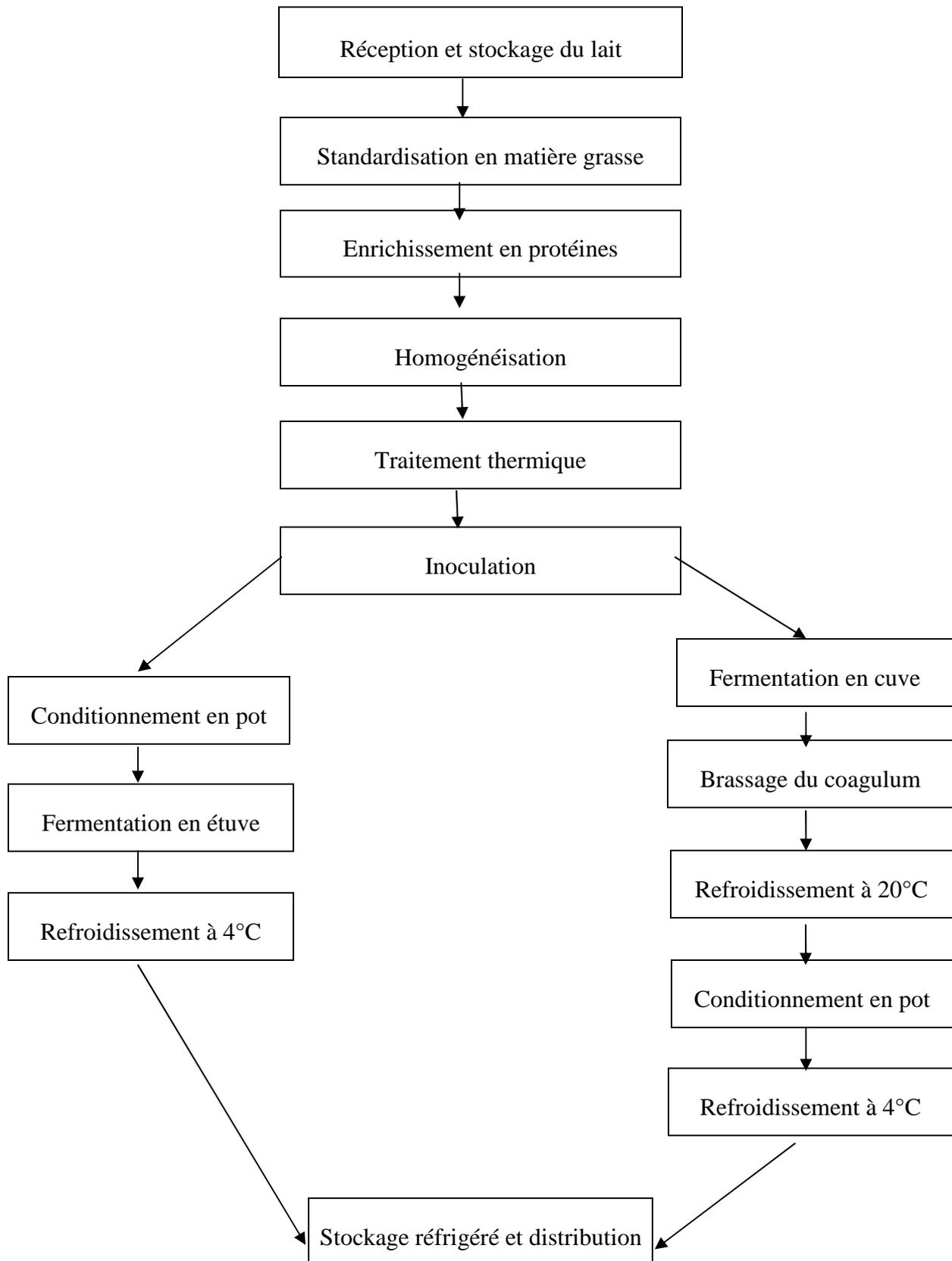


Fig. 1 : Diagramme général de fabrication des yaourts et des laits fermentés (Béal et Sodini, 2012).

III. Les intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt :

Un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait :

- Protéines : 4 à 5%.
- Lipides à un taux variable.
- Glucides : 5 à 20% selon qu'il est nature ou sucré.

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modification. Certaines de ces modifications en font un produit de meilleure valeur nutritionnelle que le lait.

Selon la littérature scientifique, les effets bénéfiques sur la santé se résument comme suit :

➤ Amélioration de l'absorption du lactose :

La présence de bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase. Les ferments lactiques synthétisent la β -galactosidase capable d'hydrolyser le lactose, cette enzyme serait libéré dans l'intestin grêle et garderait une activité permettant l'hydrolyse du lactose pendant au moins deux heures (**Jeantet et al., 2008**).

➤ Activité antimicrobienne :

Le yaourt joue un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales. Son intérêt est dû aux bactéries lactiques qui produisent des substances antimicrobiennes. L'effet antimicrobien principal exercé par ces bactéries résulte de la production d'acides organiques principalement l'acide lactique, qui conduit à la diminution du pH inhibant le développement de microorganismes pathogènes (**Jeantet et al., 2008**).

En plus de l'acide lactique, les bactéries lactiques ont la capacité de synthétiser d'autres métabolites notamment le peroxyde d'hydrogène, le diacétyle et les bactériocines (**Ababsa, 2012**), elles jouent le rôle de bioconservation du produit (**Mahaut et al., 2000**).

➤ Stimulation du système immunitaire :

Le yaourt exerce via les bactéries probiotiques (lactobacilles ou bifidobactéries) un effet immunorégulateur (régulation de la fonction immunitaire), sa consommation entraîne la production d'interférons et d'immunoglobulines, ainsi que l'activation des lymphocytes B (**Jeantet et al., 2008**).

➤ Action préventive contre les cancers de la sphère digestive :

Les lactobacilles modifieraient les enzymes bactériennes à l'origine des carcinogènes (inducteurs du cancer) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation de ces substance précancéreuses (**Jeantet et al., 2008**).

➤ Action anticholesterolemiant :

Le taux élevé de cholestérol dans le plasma est souvent associé à l'apparition de maladies cardio-vasculaires. Il a été rapporté que le taux de cholestérol sérique diminue suite à la consommation de produits laitiers fermentés, malgré un apport alimentaire important en cholestérol (**Jeantet et al., 2008**).

➤ Amélioration de la digestibilité des protéines :

Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait *in vitro* avant fermentation et contient deux fois plus d'acides aminés libres : cette propriété résulte du traitement thermique, de l'acidification et de l'activité protéolytique des bactéries lactiques (**Mahaut et al., 2000**).

➤ Amélioration de la digestibilité des matières grasses :

Bien que l'activité lipolytique des bactéries lactiques soit peu élevée, il y a une augmentation significative de la teneur en acide gras dans le yaourt. De plus, l'homogénéisation améliore la digestibilité en augmentant la surface des globules gras (**Jeantet et al., 2008**).

Ces différentes observations montrent que le yaourt possède des propriétés nutritionnelles et physiologiques particulièrement intéressantes.

IV. La flore d'altération et pathogène du yaourt :

1. La flore totale aérobie mésophile :

Il s'agit de l'ensemble des microorganismes (pathogènes ou d'altération variés) capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance comprises entre 20°C et 45°C.

Le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile reste la meilleure méthode permettant d'estimer l'indice de salubrité et de qualité des aliments dans le contrôle industriel. Un aliment dont la flore totale est trop élevée montrera de mauvaises conditions de conservation et sera considéré comme impropre à la consommation (**Verne-bourdaïs et al., 2002**).

2. Les coliformes totaux et fécaux :

Selon la norme **ISO 4831 de juillet 1991**, le terme coliforme correspond à des microorganismes en bâtonnets, non sporulés, Gram négatif, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatives. Leur température de croissance est de 37°C.

On entend par le terme coliformes thermotolérants (coliformes fécaux), l'ensemble des coliformes fermentant le lactose avec production de gaz à 44°C. Ils sont des microorganismes indicateurs d'une pollution d'origine fécale humaine ou animale (**Joffin et Joffin, 2003**).

3. *Staphylococcus aureus* :

Les bactéries du genre *Staphylococcus* appartiennent à la famille des *Staphylococcaceae*, elles sont des coques à Gram positif, immobiles, non sporulés, catalase positive et oxydase négative, leur température optimale de croissance est de 37°C (**Lebres, 2002**). L'espèce *Staphylococcus aureus* doit être recherchée dans la majorité des produits laitiers (**Gledel, 1988**). Le pouvoir pathogène de *Staphylococcus aureus* est dû à des toxines (hémolysine, leucocidines et entérotoxines) causant des intoxications alimentaires. Donc leur recherche permet de savoir si le produit alimentaire présente un risque ou non pour le consommateur (**Guiraud, 1998**).

4. Les salmonelles :

Le genre *Salmonella*, qui appartient à la famille des *Enterobacteriaceae* est caractérisé par des bacilles à coloration de Gram négative, non sporulé, la plupart du temps doués d'une mobilité grâce à des flagelles péritriches (à l'exception de *Salmonella Gallinarum*). Ils sont aéro-anaérobies facultatif, fermentent le glucose en acide et produisent du gaz à partir du glucose (sauf *Salmonella Typhi*), elles sont catalase positive et oxydase négative. Elles provoquent des toxi-infections alimentaires, elles sont responsables des salmonelloses (**Gledel, 1999**).

5. *Clostridium* sulfito-réducteurs :

Ils font partis de la famille des *Clostridiaceae*, Gram positif anaérobies stricts et catalase négative, leur présence dans l'aliment est un indicateur de contamination fécale éventuellement ancienne. Leur présence dans les produits laitiers cause des intoxications alimentaires (**Joffin et Joffin, 2003**).

6. Les levures et moisissures :

Les levures sont des micro-organismes largement utilisés aux procédés de production de produits laitiers et pour la production de certains laits fermentés. Elles interviennent essentiellement par production d'éthanol. Par leurs enzymes protéolytiques et lipolytiques, elles jouent un rôle dans la formation de l'arôme. La présence de levures à la surface des yaourts sont l'indice d'une pollution qui déprécie l'aspect et le goût des produits (**Branger, 2012**).

Les moisissures intéressent un grand nombre de produits laitiers, elles diminuent leur qualité organoleptique. Bien que très généralement sans danger du fait de l'absence de mycotoxines, les produits sur lesquels elles prolifèrent sont le plus souvent considérés comme impropres à la consommation.

V. Accidents de fabrication :

Comme l'élaboration du yaourt fait intervenir plusieurs étapes clés où la fermentation et la formation du gel doivent être minutieusement dirigées et surveillées, il est fréquent que des altérations de goût, d'apparence et de texture (Tableau I) apparaissent et dont certaines sont préjudiciables à la qualité finale du produit (**Luquet, 1985**).

Tableau I : Principaux défauts de goût, de texture et d'apparence rencontrés dans la fabrication des yaourts

Nature	Causes
Amertume	Trop longue conservation; Activité protéolytique trop forte des ferments.
Gout levuré, Alcool	Contamination par des levures.
Manque d'acidité	Taux d'ensemencement trop faible, incubation trop courte ou à basse températures.
Trop d'acidité	Taux d'ensemencement trop fort, incubation trop longue ou à température trop élevée; Refroidissement trop lent; Conservation à trop haute température.
Gout farineux de poudre	Poudrage trop poussé.
Gout de cuit	Traitement thermique trop sévère.
Gout gras	Teneur en matière grasse trop élevée.

Synthèse bibliographique

Décaillage	Agitation ou vibration pendant le transport
Manque de fermeté	Ensemencement trop faible; temps et/ou température d'incubation trop faible; agitation avant coagulation.
Trop filant	Mauvais ferment (trop filant); température d'incubation trop faible.
Texture granuleuse	Teneur en matière grasse trop élevée; mauvais choix des ferments.
Décantation, synérèse	Post acidification; température trop élevée pendant le stockage; conservation trop longue; refroidissement trop faible; agitation des yaourts; teneur en matière sèche trop faible.
Production de gaz	Contamination par des levures et coliformes.
Colonies en surface	Contamination par des levures et moisissures.
Produit sur le couvercle	Mauvaise manutention.

Partie expérimentale



Matériel et méthodes

I. Origine et prélèvement des échantillons

L'échantillon analysé doit être bien représentatif du produit et doit être prélevé de manière aseptique, transmis au laboratoire d'analyse et conservé dans de bonnes conditions afin d'éviter toute détérioration et toute modification de la composition, ainsi que toute contamination due au manipulateur ou à l'environnement. Le matériel de prélèvement et les récipients destinés à recevoir l'échantillon doivent être propres et stériles.

Dans ce travail, les prélèvements ont été réalisés à différents niveaux de fabrication du yaourt :

1. Prélèvement des matières premières

- **La poudre de lait** : le prélèvement de la poudre de lait (PDL) s'effectue à partir du big stocké à l'hangar. Un flambeau (ciseau enroulé de coton, imbibé d'alcool et enflammé) est approché aux alentours de la zone de prélèvement puis ce dernier est réalisé à l'aide d'une louche stérile et le contenu est versé dans un sac stérile (500g).
- **La matière grasse laitière anhydre** : la matière grasse laitière anhydre (MGLA) destinée pour l'analyse est préalablement liquéfiée, le prélèvement est effectué, dans une zone stérilisée par le flambeau, en utilisant une seringue stérile (50 ml). Le contenu de cette dernière est versé dans un flacon en plastique stérile (1l).
- **Aromes** : le prélèvement est effectué dans les mêmes conditions que la MGLA.
- **Eau de poudrage** : l'eau de poudrage se trouve dans des cuves munies d'un système de désinfection à vapeur d'eau. Le prélèvement se fait par remplissage d'un flacon d'un litre après avoir ouvert et désinfecter l'échantillonneur.

2. Prélèvements au niveau du process

Les échantillons du tank lait étuvé (TLE) et tank yaourt étuvé (TYE) sont prélevés directement à partir des tanks. Ces derniers sont équipés de vannes d'échantillonnage avec un système d'alimentation en eau pour leur rinçage et en vapeur pour la désinfection. Il est recommandé de laisser couler le produit pour éviter le mouillage, puis remplir les flacons stériles (25 ml). Les vannes sont rincées à l'eau et désinfectées par la vapeur d'eau avant et après prélèvement.

3. Prélèvement au niveau des conditionneuses

Des pots de yaourt sont pris sur ligne et sont destinés pour analyse physicochimique et microbiologique immédiate.

4. Prélèvement du produit fini

Après conditionnement, des pots du yaourt sont mis dans la chambre de maturation (37-38°C pendant 2h30-3h) puis stockés dans la chambre de DLC (4-6°C pendant 24±6h). Ensuite, des pots de yaourt sont pris de la chambre DLC, puis gardés au réfrigérateur à 4-6°C pour des analyses à différents temps après production (J+1 ; J+14 ; J+21 et DLC+2).

II. Analyse physicochimique

Les analyses physico-chimiques d'un produit sont réalisées afin de garantir les caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques de ce dernier. Elles sont dans certains cas, communes aussi bien pour la matière première que pour le produit fini.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées comme suit :

1. Les matières premières

1.1. Mesure du pH

Le pH est en relation étroite avec la concentration des ions hydrogènes (H^+) et ions hydroxydes (OH^-) présents dans une solution. Ces ions confèrent au milieu son caractère acide ou basique. La mesure du pH est faite à l'aide d'un pH-mètre (HANNA, pH 210).

✓ Mode opératoire

- **La poudre du lait** : 10 g de la PDL ont été pesés et mis dans un erlenmeyer et dissous dans de l'eau distillée. L'échantillon est mis sous agitation pendant quelques minutes puis ajustés à 100 ml, la sonde de température et l'électrode du pH-mètre (préalablement étalonné avec les solutions pH=4 et pH=7) sont plongés dans l'erlenmeyer. On note directement la valeur qui s'affiche sur l'écran du pH-mètre après sa stabilisation.
- **L'eau de poudrage** : On plonge la sonde de température et l'électrode du pH-mètre dans le béccher ou le flacon contenant l'échantillon à analyser, en réalisant une légère rotation pour bien l'homogénéiser. La valeur est lue après stabilisation du pH-mètre.

1.2. Détermination de l'acidité Dornic

Il s'agit d'un titrage de l'acide lactique contenu dans la PDL par une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (1/9N). Tous les produits chimiques utilisés dans ce travail sont de marque Sigma-Aldrich (Allemagne).

✓ Mode opératoire

Un échantillon de lait reconstitué à 10 % est préparé dans les mêmes conditions précédentes, la titration est effectuée avec le NaOH 0,1N tout en mesurant le pH et on

l'arrête une fois ce dernier atteint 8,4 (zone de virage de la phénolphtaléine 1%, d'incolore à rose) (NF V 04-349).

✓ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en degrés Dornic (°D) en utilisant la formule suivante:

$$\text{Acidité Dornic} = \frac{\text{Cb.N}}{\text{PE}} \cdot \text{Meq.10}$$

Avec :

Cb : Chute de burette (ml)

N : Normalité de la solution (mol/l)

PE : Prise d'essai de l'échantillon (ml)

Meq : Masse équivalente de l'acide lactique (Meq= 90 g/mol)

1.3. Détermination du taux d'humidité de la poudre du lait

Elle consiste en la mesure de la quantité d'eau contenue dans la PDL par évaporation d'eau de la prise d'essai dans une étuve à une température de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ et peser le résidu.

✓ Mode opératoire

La capsule a été séchée et pesée à vide "P₀", puis 2 g de la PDL ont été ajoutés et la capsule est repesée à nouveau "P₁", elle est ensuite mise dans l'étuve à 103°C. Après 3h de séchage, elle est retirée de l'étuve et est mise dans un dessiccateur contenant le gel de silice (pour absorber l'humidité). Elle est laissée refroidir puis pesée à nouveau, c'est le "P₂" (NF V 04-348).

✓ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en pourcentage (%) avec la formule ci-dessous :

$$\text{Teneur en matières sèches (\%)} = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \cdot 100$$

Avec :

P₀ : Poids de la capsule vide avec le couvercle (g)

P₁ : Poids de la capsule avec l'échantillon (g)

P₂ : Poids de la capsule après le séchage (g)

Le taux d'humidité de la poudre du lait est obtenu avec la formule suivante :

$$\text{Taux d'humidité (\%)} = 100 - \text{la teneur en matière sèche}$$

1.4. Détermination de la teneur en eau de la matière grasse

Elle consiste en un séchage à l'étuve à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ pour éliminer l'eau et les matières volatiles se trouvant dans la MGLA.

✓ Mode opératoire

Un bécher a été séché et pesé étant vide "B₀", puis 5 g de la MGLA ont été mis dans le bécher et il est repesé, on note "B₁". Le bécher est mis dans l'étuve à 103°C pendant 2h, puis retiré et repesé obtenant ainsi le "B₂". Ensuite, il est remis à l'étuve pendant 30 min et repesé à nouveau. Cette opération est répétée jusqu'à avoir une augmentation de poids puis on prend la dernière pesée avant cette augmentation (NA 272).

✓ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en pourcentage (%).

$$\text{Teneur en eau} = \frac{B_1 - B_2}{B_1 - B_0} \times 100$$

Avec :

B₀ : Poids du bécher vide (g)

B₁ : Poids du bécher + la prise d'essai (g)

B₂ : Poids du bécher+ la prise d'essai après séchage (g)

1.5. Détermination de la conductivité de l'eau de poudrage

Elle consiste en la mesure du courant électrique conduit dans l'eau par les minéraux qui s'y trouvent. La mesure est effectuée à 25°C à l'aide d'un conductimètre (HANNA, EC 215).

✓ Mode opératoire

La sonde du conductimètre a été rincée avec de l'eau distillée puis plongée dans le flacon ou le bécher contenant l'eau à analyser. La valeur est lue directement après la stabilisation du conductimètre (NA 749).

✓ Expression des résultats

La valeur est exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{s/cm}$).

1.6. Détermination du titre hydrotimétrique (TH)

Elle est réalisée par titrage du calcium et du magnésium avec une solution du sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA), à un pH = 10 et en présence de l'indicateur de couleur qui est le noir erichrome T (NET). Le milieu vire du rouge bordeaux au bleu clair.

✓ Mode opératoire

25 ml de l'eau à analyser ont été prélevés et additionnés de 25 ml d'eau distillée. Ensuite, 4 ml du tampon ammoniacal (pH = 10) et une pincée du NET ont été ajoutés, puis la titration est réalisée avec l'EDTA 0,02N jusqu'à virage de couleur du milieu vers le bleu clair (NA 752).

✓ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en mg de CaCO₃ par litre d'eau ou en degré Français (°F) en utilisant la formule suivante :

$$\text{TH} = \frac{\text{Cb. N}}{\text{PE}} \text{ Meq.100}$$

Avec :

TH : Dureté totale (mg/l)

Cb : Chute de burette (ml)

N : Normalité de la solution d'EDTA (mol/l)

PE : Prise d'essai de l'échantillon (ml)

Meq : masse équivalente de CaCO₃ (Meq = 50 g/mol)

1°F = 10 mg CaCO₃

1.7. Détermination du titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)

Le TA permet de connaître les teneurs de l'eau en carbonates (CO₃²⁻) et en bases fortes, il s'exprime en °F tel que 1°F représente 3,4 mg/l d'ions hydroxyle (OH⁻) et 6,0 mg/l d'ions carbonates (CO₃²⁻) et 12,2 mg/l d'ions hydrogénocarbonates (HCO₃⁻).

Le TAC est une grandeur utilisée pour mesurer le taux d'hydroxydes de carbonates et de bicarbonates d'une eau, tel que 1°F représente 10 mg de carbonates de calcium ou calcaire (CaCO₃).

Quand le pH d'une eau est inférieur à 8,3, celle-ci ne renferme plus de carbonates ou de bases fortes et donc on ne calcule que le TAC. La mesure se fait par titration de l'eau par une solution d'acide sulfurique (H₂SO₄) en présence de l'indicateur de couleur qui est le méthyl orange.

La couleur du milieu vire de l'orange au rouge orangé.

✓ Mode opératoire

25 ml de l'eau à analyser ont été prélevés et additionnés de 25 ml d'eau distillée et 4ml de l'indicateur méthyle orange à 0,5 %, ensuite la titration est réalisée avec une solution d' H_2SO_4 jusqu'à virage de la couleur du milieu.

✓ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en mg de HCO_3^- par litre d'eau.

$$\text{TAC} = \frac{\text{Cb. N}}{\text{PE}} \text{ Meq.1000}$$

Avec :

TAC : Titre alcalimétrique complet (mg/l)

Cb : Chute de burette (ml)

N : Normalité de la solution d' H_2SO_4 (g/mol)

PE : Prise d'essai de l'échantillon (ml)

Meq : Masse équivalente de HCO_3^- (Meq = 61 g/mol)

1.8. Détermination du taux de chlorure

Elle consiste en le dosage des chlorures contenus dans l'eau en utilisant un indicateur de couleur qui est le chromate de potassium (K_2CrO_4), la titration se fait par une solution de nitrate d'argent (AgNO_3).

✓ Mode opératoire

25 ml d'eau à analyser ont été prélevés et ajustés jusqu'à 100 ml avec de l'eau distillée. Ensuite 2 ml de l'indicateur K_2CrO_4 à 10 % sont ajoutés et la titration est effectuée avec une solution de AgNO_3 à 0,01 N jusqu'à apparition d'une couleur brunâtre.

✓ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en mg de Cl^- par litre d'eau.

$$[\text{Cl}^-] = \frac{\text{Cb. N}}{\text{PE}} \text{ Meq.1000}$$

Avec :

Cb : Chute de burette (ml)

N : Normalité d' AgNO_3 (g/mol)

PE : Prise d'essai de l'échantillon (ml)

Meq : Masse équivalente de Cl⁻ (Meq = 35,5 g/mol)

1.9. Détermination de la densité de l'arôme

Elle consiste en la mesure du poids de l'échantillon par rapport au poids de l'eau. La mesure se fait grâce à un pycnomètre.

✓ Mode opératoire

Un pycnomètre a été séché et pesé étant vide, on note "P₀". Puis, il a été rempli avec de l'eau distillée et pesé "P_e". Enfin, il a été à nouveau séché puis rempli avec l'arôme à analyser et pesé, c'est le "P_{ech}".

✓ Expression des résultats

On prend 4 chiffres après la virgule

$$\text{Densité} = \frac{P_{\text{ech}} - P_0}{P_e - P_0}$$

Avec :

P₀ : Poids du pycnomètre vide (g)

P_e : Poids du pycnomètre rempli d'eau (g)

P_{ech} : Poids du pycnomètre rempli d'arôme (g)

2. Produit semi fini

On désigne par ce terme, le yaourt qui se trouve aux différents niveaux de production, à savoir : le tank de lait étuvé (TLE), le tank du yaourt étuvé (TYE) et la conditionneuse.

2.1. Détermination des taux des protéines et de la matière grasse

La mesure est faite par l'appareil Milko Scan FT120 (FOSS) qui est un spectrophotomètre à FTIR (Fourier Transformed Infrared Spectroscopy) automatique, conçu pour la mesure des paramètres physico-chimiques (taux de protéines, taux de MG, EST, ESD, Lactose) des produits liquides au cours de fabrication.

Il est composé de deux parties, une unité de mesure et un ordinateur qui contrôle le fonctionnement. L'appareil aspire en deux fois 5 ml du produit puis les rayonnements infrarouges vont pénétrer la cuvette contenant le produit aspiré pour donner la moyenne des deux mesures, qui va s'afficher sur l'écran de l'ordinateur.

✓ **Mode opératoire**

La sonde de l'appareil a été plongée dans le flacon ou le pot du yaourt, préalablement chauffé à 40°C au bain marie et bien homogénéisé. On clique sur la touche « démarrer » de l'ordinateur et on attend la fin de l'analyse.

✓ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en pourcentage (%).

2.2. Détermination de l'extrait sec total (EST)

Elle consiste en l'évaporation de l'eau contenue dans l'échantillon à une température de 105°C pendant 15 min pour n'avoir que la matière sèche. La mesure est faite à l'aide d'un dessiccateur (SARTORIUS, MA 35).

✓ **Mode opératoire**

3 g du produit à analyser ont été prélevés et étalés sur une coupelle, cette dernière est déposée sur le support de la coupelle du dessiccateur. Le capot de l'appareil est baissé et l'analyse est lancée en appuyant sur la touche « START » du dessiccateur. L'appareil s'arrêtera automatiquement à la fin de l'analyse.

✓ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en pourcentage (%).

3. Produit fini

On désigne par ce terme, le yaourt conditionné dans des pots et étuvé.

3.1. Suivi de l'évolution du pH au cours du stockage

Des mesures de pH dans les mêmes conditions précédentes (eau de poudrage) ont été effectuées à J+1, J+14, J+21 et DLC+2 afin d'évaluer la variation du pH au cours du stockage.

3.2. Suivi de la viscosité au cours du stockage

La viscosité représente la résistance à la déformation sous l'effet d'un stress de cisaillement. La viscosité est donc une grandeur physique qui exprime la capacité d'un corps à s'opposer au cisaillement (**Luquet et Carrieu, 2005**).

La mesure est réalisée à l'aide d'un viscosimètre rotatif (Anton paar, RhéolabQC), le pendule tourne à une vitesse de 2,5 tours/seconde pendant 45 secondes, les résultats sont affichés sur l'écran de l'appareil.

✓ Mode opératoire

Le pendule et la sonde de température ont été plongés dans le pot du yaourt après avoir choisi le programme approprié au yaourt étuvé, l'analyse est lancée en appuyant sur la touche « ENTER ».

✓ Expression des résultats

Les résultats ont exprimés en centipoises (Cp).

III. Analyse microbiologique

L'objectif de l'analyse microbiologique est d'une part, la recherche ou la quantification d'un certain nombre de germes indicateurs d'un ou plusieurs problèmes lors du procédé de fabrication ou présentant un danger pour la santé humaine. D'autre part, elle permet l'évaluation de la propreté des surfaces de travail, la bonne hygiène des opérateurs ou encore la qualité de tout ingrédient entrant dans le procédé de fabrication. C'est donc l'analyse microbiologique qui permettra de vérifier que le produit ne présente pas de risque pour la santé du consommateur lors de sa mise sur le marché.

1. Les matières premières

1.1. La poudre du lait

Une solution mère a été préparée par mise en suspension de 10 g de PDL dans 90 ml de K_2HPO_4 stérile. Ensuite des dilutions 10^{-1} et 10^{-2} ont été réalisées. 1 ml de la solution mère et des dilutions précédentes ont été prélevés et ensemencés en masse à raison de deux boîtes par dilution.

• Dénombrement de la flore totale

La gélose PCA préalablement fondue et refroidie à $45^\circ C$ a été coulée dans les boîtes de pétri. Après homogénéisation et solidification de la gélose, les boîtes sont incubées à $30^\circ C$ pendant 4 jours (ISO 4833). Tous les milieux de culture utilisés dans ce travail sont de marque Biokar (France).

Le calcul du nombre de colonies est fait à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \frac{\sum C}{(n_1 + 0.1n_2) d}$$

Avec :

N : Nombre de colonies

$\sum C$: Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues

n_1 : Nombre de boîtes retenues à la première dilution

n_2 : Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution

d : Taux de dilution correspondant à la première dilution retenue.

- **Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

La gélose VRBL a été ensemencée en masse dans les mêmes conditions précédentes. L'incubation a été faite pendant 24 /48h à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux (ISO 4832).

Les coliformes totaux et fécaux se présentent sous forme de colonies de couleur violacées.

- **Recherche et dénombrement des levures et moisissures**

La gélose Saboraud est ensemencée dans les mêmes conditions citées ci-dessus et incubée à 25°C pendant 5 jours (ISO 7954).

La présence de levures est indiquée par la formation de colonies ovoïdes, lisses de couleur blanchâtre, tandis que les moisissures se présentent sous forme de grandes colonies caractéristiques de couleur variable.

- **Recherche des *Staphylococcus aureus***

La gélose Baird-Parker additionnée du jaune d'œuf et du tellurite de potassium est ensemencée en masse comme citée précédemment. Après solidification de la gélose, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24/48h (ISO 6888-1).

Staphylococcus aureus donne des colonies noires entourées d'un halo clair.

- **Dénombrement des germes sporulés mésophiles et thermotolérants**

10 ml de la dilution 10^{-2} ont été chauffés à 80°C pendant 10 min afin d'éliminer les bactéries à l'état végétatif et activer la spore, puis refroidi immédiatement. Après refroidissement, quatre boîtes ont été ensemencées en masse avec 1 ml chacune en utilisant la gélose PCA (2 boîtes pour les mésophiles et 2 boîtes pour les thermotolérants). Après solidification de la gélose, les boîtes sont incubées pendant 4 jours à 30°C pour la flore sporulée mésophile et à 55°C pour la flore sporulée thermo tolérante (ISO 4833).

- **Dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs**

1 ml de la solution mère a été introduit dans un tube à essai, et chauffé à 80°C pendant 10 min, puis refroidi immédiatement. Par la suite, la gélose VF a été ajoutée au tube jusqu'à remplissage complet pour assurer l'anaérobiose. Après homogénéisation, le tube a été incubé à 37°C pendant 48h.

1.2. Matière grasse laitière anhydre

La recherche et le dénombrement de la FTAM, coliformes, levures et moisissures et les *Staphylococcus aureus* sont réalisés dans les mêmes conditions citées ci-dessous.

✓ Mode opératoire

10 g de la matière grasse (MGLA) ont été introduits aseptiquement dans 90 ml de diluant (TS, bouillon nutritif ou eau péptonnée) et chauffés dans un bain marie à 45°C pendant 30 min. Après agitation, la phase aqueuse de l'échantillon est prélevée et répartie en 4 séries de 10 boîtes à raison de 1 ml par boîte, ensuite les séries de boîtes ont étéensemencées en masse en utilisant la gélose appropriée à la flore recherchée pour chaque série. L'incubation des boîtes a été faite à différentes températures (**voir tableau XVI, annexe V**).

- **Dénombrement des germes sporulés mésophiles et thermotolérants**

1 ml de la phase aqueuse de la MGLA a subi un traitement thermique comme cité ci-dessus,ensemencé dans la gélose PCA et incubé dans les mêmes conditions précédentes (poudre de lait).

- **Dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs**

1 ml de la phase aqueuse de la MGLA a subi un traitement thermique comme sus-cité, puisensemencé dans la gélose VF et incubé dans les mêmes conditions précédentes (poudre de lait).

1.3. Les arômes

La recherche et le dénombrement des différentes flores présentes dans les arômes (FTAM, coliformes, levures et moisissures et *Staphylococcus aureus*, germes sporulés mésophiles et *Clostridium* sulfito-réducteurs), ont été réalisés par ensemencement en masse de 1 g de produit aromatisant par boîte en utilisant la gélose correspondant à chaque flore. L'incubation a été réalisée dans les mêmes conditions précédentes.

1.4. L'eau de poudrage

Pour l'eau de poudrage, seulement quatre tests microbiologiques ont été réalisés à savoir la FTAM, les coliformes totaux et fécaux et les *Clostridium* sulfito-réducteurs.

- **Dénombrement de la FTAM et des coliformes**

Le dénombrement de la flore totale et des coliformes a été réalisé dans les mêmes conditions citées ci-dessous.

✓ Mode opératoire

500 ml d'eau de poudrage ont été filtrés à travers une membrane stérile de nitrocellulose de 0.22µm, la membrane a été récupérée et déposée sur la gélose correspondant à la flore recherchée (**tableau XVI, annexe III**). L'incubation se fait dans une étuve à 30°C pendant 4 jours pour la flore totale, pendant 24/48h à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux (**ISO 6222**).

La présence des coliformes totaux est caractérisée par la formation des colonies jaunes. Dans le cas de formation de colonies oranges, la confirmation de la présence des coliformes fécaux est faite sur milieu BCPL.

• **Dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs**

50 ml d'eau de poudrage ont été chauffés à 80 °C pendant 10 min, puis refroidis immédiatement. Ensuite, la gélose VF a été ajoutée au flacon jusqu'à remplissage complet pour assurer l'anaérobiose. Après homogénéisation, le flacon est incubé dans les mêmes conditions précédentes.

2. Produit semi-fini

Le dénombrement et la recherche des différentes flores ont été faits à différents niveaux de production : tank lait étuvé (TLE), tank yaourt étuvé (TYE) et la conditionneuse.

• **Dénombrement de la flore totale**

1 ml du produit semi fini est prélevé, puis des dilutions décimales allant de 10⁻¹ à 10⁻⁸ ont été effectuées en utilisant la solution tryptone sel, ensuite, 1 ml de chaque dilution a été ensemencé en masse en utilisant la gélose PCA à raison de deux boîtes par dilution. Après solidification, l'incubation est réalisée à 30°C pendant 72±3h.

• **Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

1 ml du produit semi fini et 1 ml de la dilution 10⁻¹ ont été ensemencés séparément en masse en utilisant la gélose VRBL. L'incubation a été faite pendant 24h à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux (**Fig.2**).

• **Dénombrement de la flore lactique**

a. **Dénombrement de *Streptococcus thermophilus***

Les 5 dernières dilutions (de 10⁻⁴ à 10⁻⁸) ont été ensemencées en masse avec 1ml par boîte et à raison de deux boîtes par dilution en utilisant la gélose M17. Après solidification, les boîtes ont été incubées à 44°C pendant 48h.

Streptococcus thermophilus donne des colonies bombées d'un diamètre de 1 à 2mm (J.O.R.A 2004).

b. Dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus*

Les 5 dernières dilutions (de 10^{-4} à 10^{-8}) ont étéensemencées en masse avec 1ml par boîte (2 boîtes par dilution) en utilisant la gélose MRS ajusté à un pH=5.60. Après solidification de la gélose, les boîtes ont été incubées dans des jarres d'anaérobiose à 37°C pendant 48h. Les colonies de *Lactobacillus bulgaricus* apparaissent blanchâtres d'un diamètre de 1 à 3 mm (J.O.R.A 2004).

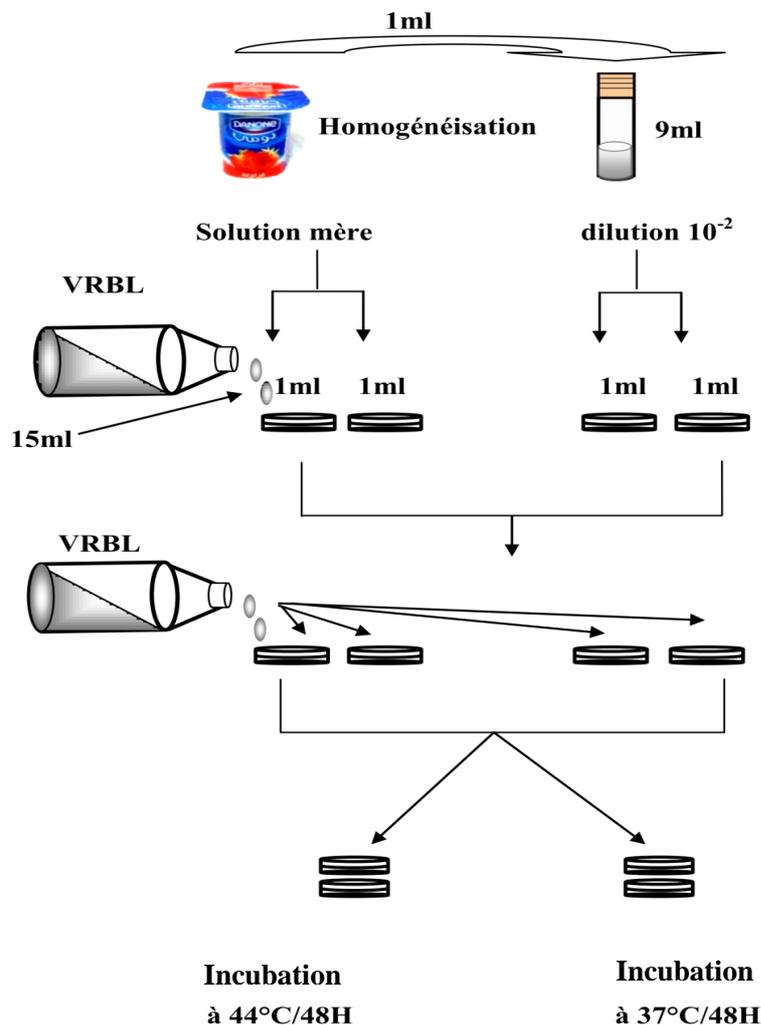


Fig. 2 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

3. Produit fini

Le dénombrement de la flore totale, de la flore lactique et des coliformes totaux et fécaux a été réalisé dans les mêmes conditions suscitées pour le produit semi-fini (Fig. 3).

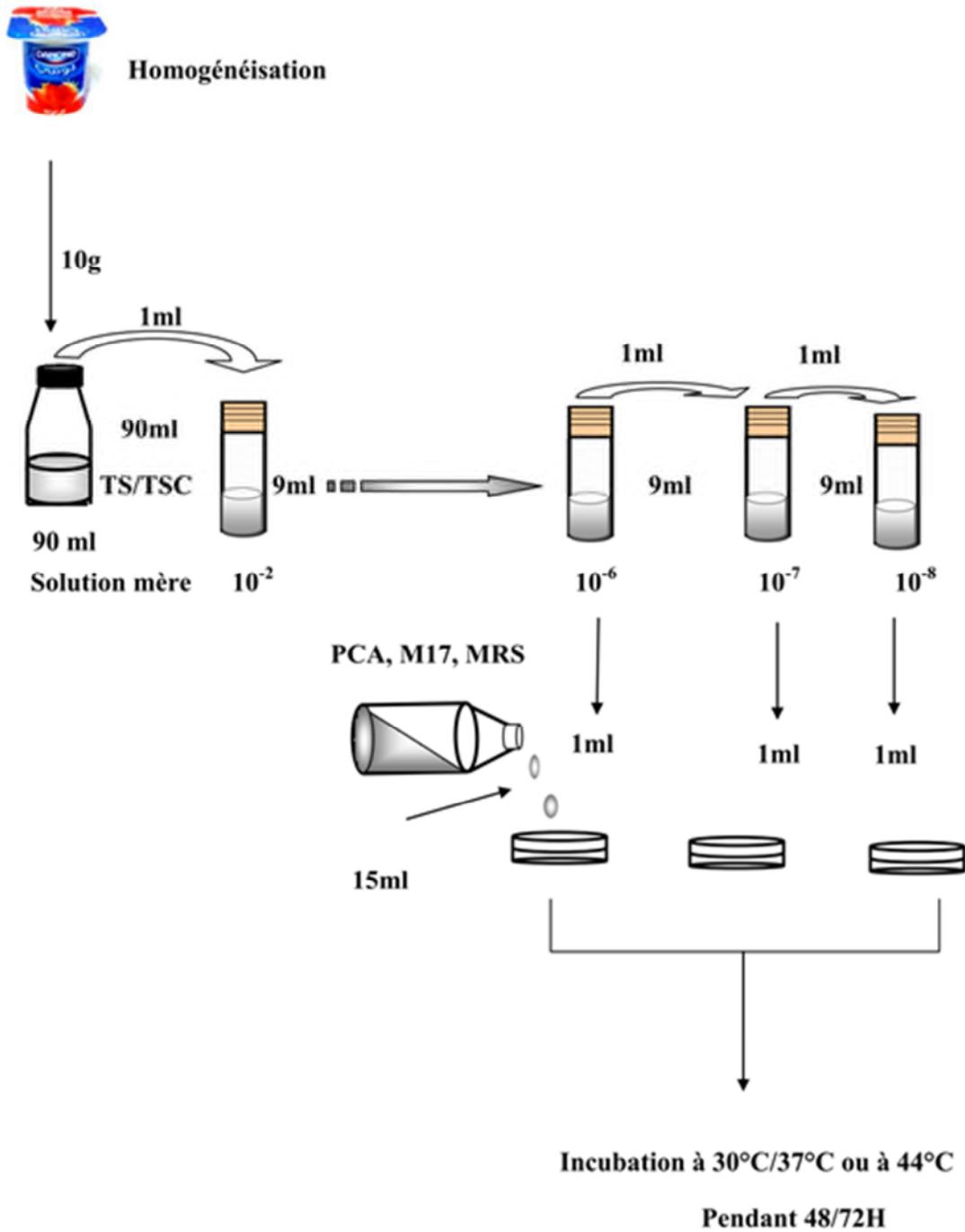


Fig. 3: Dénombrement des bactéries lactiques et de la FTAM

- Recherche et dénombrement des levures et moisissures

1 ml de la dilution 10^{-1} a été ensemencé en masse dans la gélose OGA. Les boîtes de pétri ont été incubées à 25°C pendant 5 jours (Fig. 4).

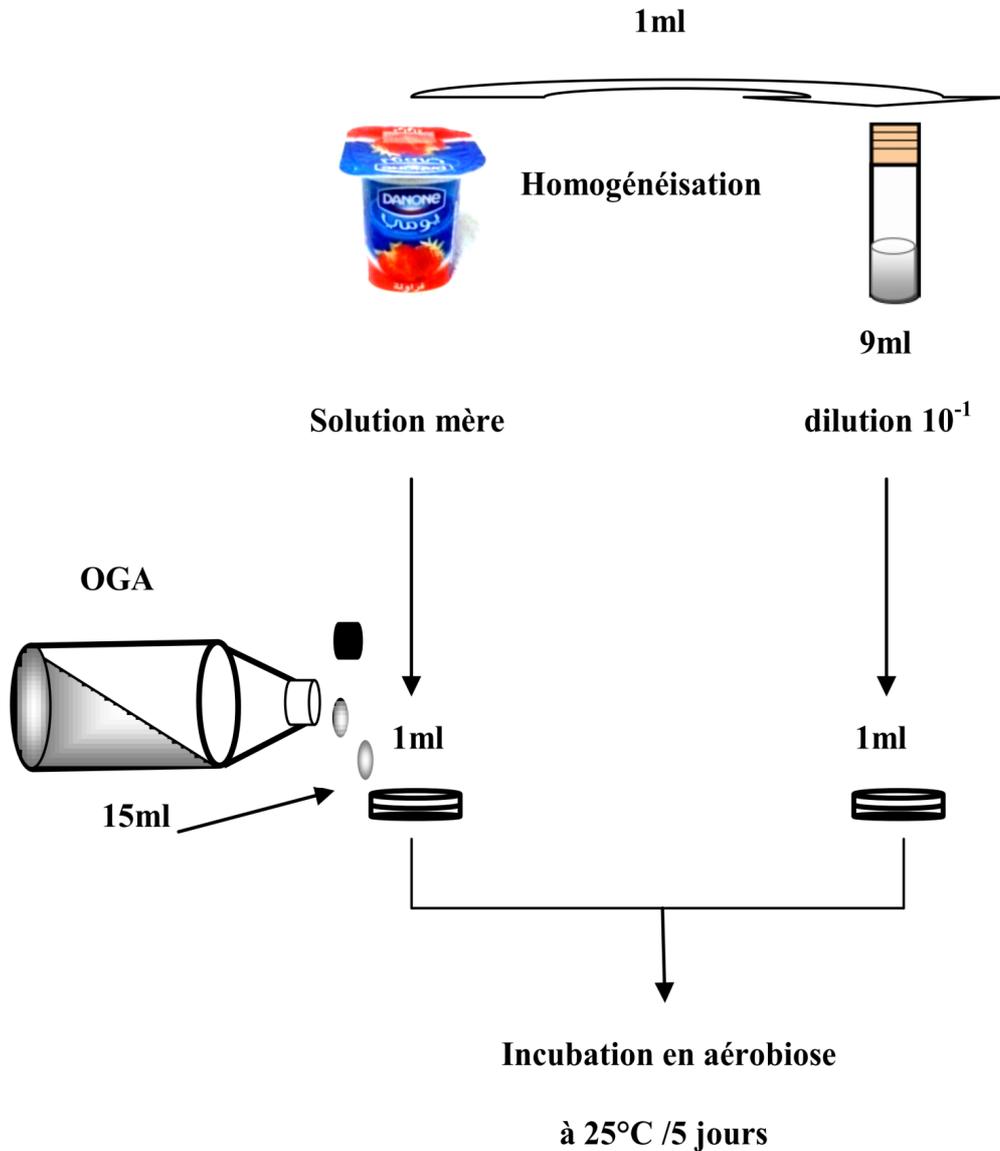


Fig. 4 : Recherche et dénombrement des levures et moisissures

Résultats et discussion

I. Analyse physicochimique

1. Matières premières

Les valeurs du pH, de l'acidité et du taux d'humidité, concernant la poudre du lait pour tous les lots analysés, varient respectivement entre 6,65 à 6,68 ; 15,4°D à 15,6°D et 3,60% à 3,84% avec une légère différence entre les lots mais ça reste toujours dans la zone de conformité (**Tableau II**).

La teneur en eau et en matières volatiles de la matière grasse laitière anhydre est de 0,011, celle-ci répond aux normes de Danone Djurdjura Algérie (DDA).

Pour les arômes, ils présentent une densité de 1,0731 à 20°C, cette valeur se situe dans la zone de conformité de l'entreprise.

Selon les résultats fournis par l'entreprise, la poudre du lait présente un taux de protéines qui varie entre 35,97% et 36,85% et un taux de matière grasse fixe qui est de 0,5% pour les trois lots.

Tableau II : Résultats de l'analyse physicochimique des matières premières.

Poudre de lait					
	pH 10%	Acidité (°D)	Taux d'humidité % (m/m)	Taux de protéine % (m/m)	Taux de matière grasse % (m/m)
Lot 1	6,68	15,4	3,78	36,04	0,5
Lot 2	6,68	15,4	3,84	36,85	0,5
Lot 3	6,65	15,6	3,60	35,97	0,5
		Matière grasse laitière anhydre		Arômes	
Paramètres	Teneur en eau et en matières volatiles			Densité à 20°C	
Résultats	0,011			1,0731	

Les résultats d'analyses des échantillons des matières premières montrent que ces matières sont d'une bonne qualité physicochimique.

2. Eau de poudrage

La valeur du pH de l'eau analysée est environ de 7,11 pour tous les lots, ce résultat répond à la norme qui se situe entre 7,10 et 7,30.

L'eau de poudrage présente un titre alcalimétrique (TA) nul dans les trois lots, ce qui indique l'absence des ions carbonates et des ions hydroxydes (**Tableau III**). Le lot 1 présente un titre alcalimétrique complet (TAC) de 3,04°F, alors que les lots 2 et 3 présentent une valeur de TAC de 3,2°F, ces valeurs répondent à la norme exigée par DDA.

La dureté totale (TH) de l'eau analysée pour le lot 1 est de 4,5°F et elle est de 4,2°F pour les lots 2 et 3.

En ce qui concerne la quantité du chlore dans cette eau, elle est de 46 mg/l pour le lot 1 et de 46.86 mg/l pour les lots 2 et 3 avec une conductivité de 234 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour le lot 1 et de 228 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour les lots 2 et 3. Ces résultats répondent à la norme établie par DDA.

Tableau III : Résultats d'analyse physicochimique de l'eau de poudrage.

Paramètres		Eau de poudrage					
		pH	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)	CL (mg/l)
Résultats	Lot 1	7,11	234	4,5	0	3,04	46
	Lot 2 et 3	7,10	228	4,2	0	3,2	46,86

Comme on peut le constater sur le tableau ci-dessus, l'eau utilisée pour la fabrication des trois lots de yaourt est d'une bonne qualité physicochimique.

3. Produit semi-fini

3.1. Résultats des paramètres EST, TP, MG au cours de fabrication

Cette partie détaille la variation de l'extrait sec total (EST), du taux des protéines (TP) et de la matière grasse (MG) en fonction des trois niveaux de la chaîne de production : tank lait étuvé (TLE), tank yaourt étuvé (TYE) et conditionneuse (CONDI), et ce pour les trois lots, sachant que le lot 1 et 3 sont fabriqués à base de lait écrémé+crème fraîche et le lot 2 est fabriqué à base de lait écrémé+matière grasse laitière anhydre.

a. Extrait sec total

Globalement, les valeurs de l'EST des trois lots se situent dans la zone de tolérance de l'entreprise.

Les lots 1 et 3 présentent, respectivement, des valeurs en EST de 22,47% et 22,57% au niveau du TLE ; 22% et 22,31% au niveau du TYE et de 21,95% et 22,01% au niveau de la conditionneuse. Cependant, le lot 2 présente des valeurs de 22,08% et 22,10% respectivement au niveau du TYE et la conditionneuse et une valeur légèrement plus faible de 21,02% au niveau du TLE (**Fig. 5**).

La représentation graphique des résultats permet de constater qu'il y a une légère variation de l'EST dans les trois niveaux (TLE, TYE, CONDI) de la chaîne de production.

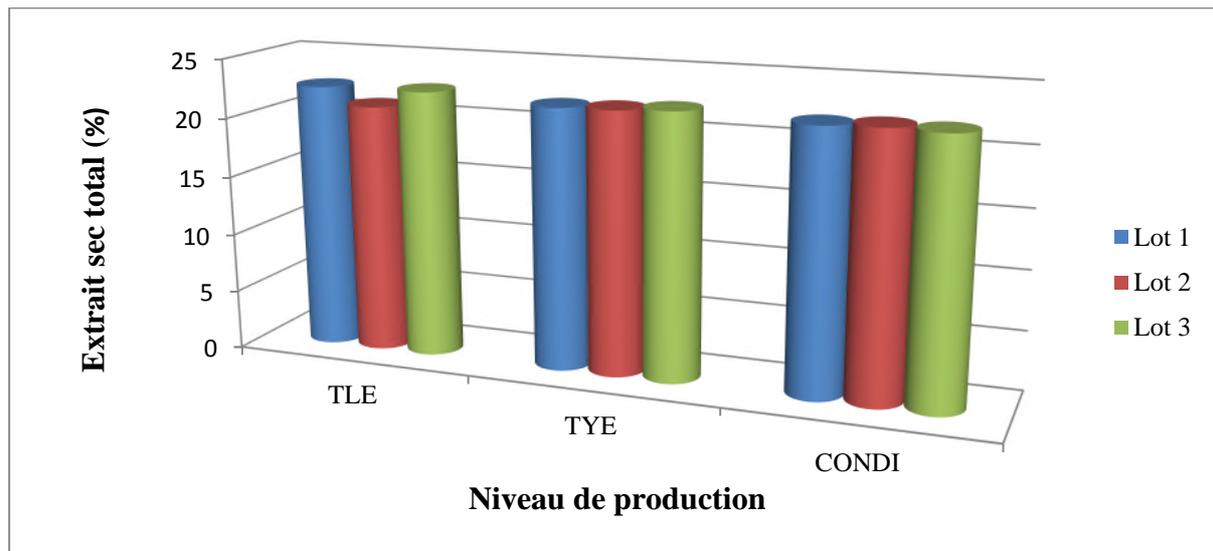


Fig. 5 : Résultats de l'EST en fonction des trois niveaux de la chaîne de production.

En effet, il a été constaté qu'il y ait une légère augmentation de l'EST dans le TYE par rapport au TLE pour le lot 2, cette augmentation est due à l'ajout de la matière grasse laitière anhydre qui est directement injectée dans le TYE. Durant le passage du niveau TLE à CONDI, une légère diminution de l'EST a été remarquée dans les lots 1 et 3, cette variation de la teneur en EST, malgré très faible, pourrait être due au mouillage qui se produit lors de la pousse initiale et /ou finale appliquée pour pousser le produit d'un niveau à un autre.

b. Taux des protéines

Les résultats des taux de protéines obtenus au niveau des différents sites de prélèvement, donnent des valeurs très proches qui varient entre 3,54% et 3,82% pour les trois lots (**fig. 6**).

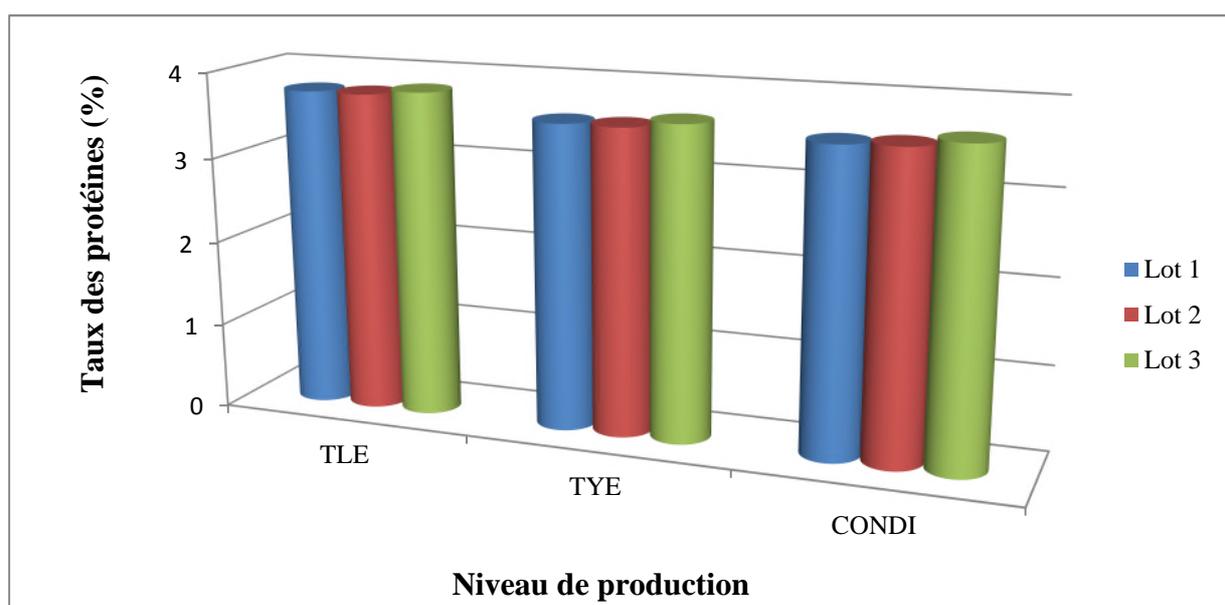


Fig. 6 : Résultats du taux des protéines du yaourt au cours de production.

Toutefois, une légère diminution (environ de 0,18%) du taux de protéines est détectée au niveau du TYE par rapport au TLE, cette diminution est éventuellement due au mouillage.

Cependant, les résultats obtenus se situent dans la zone de conformité et de tolérance de l'entreprise.

c. Matière grasse

Les valeurs de la matière grasse observées au niveau du TLE et du TYE sont respectivement de 1,78% et 1,70% pour le lot 1 et de 1,83% et 1,66% pour le lot 3 (Fig. 7). Ces valeurs répondent aux normes exigées par DDA.

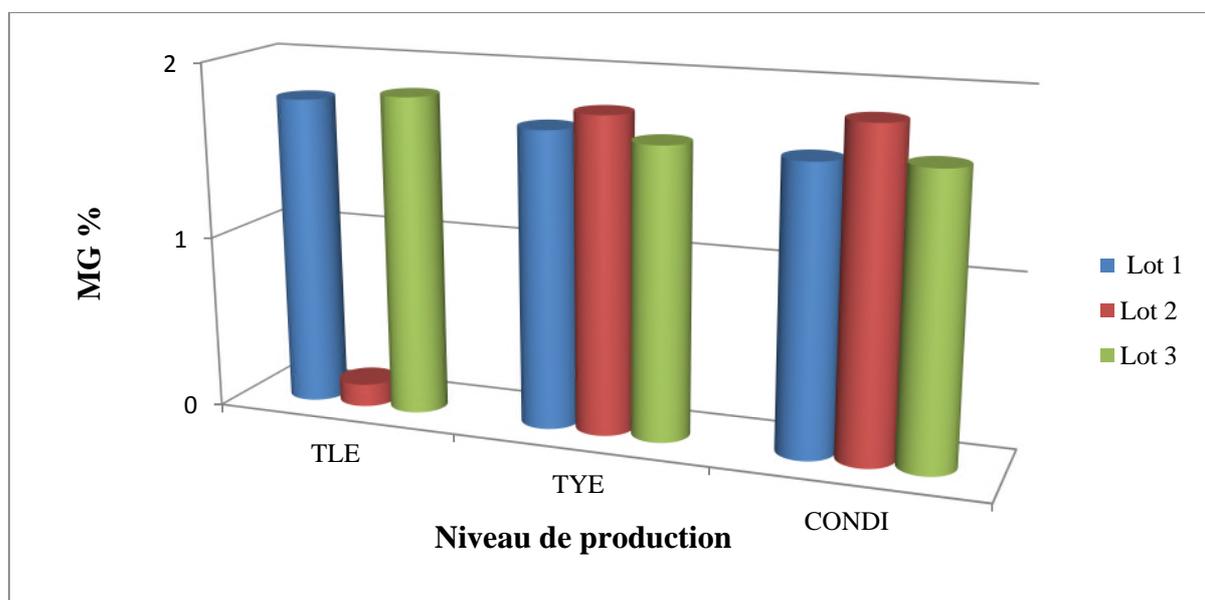


Fig. 7 : Résultats de la matière grasse en fonction des trois niveaux de la chaîne de production.

Cependant, le lot 2 présente une valeur de 0,13% au niveau de TLE qui augmente à 1,80% au niveau de TYE. Cette augmentation s'explique par l'injection directe de la MGLA dans le TYE, sachant que les lots 1 et 3 sont fabriqués à partir de lait cru contenant la matière grasse (crème fraîche). Ces résultats concordent avec ceux de l'EST.

4. Produit fini

4.1. pH et viscosité

Cette partie concerne la variation du pH et de la viscosité du produit fini durant le stockage, de J+1 jusqu'à DLC+2, ce produit est stocké à une température comprise entre 4 et 6°C pour les trois lots.

a. Suivi du pH

Le suivi de l'évolution du pH en fonction du temps (J+1, J+14, J+21, DLC+2) a montré que ce paramètre varie entre 4,47 et 4,59 à J+1 et entre 4,25 et 4,28 à la DLC+2 (**fig. 8**).

En effet, une légère diminution de pH a été remarquée entre J+1 et DLC+2 cette diminution varie en fonction des lots. Toutefois, les valeurs de pH enregistrées entre J+1 et J+21 rentrent dans l'intervalle d'acceptabilité de l'entreprise. Cependant, les valeurs enregistrées à la DLC+2 pour les trois lots se situent dans la zone de rejet.

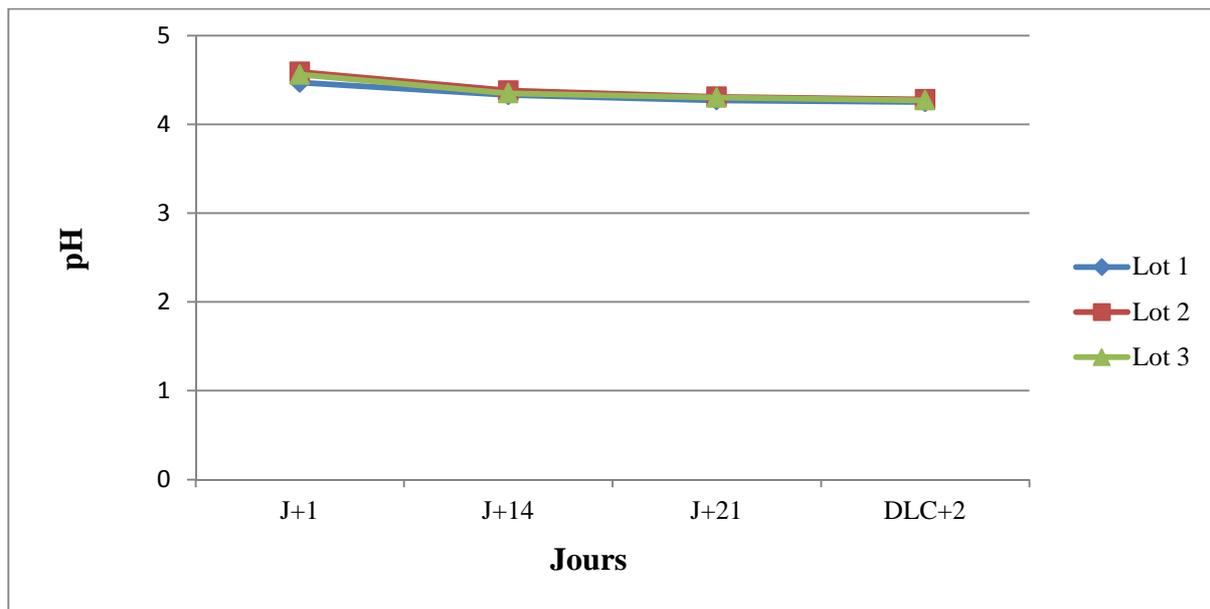


Fig. 8 : Résultats de l'évolution du pH au cours de stockage pour les trois lots.

L'évolution du pH du produit pendant la conservation (de J+1 à la DLC+2) est caractérisée par une légère diminution des valeurs de ce paramètre, cette diminution est attribuée à la fermentation lactique assurée par les bactéries lactiques présentes dans le yaourt. En effet, le maintien du yaourt au froid empêche la multiplication bactérienne, mais il n'arrête pas complètement leur activité métabolique. Bien que lente, la production d'acide lactique se poursuit, ce qui s'appelle « post-acidification » qui se traduit par une légère baisse de pH.

Cependant, à partir de J+21 nous remarquons que le lot 1 présente une valeur de pH légèrement au-dessous de la valeur exigée par la norme, ceci pourrait être dû, en plus de la post-acidification, à son acidité du départ qui est un peu plus élevée par rapport aux deux autres lots.

b. Suivi de la viscosité

Des valeurs de viscosité de $200,956 \times 10^3$ Cp et de $226,957 \times 10^3$ Cp correspondant respectivement au lot 1 et lot 2 ont été enregistrées à J+1. Cette viscosité augmente

progressivement à la DLC+2 pour atteindre des valeurs maximales de $212,299 \times 10^3$ Cp pour le lot 1 et de $247,366 \times 10^3$ Cp pour le lot 2 (fig. 9). Selon les normes de DDA, le lot 1 est conforme aux normes. Cependant, la viscosité du lot 2 devient non conforme aux normes à partir de J+21.

Toutefois, nous avons observé que le lot 3 présente une valeur de viscosité faible à J+14 ($175,761 \times 10^3$ Cp) comparé aux autres lots, ensuite la viscosité augmente pour atteindre une valeur de $229,493 \times 10^3$ Cp à J+21 et de $230,427 \times 10^3$ Cp à la DLC+2.

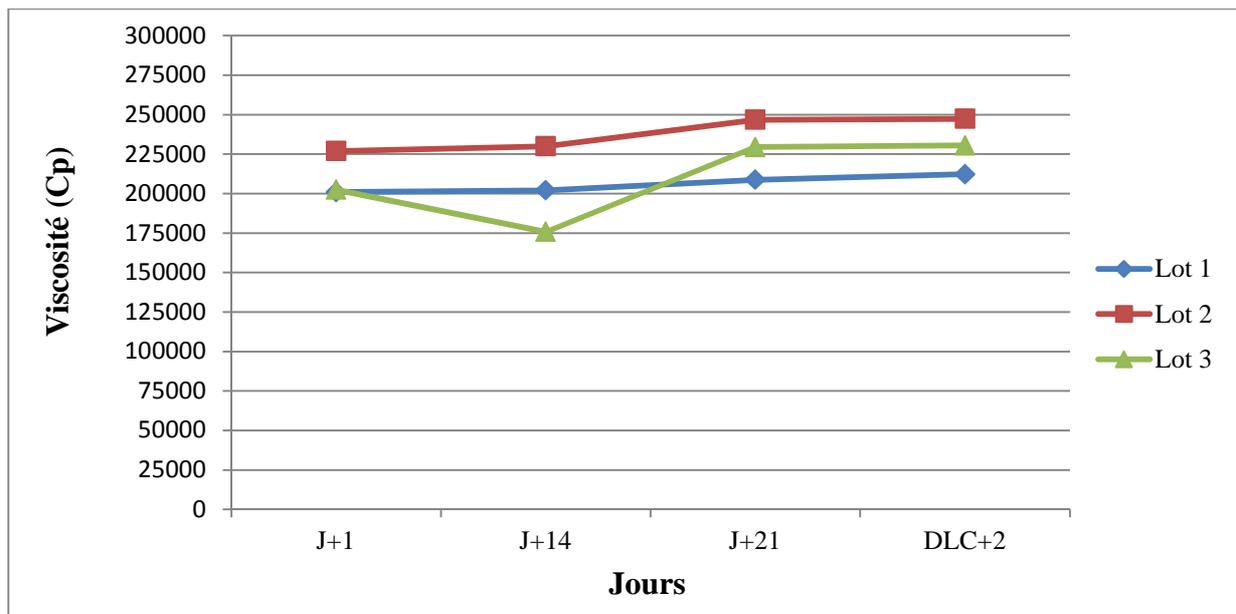


Fig. 9 : Résultats de la viscosité en fonction du temps pour les trois lots

Les résultats obtenus montrent une augmentation progressive de la viscosité en fonction du temps. Pour le yaourt, cette dernière est inversement proportionnelle aux valeurs du pH. En effet, parallèlement à la diminution du pH, une augmentation de la viscosité a été remarquée, cette augmentation peut être expliquée selon **Beal et Sodini, (2003)** par l'abaissement du pH, ce qui entraîne une déminéralisation progressive des micelles de caséines, celles-ci vont s'associer entre elles par interactions hydrophobes, liaisons hydrogènes et électrostatiques pour former un réseau protéique provoquant l'augmentation de la viscosité.

II. Analyses microbiologiques

1. Matières premières

Les résultats d'analyse microbiologique des différentes matières premières utilisées pour la fabrication de yaourt, montrent que celles-ci sont d'une bonne qualité microbiologique.

En effet, la poudre du lait présente un nombre de germes moyen d'environ de 10^2 UFC/g ce qui est inférieur aux normes exigées par DDA (Tableau IV).

Tableau IV : Résultats d'analyse microbiologique des matières premières.

Matières premières Germes recherchés (UFC/g)	PDL			MGLA	Aromes
	Lot 1	Lot 2	Lot 3		
Flore totale	$1,4 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$	$2,4 \times 10^3$	0	0
Coliformes totaux	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0	0	0	0
<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	1	0	0	0	0
Bactéries sporulées mésophiles	6×10^2	$1,3 \times 10^3$	$1,7 \times 10^2$	0	0
Bactéries sporulées thermophiles	$4,2 \times 10^3$	$2,2 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$	0	/
Levures	0	0	0	0	0
Moisissures	0	0	0	0	0

Pour les coliformes, les résultats obtenus montrent que toutes les matières premières utilisées dans la fabrication du yaourt sont dépourvues de ces germes. Concernant les bactéries sporulées, les résultats d'analyse microbiologique ont montré que la poudre du lait présente un nombre variant entre $1,7 \times 10^2$ UFC/g et $1,3 \times 10^3$ UFC/g en bactéries sporulées mésophiles et entre $1,3 \times 10^3$ UFC/g et $4,2 \times 10^3$ UFC/g en bactéries sporulées thermotolérants pour les trois lots.

Cependant, les résultats du dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs ont montré une absence totale de ces germes dans la poudre du lait à l'exception du lot 1 qui présente 1 UFC/g mais qui reste conforme aux spécifications de la poudre de lait.

Les résultats de la recherche de *Staphylococcus aureus* dans les différentes matières premières, ont montré une absence totale de ce germe, ce qui est conforme aux normes établies par DDA.

Concernant la recherche et le dénombrement des levures et moisissures, une absence totale a été enregistrée dans toutes les matières.

Pour les arômes et la matière grasse, l'analyse microbiologique a montré l'absence totale de tous germes revivifiables dans ces deux matières premières.

2. Eau de poudrage

L'analyse microbiologique de l'eau de poudrage a montré l'absence totale de germes revivifiables.

L'absence totale de ces microorganismes pourrait être due au bon fonctionnement des filtres à membrane et d'une bonne désinfection par le chlore. De ce fait, l'eau analysée est considérée comme étant de bonne qualité microbiologique.

3. Produit semi-fini

3.1. Suivi de la flore totale et de la flore lactique pour les différents lots

➤ Cas du premier lot :

Le nombre de germes totaux au niveau du TLE est de $4,72 \times 10^5$ UFC/g, il diminue jusqu'à $4,02 \times 10^5$ UFC/g au TYE, ensuite il augmente jusqu'à atteindre $2,55 \times 10^6$ UFC/g au niveau de la conditionneuse (**fig. 10**).

Concernant la flore lactique, le dénombrement des *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* a donné des valeurs respectives de $2,61 \times 10^6$ UFC/g et $9,2 \times 10^5$ UFC/g au niveau du TYE, puis elles augmentent dans la conditionneuse pour atteindre $1,31 \times 10^7$ UFC/g pour les *S. thermophilus* et $1,15 \times 10^6$ UFC/g pour les *L. bulgaricus*.

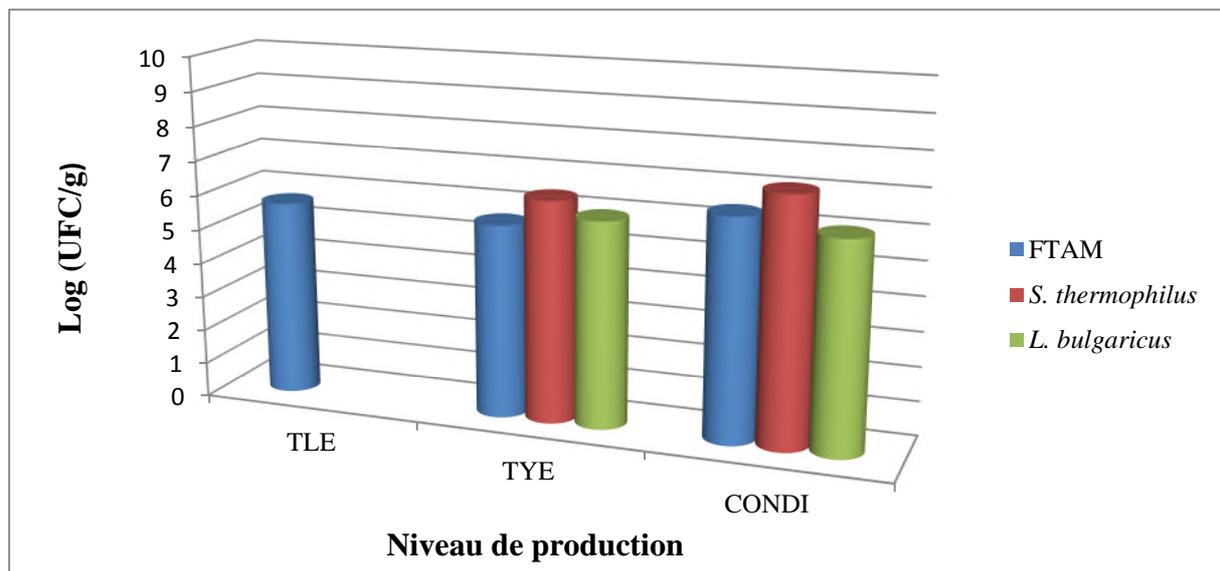


Fig. 10 : Résultats du dénombrement de la flore totale et de la flore lactique dans les différents niveaux de production pour le lot 1.

➤ Cas du deuxième lot :

Le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile au niveau du TLE a donné une valeur de $9,2 \times 10^6$ UFC/g qui diminue à $1,25 \times 10^6$ UFC/g au TYE puis augmente à $1,45 \times 10^6$ UFC/g au niveau de la conditionneuse (**fig. 11**).

Une légère augmentation de $3,8 \times 10^6$ UFC/g à $5,6 \times 10^6$ UFC/g pour *S. thermophilus* et de 2×10^6 UFC/g à $5,7 \times 10^6$ UFC/g pour *L. bulgaricus* a été observée au niveau de la conditionneuse par rapport au TYE.

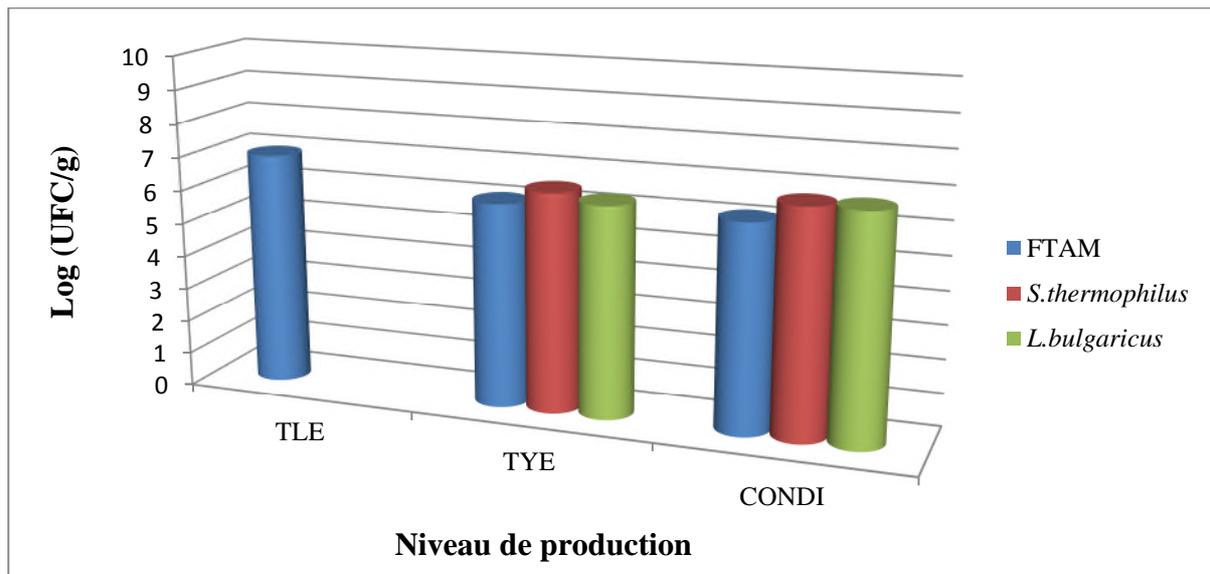


Fig. 11 : Résultats du dénombrement de la flore totale et de la flore lactique dans les différents niveaux de production pour le lot 2

➤ Cas du troisième lot :

Une diminution du nombre de germes totaux a été observé entre le TLE et TYE, ce nombre passe de $7,09 \times 10^6$ UFC/g à $2,56 \times 10^6$ UFC/g. Ensuite il augmente jusqu'à atteindre $2,62 \times 10^7$ UFC/g au niveau de la conditionneuse (**fig. 12**).

Pour la flore lactique, une augmentation de cette flore a été enregistrée entre TYE et la conditionneuse (de $2,35 \times 10^7$ UFC/g à $6,46 \times 10^8$ UFC/g pour *S. thermophilus* et de $6,1 \times 10^6$ UFC/g à $1,66 \times 10^7$ UFC/g pour *L.bulgaricus*).

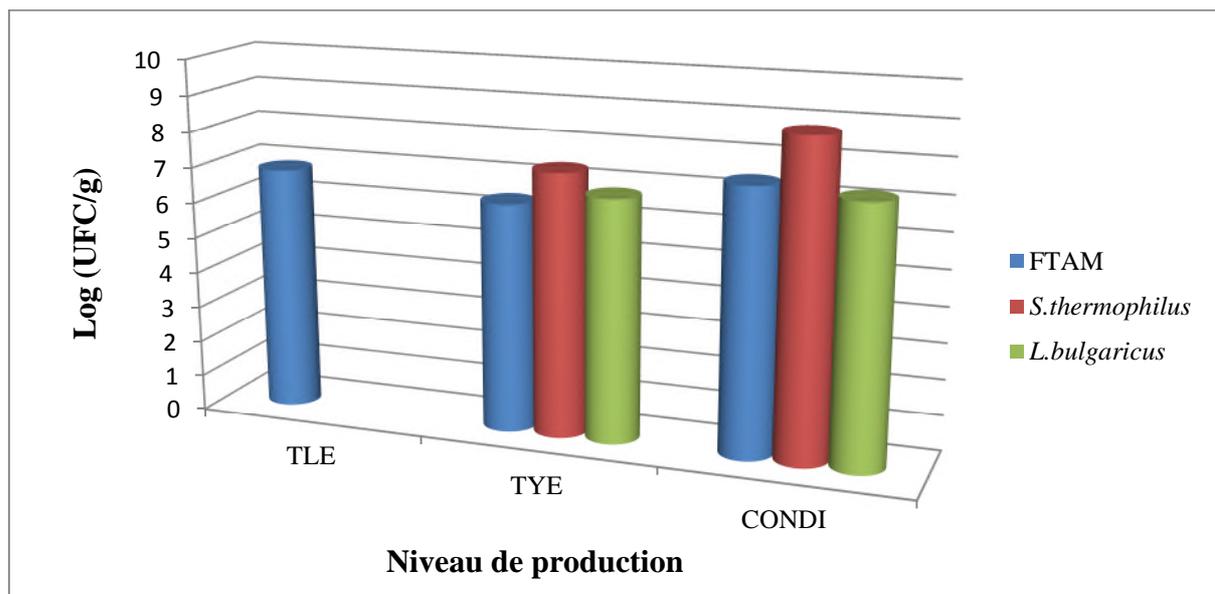


Fig. 12 : Résultats du dénombrement de la flore totale et de la flore lactique dans les différents niveaux de production pour le lot 3.

L'analyse microbiologique au cours de la production du yaourt a montré une charge microbienne relativement élevée dans les TLE, cela est attribué à la charge microbienne des différentes matières premières utilisées tels que le lait écrémé et la poudre du lait ainsi que l'opération de poudrage qui ne s'effectue pas dans des conditions d'asepsie rigoureuses, sans oublier le stockage relativement long dans ces tanks.

Cependant, nous remarquons une légère diminution du nombre de germes totaux au niveau du TYE dans les trois lots, cette diminution est enregistrée après avoir traité thermiquement le produit à 95°C/5min, mais la charge microbienne reste un peu élevée ceci pourrait être expliqué par la présence de la flore lactique à ce niveau.

A la conditionneuse, une augmentation de la flore totale et de la flore lactique a été observée pour les trois lots (variable selon les lots). Ceci est probablement dû au temps de séjours relativement élevé dans le TYE en attendant la libération de la conditionneuse utilisée.

3.2. Coliformes totaux et fécaux

La recherche des microorganismes indicateurs de la contamination d'origine fécale permet de juger l'état hygiénique d'un produit (**Labioui et al., 2009**).

Les résultats obtenus pour les coliformes montrent l'absence totale de ces germes dans les différents niveaux de production (TLE, TYE, CONDI) pour les trois lots, ce qui est conforme à la norme recommandée par DDA.

4. Produit fini

Le produit fini a fait l'objet d'analyses microbiologiques visant à déterminer sa charge en flore totale, flore lactique, coliformes et levures et moisissures. Les résultats d'analyse microbiologique du yaourt au cours de stockage correspondant aux 3 lots sont rapportés dans les Figures 13 ; 14 et 15.

4.1. Evolution de la FTAM et de la flore lactique pour les différents lots

➤ Cas du lot n°1

Il a été constaté que le nombre de bactéries lactiques, 24h après l'étuvage (J+1), est conforme à la norme de DDA, ce nombre est de $2,01 \times 10^9$ UFC/g pour *S. thermophilus* et de $2,58 \times 10^9$ UFC/g pour *L. bulgaricus*. Pour la flore totale, une valeur de $1,64 \times 10^8$ UFC/g a été enregistrée (**fig. 13**).

A J+14, nous remarquons une diminution relativement importante du nombre de *L.bulgaricus*, il passe de $2,58 \times 10^9$ UFC/g (J+1) à $8,4 \times 10^7$ UFC/g (J+14) avec une différence de 1,49 log (UFC/g). Cependant, une légère diminution de 0,3 log (UFC/g) pour *S.thermophilus* est

enregistrée. Par conséquent, une légère diminution de la flore totale jusqu'à $1,14 \times 10^8$ UFC/g (0,2 log (UFC/g)) a été observée, cette diminution est due au fait que cette flore est majoritairement représentée par la flore lactique.

Cependant, à partir de J+14 jusqu'à J+21, la flore totale et la flore lactique restent stable.

À la DLC+2, une diminution relativement faible de la flore totale et de la flore lactique a été observée (0,74 log (UFC/g) pour la FTAM, 0,27 log (UFC/g) pour *S. thermophilus* et 0,18 log (UFC/g) pour *L. bulgaricus*).

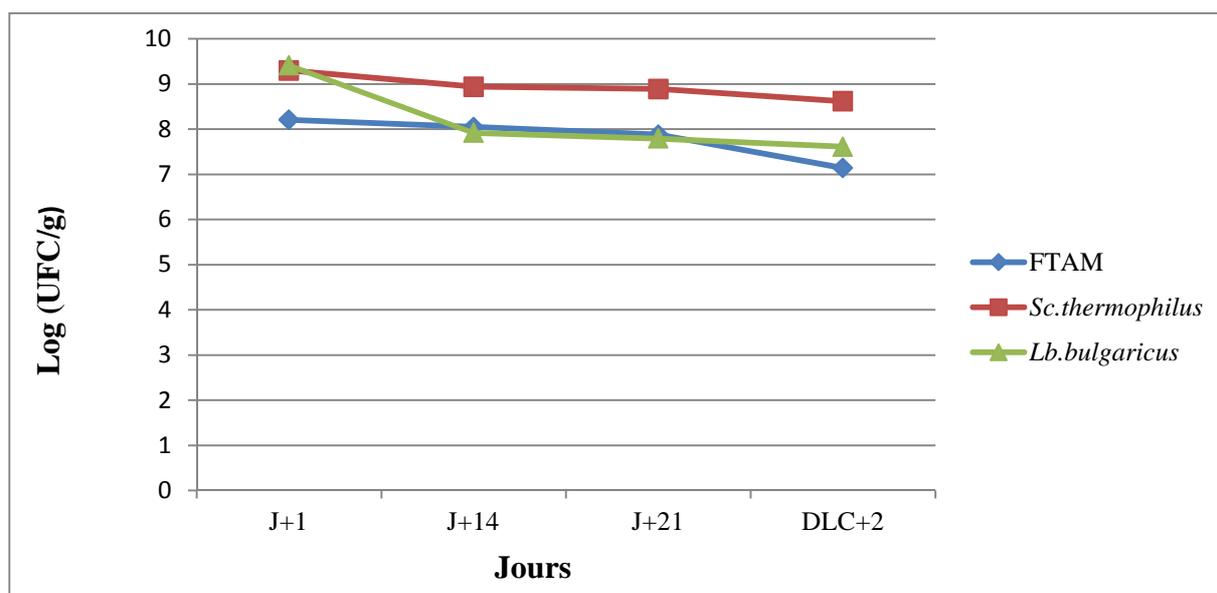


Fig. 13 : Dénombrement de la FTAM et de la flore lactique en fonction du temps pour le lot 1

➤ Cas du lot n°2

Une diminution relativement faible du nombre de *S. thermophilus* a été remarquée entre J+1 et DLC+2 (**fig. 14**), ce nombre passe de $2,28 \times 10^9$ UFC/g (J+1) à $5,8 \times 10^8$ UFC/g (DLC+2) avec une différence de 0,59 log (UFC/g). Par contre le nombre de *L. bulgaricus* diminue d'une manière significative entre J+1 et J+14 où il passe respectivement de $2,75 \times 10^9$ UFC/g à $7,9 \times 10^7$ UFC/g avec une différence de 1,54 log (UFC/g). Ensuite une diminution relativement faible (0,78 log (UFC/g)) a été enregistrée entre J+14 et DLC+2 où le nombre atteint $1,29 \times 10^7$ UFC/g.

Pour la flore totale, nous remarquons une stabilité de la charge microbienne entre J+1 et J+14, ensuite une diminution a été observée entre J+14 et DLC+2 où le nombre passe respectivement de $2,51 \times 10^8$ UFC/g à $1,23 \times 10^7$ UFC/g.

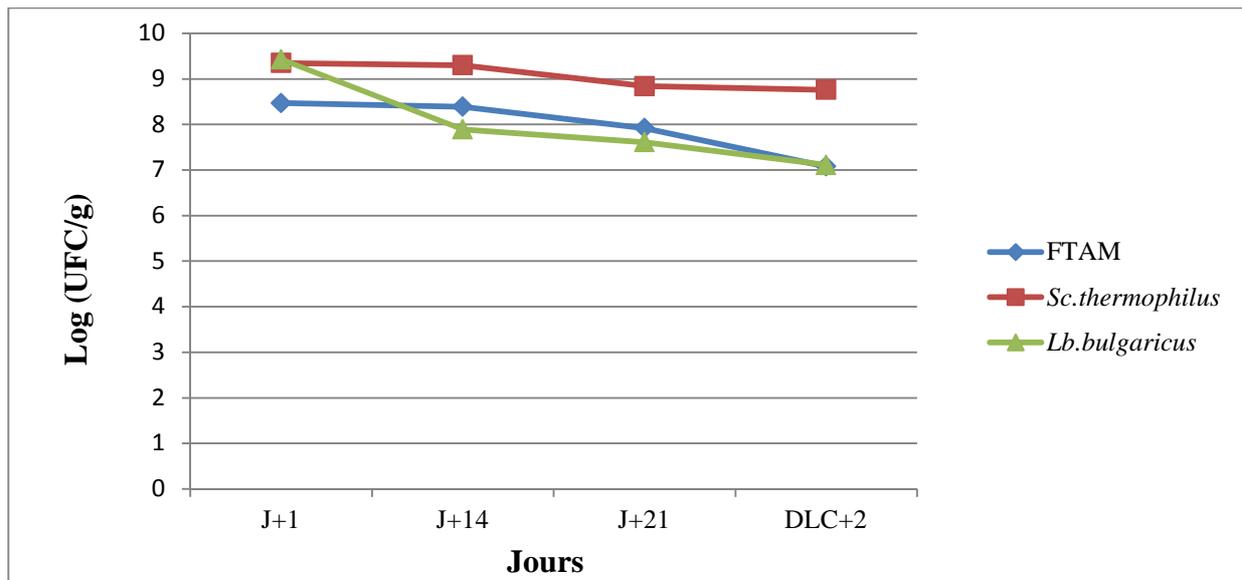


Fig. 14 : Dénombrement de la FTAM et de la flore lactique en fonction du temps pour le lot 2

➤ Cas du lot n°3

Pour le lot 3, le nombre de *S. thermophilus* et de *L. bulgaricus* à J+1 est respectivement de $2,56 \times 10^9$ UFC/g et de $2,62 \times 10^9$ UFC/g (**fig. 15**).

A J+14, une diminution significative du nombre de *L. bulgaricus* a été remarquée, ce nombre passe de $2,62 \times 10^9$ UFC/g à $6,8 \times 10^7$ UFC/g avec une différence de 1,58 log (UFC/g). Cependant une diminution faible de 0,44 log (UFC/g) a été enregistrée pour *S. thermophilus* entre J+1 et J+14. Par ailleurs, une stabilité de la flore lactique a été enregistrée entre J+14 et DLC+2. Concernant l'évolution de la flore totale aérobie mésophile, les résultats obtenus ont montré une stabilité entre J+1 et J+21. Ensuite une légère diminution a été observée à la DLC+2 où la valeur de $2,06 \times 10^7$ UFC/g a été notée.

Le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile reste une très bonne méthode permettant de garantir la sécurité alimentaire des aliments dans le contrôle industriel. Un aliment dont la flore totale est trop élevée montrera de mauvaises conditions de conservation et sera considéré comme impropre à la consommation même en absence d'une flore pathogène (**Vernebourdais et al., 2002**).

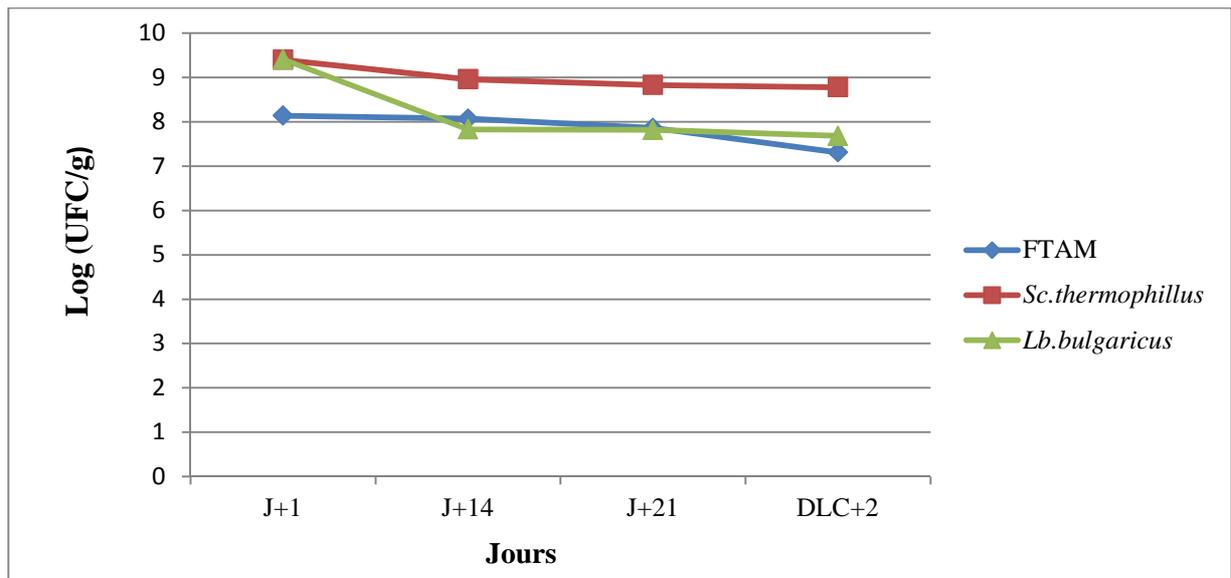


Fig. 15 : Résultats du dénombrement de la FTAM et de la flore lactique en fonction du temps.

Les résultats d'analyse microbiologique du produit fini au cours du stockage, ont montré que l'évolution de la flore totale est presque similaire à l'évolution de la flore lactique du yaourt. Toutefois, malgré la diminution du nombre des bactéries lactiques au cours du stockage (de J+1 jusqu'à la DLC+2), la charge microbienne trouvée dans les trois lots est toujours conforme à la norme établie par l'entreprise qui exige une valeur dépassant 10^7 UFC/g de bactérie lactique.

Cette stabilité microbiologique concernant les bactéries lactiques du yaourt yaoumi jusqu'à la DLC+2 peut être expliquée par la bonne qualité des ferments utilisés et le taux d'inoculation important au départ.

4.2. Coliformes totaux et fécaux

Les résultats d'énumération des coliformes dans le produit fini à J+1 indiquent une absence totale de ces germes dans les trois lots.

4.3. Levures et moisissures

Dans le yaourt analysé, une absence totale de levures et de moisissures a été enregistrée. D'après **Guiraud (2003)**, l'absence totale des coliformes et des levures et moisissures dans un produit, indique l'efficacité des traitements thermiques que subissent les produits analysés d'une part, et l'efficacité des opérations de nettoyage appliquées et le respect des règles d'hygiène lors de la fabrication, d'une autre part.

Conclusion

Conclusion

Les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques des matières premières et l'eau de poudrage entrant dans la fabrication de ce yaourt révèlent que celles-ci sont d'une bonne qualité.

L'ensemble des résultats physicochimiques obtenus pour le produit semi-fini montrent une légère variation de la composition en EST, TP et MG au niveau des tanks (TLE, TYE, CONDI). Cela est attribué au mouillage constaté lors de la poussée du produit (poussée initiale et/ou finale). Cependant, cette différence de composition n'affecte pas ces paramètres d'une manière significative.

L'analyse physicochimique menée sur le produit fini au cours de stockage a montré que ce dernier présente des valeurs de pH comprise entre 4.25 et 4.59 et ce de J+1 jusqu'à la DLC+2. Ces valeurs à la DLC+2 sont légèrement inférieures à la valeur minimale exigée par les normes de l'entreprise qui est de 4,30. Cela peut être expliqué par la charge bactérienne en bactéries lactiques. Concernant la viscosité, les résultats obtenus ont montré que les valeurs de ce paramètre sont conforme aux normes pour les lots 1 et 3 et ce de J+1 à la DLC+2. Cependant, pour le lot 2 les valeurs de la viscosité se situent dans la zone de rejet à partir de J+21.

Concernant l'analyse microbiologique du produit au cours de stockage, les résultats obtenus ont montré que ce produit maintient ses propriétés microbiologiques jusqu'à la DLC+2. En effet, le dénombrement de la flore du yaourt a montré d'une part la présence d'une flore lactique abondante (10^9 UFC/g à J+1 et 10^7 UFC/g à la DLC+2), et d'une autre part l'absence totale de la flore d'altération ou pathogène essentiellement, les coliformes totaux et fécaux, levures et moisissures.

De ce fait, l'ensemble des résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques effectuées sur le yaourt yaoumi du poudrage au DLC+2 ont montrés que ce produit est d'une bonne qualité. Cela, provient du contrôle des matières premières, la maîtrise du processus de fabrication et l'efficacité des opérations de nettoyage appliquées et le respect des règles d'hygiène ainsi que le respect des normes préconisées pour la fabrication du yaourt.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

Ababsa A. (2012). Recherche de bactériocines produites par les bactéries lactiques du lait. Thèse de MAGISTER en Génie microbiologique. Université FERHAT Abbas- SETIF.

Alimentarius C. D. C. (2007). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. PROJET, 120, 129.

Beal C et Sodini I. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Technique de l'ingénieur, Paris, France, p16.

Beal C et Sodini I. (2012). Fabrication des yaourts et des laits fermentés, Techniques de l'Ingénieur, Paris, France, p16.

Bottazzi, V, Battistotti, B et Montescani G. (1973). Influence des souches seules et associées de *L. bulgaricus* et *St. thermophilus* ainsi que des traitements du lait sur la production d'aldéhyde acétique dans le yaourt. Le Lait,53, 295-308.

Branger A. (2012). Fabrication de produits alimentaires par fermentation : l'ingénierie, Technique de l'ingénieur, Paris, France, p17.

Britz J et Robinson RK. (2008). Advanced dairy science and technology, Edition: Blackwell Publishing, Oxford, UK, 300 p.

Brulé G. (2003). Évolutions technologiques au sein de la filière laitière – Impact sur la qualité des Produits. Rapport Commun de l'Académie des Technologies et de l'académie d'Agriculture de France.

Delacharlerie S, de Biourge S, Chéné C, Sindic M et Deroanne C. (2009). HACCP organoleptique: Guide pratique. Edition : Presses Agronomiques de Gembloux, 172p.

Gledel J. (1988). Microbiologie alimentaire. Edition : technique et documentation. Lavoisier. p 52

Guiraud JP et Galzy P. (1998). La microbiologie alimentaire: analyse des aliments. Edition: l'usine nouvelle, Paris, France, p 652.

Guiraud JP. (2003). Microbiologie Alimentaire. Edition : Dunod, Paris, France, p 652

HAL (1997). Mission Scientifique de Syndifrais, Yaourts, laits fermentés, Lait, 77, 321–358

Hassainya J, Padilla M et Tozanli S. (2007). Lait et produits laitiers en Méditerranée: des filières en pleine restructuration. Editions : KARTHALA. 385 p.

ISO 4832. (2006). Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes. Méthode par comptage des colonies.

ISO 4833. (2003). Microbiologie des aliments-Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes-Technique par comptage des colonies.

Références bibliographiques

ISO 6222. Dénombrement des micro-organismes revivifiables. Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.

ISO 6888-1. (2008). Microbiologie des aliments-Méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces).

ISO 7954. (1988). Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures.

J.O.R.A n°43. (2004). Arrêté du 24 mai 2004. Rendant obligatoire une méthode de dénombrement des micro-organismes caractéristiques par une technique de comptage des colonies à 37 ° C dans le yaourt.

Jeantet R, Brulé G et Croguennec T. (2008). Fondement physico-chimique de la technologie laitière. Edition: Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, France, 160 p.

Jensen RG. (1995). Handbook of Milk Composition (Food Science & Technology International), Edition: Academic Press, California, USA. 919p.

Joffin C et Joffin JN. (2003). Microbiologie alimentaire, Edition: Canopé - CRDP, Bordeaux, France (5^{ème} édition). p 213.

Labioui H, Laarousi E, Benzakour A, El Yachioui M, Berny E et Ouhssine M. (2009). Etude physicochimique et microbiologique des laits crus. Gull. Soc. Pharm. Bourdeaux, 148-pp7-16.

Lamontagne M. (2002). Produit laitiers fermentés. In : Vignola C L. Science et technologie du lait: transformation du lait. Edition: Presse internationale, polytechniques, Montréal, Canada, p 401-469.

Latham MC. (2001). La nutrition: dans les pays en développement, Edition : FAO. 520 p.

Lebres AD. (2002). Les anaérobies en hygiène alimentaire. Les coliformes, coliformes Thermo tolérants et Escherichia coli. Institut Pasteur d'Algérie. pp1-50.

Lee WJ et Lucey JA. (2010). Formation and Physical Properties of Yogurt. Asian Aust. J. Anim. Sci. 23(9):1127-1136.

Lucey JA. (2002). Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels. Journal of Dairy Science, 85(2), 281-294.

Luquet FM et Carrieu G. (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires, Edition : Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, France, 307 p.

Luquet FM. (1985). Laits et produits laitiers : transformation et technologies. Edition : Techniques et documentation, Lavoisier, Paris, France, p633.

Luquet FM. (1985). Laits et produits laitiers : vache, brebis, chèvre. Les laits de mamelle à la laiterie. Edition : Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, France, 397p.

Références bibliographiques

Mahaut M, Jeantet R, Schuck P et Brulé G. (2000). Les produits industriels laitiers. Edition : Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, France, 178p.

NA 272. (1990). Corps gras d'origine animale et végétale - Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles. Source : ISO 662 (1980).

NA 749. Qualité de l'eau - Détermination de la conductivité électrique. Source : ISO 7888

NA 752. Qualité de l'eau - Dosage de la somme du calcium et du magnésium - Méthode titrimétrique à l'EDTA. Source : ISO 6059 (1984)

NF V04-348. AFNOR. (1978). Détermination de la teneur en eau - Méthode par étuvage.

Paci kora E. (2004). Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur ? Thèse pour l'obtention de grade de Docteur de l'Institut National Agronomique. Discipline : Science des aliments. Institut National Agronomique Paris-Grignon, France, 258p.

Tamime AY et Robinson RK. (2007). Tamime and Robinson's Yoghurt. Science and technology. Edition : CRC Press, USA, 791p.

Verne-bourdais E, Bonnefoy C, Guillet F et Leyral G. (2002). Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires.

Annexes

Annexe I : présentation de l'organisme d'accueil

1. Historique :

Les origines du groupe DANONE remontent à 1966 lors de la fusion des deux entreprises françaises « Glaces de Boussois » et « Verrerie Sonehoir Newsel » donnant naissance à la « BSN : Boussois Sonehoir Newsel » qui, par la suite, en 1973, fusionne avec Gervais DANONE. C'est en 1994 que le groupe DANONE a été bâti prenant ainsi la marque la plus internationale.

La laiterie Djurdjura a été construite en 1984 à Ighzer-amokrane puis en 1995, l'entreprise inaugura sa nouvelle unité située à la zone industrielle Taharacht Akbou pour enfin, connaître une grande extension, en 1999, avec la construction d'une deuxième usine de fabrication des produits laitiers.

En 2001, il y a eu un accord de partenariat entre le groupe Danone et la laiterie Djurdjura en prenant le nom « DDA : Danone Djurdjura Algérie »

2. Situation géographique :

DDA est implantée dans la zone industrielle d'Akbou « TAHARACHT » qui se trouve à 60 km de Bejaia et à 170 km à l'Ouest de la capitale Alger (**Manuel de l'entreprise**).

3. Différents produits de l'unité :

Les principaux produits de DDA sont :

- Yaoumi
- Mini prix
- Bio Activia nature
- Bio Activia aromatisé
- Bio Activia drink (s'bah)
- Crème dessert (DANETTE)
- Yaourt à boire (Dan'up)
- Jus lacté (Danao)
- Petit Gervais nature
- Petit Gervais aux fruits
- Créamix (nouveau brassé)

4. Approvisionnement en matières premières :

- **Le lait** : L'unité DANONE collecte le lait cru dans plus de 30 centres de collecte repartis dans tout le pays. Le lait collecté est contrôlé au niveau des centres. A la réception, le lait en plus d'un test visuel, subi une série d'analyses obligatoires « tests libératifs » selon un plan d'échantillonnage et de contrôle sur toutes les cuves des camions de tous les centres. Si les résultats des tests sont conformes aux exigences de DANONE, le lait est alors dépoté sur différentes séries de filtration et stocké dans des tanks refroidis. S'il n'est pas conforme, ce dernier va être retourné ou détruit.

- **La poudre du lait** : La poudre de lait (PDL) utilisée est la poudre à 0 % matière grasse. Elle est importée principalement de France, de Nouvelle Zélande, d'Allemagne et de Belgique. Elle est stockée dans des bigs de 1000 Kg et des sacs de 25 Kg au niveau des hangars à température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité.

- **Le sucre** : Utilisé sous forme cristallisée, il est d'origine locale « CEVITAL ». Le sucre se caractérise par son pouvoir énergétique et son pouvoir sucrant, il améliore la qualité organoleptique et sert à la fixation d'arôme.

- **L'eau de process** : Pour ses besoins, l'unité puise son eau au niveau de trois forages, deux se situent à quelques mètres de la laiterie, le troisième est sis à Ighzer Amokrane.

- **La matière grasse** : La matière grasse laitière anhydre (MGLA) est importée principalement de la Nouvelle Zélande et du Brésil dans des fûts métalliques de 200 Kg sous forme solide. Elle est stockée dans des hangars à une température de 20°C puis transférée à la chambre chaude d'une température de 56°C pendant une nuit, afin de se liquéfier avant utilisation. La matière grasse peut aussi être sous forme de crème fraîche, issue de l'écémage du lait réceptionné.

- **Les Arômes** : Importés principalement de la Nouvelle Zélande, de la Hollande et de la Belgique. Ils sont destinés à renforcer la qualité organoleptique du produit fini.

- **Les ferments lactiques** : Ce sont des bactéries capables de fermenter le lactose, en produisant de l'acide lactique. Ils sont importés de France sous forme concentrée et lyophilisée à ensemencement direct, ils sont conservés dans un congélateur à - 45 °C.

Annexe II : Résultats physicochimiques du yaourt.

Tableau V : Résultats d'analyse physicochimique du yaourt étuvé pour le 1^{er} lot

	EST %	MG %	TP %	pH				Viscosité (x10 ³ Cp)			
				E1	E2	E3	MOY	E1	E2	E3	MOY
TLE	22,47	1,78	3,76	/	/	/	/	/	/	/	/
TYE	22	1,7	3,57	/	/	/	/	/	/	/	/
CONDI	21,95	1,63	3,54	/	/	/	/	/	/	/	/
J+1	/	/	/	4,48	4,46	4,48	4,47	205,035	203,970	193,863	200,956
J+14	/	/	/	4,34	4,32	4,34	4,33	205,273	204,000	196,863	202,045
J+21	/	/	/	4,26	4,29	4,27	4,27	201,034	216,475	208,722	208,743
DLC+2	/	/	/	4,24	4,26	4,25	4,25	207,837	210,574	218,486	212,299

— Zone de tolérance
 — Zone de rejet

Tableau VI : Résultats d'analyse physicochimique du yaourt étuvé pour le 2^{ème} lot

	EST %	MG %	TP %	pH				Viscosité (x10 ³ Cp)			
				E1	E2	E3	MOY	E1	E2	E3	MOY
TLE	21,02	0,13	3,76	/	/	/	/	/	/	/	/
TYE	22,08	1,8	3,57	/	/	/	/	/	/	/	/
CONDI	22,1	1,85	3,56	/	/	/	/	/	/	/	/
J+1	/	/	/	4,60	4,58	4,59	4,59	231359	229242	220273	226957
J+14	/	/	/	4,45	4,34	4,36	4,38	232147	235411	222436	229998
J+21	/	/	/	4,31	4,32	4,32	4,31	245456	243164	251684	246768
DLC+2	/	/	/	4,29	4,27	4,30	4,28	244121	251778	246201	247366

Tableau VII : Résultats d'analyse physicochimique du yaourt étuvé pour le 3^{ème} lot

	EST %	MG %	TP %	pH				Viscosité (x10 ³ Cp)			
				E1	E2	E3	MOY	E1	E2	E3	MOY
TLE	22,57	1,83	3,82	/	/	/	/	/	/	/	/
TYE	22,31	1,66	3,65	/	/	/	/	/	/	/	/
CONDI	22,01	1,64	3,64	/	/	/	/	/	/	/	/
J+1	/	/	/	4,60	4,54	4,56	4,56	189439	220268	197638	202448
J+14	/	/	/	4,35	4,38	4,34	<u>4,35</u>	199539	124833	202913	175761
J+21	/	/	/	4,33	4,30	4,29	<u>4,30</u>	220153	240265	228062	<u>229493</u>
DLC+2	/	/	/	4,28	4,28	4,26	<u>4,27</u>	225403	230674	235204	<u>230427</u>

Annexe III : Résultats microbiologiques du yaourt

Tableau VIII: Résultats d'analyse microbiologique du yaourt étuvé pour le 1^{er} lot.

Niveau	Echantillons				
	Germes recherchés (UFC/ml)	E1	E2	E3	MOY
TLE	Flore totale	4,72×10 ⁵	/	/	4,72×10 ⁵
	Coliformes totaux	Abs	/	/	Abs
	Coliformes fécaux	Abs	/	/	Abs
TYE	Flore totale	4,02×10 ⁵	/	/	4,02×10 ⁵
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	2,61×10 ⁶	/	/	2,61×10 ⁶
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	9,2×10 ⁵	/	/	9,2×10 ⁵
	Coliformes totaux	Abs	/	/	Abs
	Coliformes fécaux	Abs	/	/	Abs
CONDI	Flore totale	2,55×10 ⁶	2,70×10 ⁶	2,41×10 ⁶	2,55×10 ⁶
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	0,83×10 ⁷	1,08×10 ⁷	2,04×10 ⁷	1,31×10 ⁷
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	1,22×10 ⁶	1,10×10 ⁶	1,13×10 ⁶	1,15×10 ⁶
	Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs
	Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs
J+1	Flore totale	1,65×10 ⁸	1,73×10 ⁸	1,52×10 ⁸	1,64×10 ⁸
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	1,98×10 ⁹	2,13×10 ⁹	1,93×10 ⁹	2,01×10 ⁹
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	3,10×10 ⁹	2,18×10 ⁹	2,46×10 ⁹	2,58×10 ⁹
	Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs
	Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs
	Levures	Abs	Abs	Abs	Abs
	moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs

J+14	Flore totale	$1,06 \times 10^8$	$1,05 \times 10^8$	$1,32 \times 10^8$	$1,14 \times 10^8$
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	$7,1 \times 10^8$	$10,5 \times 10^8$	9×10^8	$8,8 \times 10^8$
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	$8,3 \times 10^7$	$7,5 \times 10^7$	$9,5 \times 10^7$	$8,4 \times 10^7$
J+21	Flore totale	$6,5 \times 10^7$	$8,8 \times 10^7$	$7,5 \times 10^7$	$7,59 \times 10^7$
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	$10,7 \times 10^8$	$3,1 \times 10^8$	$9,6 \times 10^8$	$7,8 \times 10^8$
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	$4,6 \times 10^7$	$6,3 \times 10^7$	$7,9 \times 10^7$	$6,2 \times 10^7$
DLC+2	Flore totale	$2,14 \times 10^7$	$1,03 \times 10^7$	$1,05 \times 10^7$	$1,40 \times 10^7$
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	$4,5 \times 10^8$	$3,9 \times 10^8$	$4,2 \times 10^8$	$4,2 \times 10^8$
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	$4,7 \times 10^7$	4×10^7	$3,8 \times 10^7$	$4,1 \times 10^7$

Tableau IX: Résultats d'analyse microbiologique du yaourt étuvé pour le 2^{ème} lot.

Niveau	Echantillons				
	Germes recherchés (UFC/ml)	E1	E2	E3	MOY
TLE	Flore totale	$9,2 \times 10^6$	/	/	$9,2 \times 10^6$
	Coliformes totaux	Abs	/	/	Abs
	Coliformes fécaux	Abs	/	/	Abs
TYE	Flore totale	$1,25 \times 10^6$	/	/	$1,25 \times 10^6$
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	$3,8 \times 10^6$	/	/	$3,8 \times 10^6$
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	2×10^6	/	/	2×10^6
	Coliformes totaux	Abs	/	/	Abs
	Coliformes fécaux	Abs	/	/	Abs
CONDI	Flore totale	$1,41 \times 10^6$	$1,38 \times 10^6$	$1,56 \times 10^6$	$1,45 \times 10^6$
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	$8,1 \times 10^6$	$6,2 \times 10^6$	$2,68 \times 10^6$	$5,6 \times 10^6$
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	$6,7 \times 10^6$	$6,3 \times 10^6$	$4,1 \times 10^6$	$5,7 \times 10^6$
	Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs

	Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs
J+1	Flore totale	$3,20 \times 10^8$	$2,99 \times 10^8$	$2,86 \times 10^8$	$3,01 \times 10^8$
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	$2,61 \times 10^9$	$2,42 \times 10^9$	$1,81 \times 10^9$	$2,28 \times 10^9$
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	$2,58 \times 10^9$	3×10^9	$2,67 \times 10^9$	$2,75 \times 10^9$
	Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs
	Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs
	Levures	Abs	Abs	Abs	Abs
	moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs
J+14	Flore totale	$2,55 \times 10^8$	$2,55 \times 10^8$	$2,45 \times 10^8$	$2,51 \times 10^8$
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	$1,76 \times 10^9$	$2,32 \times 10^9$	$2,02 \times 10^9$	$2,03 \times 10^9$
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	$7,5 \times 10^7$	7×10^7	$9,3 \times 10^7$	$7,9 \times 10^7$
J+21	Flore totale	$7,5 \times 10^7$	$9,1 \times 10^7$	$8,6 \times 10^7$	$8,4 \times 10^7$
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	$6,8 \times 10^8$	$7,3 \times 10^8$	$6,9 \times 10^8$	7×10^8
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	$4,1 \times 10^7$	$5,5 \times 10^7$	$2,9 \times 10^7$	$4,1 \times 10^7$
DLC+2	Flore totale	$0,75 \times 10^7$	$1,15 \times 10^7$	$1,8 \times 10^7$	$1,23 \times 10^7$
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	$4,8 \times 10^8$	5×10^8	$7,7 \times 10^8$	$5,8 \times 10^8$
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	$0,62 \times 10^7$	$1,78 \times 10^7$	$1,49 \times 10^7$	$1,29 \times 10^7$

Tableau X: Résultats d'analyse microbiologique du yaourt étuvé pour le 3^{ème} lot.

Niveau	Echantillons	E1	E2	E3	MOY
	Germes recherchés (UFC/g)				
TLE	Flore totale	$7,09 \times 10^6$	/	/	$7,09 \times 10^6$
	Coliformes totaux	Abs	/	/	Abs
	Coliformes fécaux	Abs	/	/	Abs
	Flore totale	$2,56 \times 10^6$	/	/	$2,56 \times 10^6$

TYE	<i>Streptococcus thermophilus</i>	2,35×10 ⁷	/	/	2,35×10 ⁷
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	6,1×10 ⁶	/	/	6,1×10 ⁶
	Coliformes totaux	Abs	/	/	Abs
	Coliformes fécaux	Abs	/	/	Abs
CONDI	Flore totale	2,76×10 ⁷	3,11×10 ⁷	2×10 ⁷	2,62×10 ⁷
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	9,5×10 ⁸	5,6×10 ⁸	4,3×10 ⁸	6,46×10 ⁸
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	2,31×10 ⁷	1,62×10 ⁷	1,05×10 ⁷	1,66×10 ⁷
	Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs
	Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs
J+1	Flore totale	1,39×10 ⁸	1,41×10 ⁸	1,4×10 ⁸	1,4×10 ⁸
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	2,72×10 ⁹	2,75×10 ⁹	2,23×10 ⁹	2,56×10 ⁹
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	2,40×10 ⁹	2,70×10 ⁹	2,78×10 ⁹	2,62×10 ⁹
	Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs
	Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs
	Levures	Abs	Abs	Abs	Abs
	Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs
J+14	Flore totale	1,32×10 ⁸	1,05×10 ⁸	1,22×10 ⁸	1,19×10 ⁸
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	10,4×10 ⁸	7,6×10 ⁸	9,6×10 ⁸	9,2×10 ⁸
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	6,9×10 ⁷	5,6×10 ⁷	7,9×10 ⁷	6,8×10 ⁷
J+21	Flore totale	5,8×10 ⁷	7,9×10 ⁷	8,4×10 ⁷	7,36×10 ⁷
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	7,2×10 ⁸	6,6×10 ⁸	6,9×10 ⁸	6,9×10 ⁸
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	5,4×10 ⁷	8,4×10 ⁷	6,5×10 ⁷	6,7×10 ⁷
DLC+2	Flore totale	1,9×10 ⁷	2,25×10 ⁷	2,03×10 ⁷	2,06×10 ⁷
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	5,45×10 ⁸	9×10 ⁸	3,9×10 ⁸	6,11×10 ⁸
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	4,5×10 ⁷	4,9×10 ⁷	5,1×10 ⁷	4,83×10 ⁷

Annexe IV : Les normes physicochimiques de l'entreprise.

Tableau XI: Les normes de la qualité physicochimique des matières premières.

Poudre de lait					
	pH 10%	Acidité Dornic	Taux d'humidité	Taux des protéines	Taux de matière grasse
Cible	6,60 – 6,70	15,5	<4	36	/
Rejet	<6,40 et >6,85	<14 et >17,7	>4,5	<34 et >39	>1,5
Référence	Potentiométrie	NF V 04-349	NF V 04-348	ISO 8968-1 : 2001	NF V 04-346 (ISO 1736)

Matière grasse laitière anhydre		Arômes
	Teneur en eau et en matières volatiles	Densité à 20°C
Normes	0,1	1,0720 – 1,0820
Référence	NA 272/1990	Pycnomètre

Tableau XII: Les normes de la qualité physicochimique de l'eau de poudrage.

Eau de poudrage						
	pH	conductivité	TH	TA	TAC	Cl
Normes	7,1<pH>7,3	200<A> 250	4 <TH> 8	TA=0	3 <TAC> 7	45 <Cl> 60
Référence	NA 751	NA 749	NA 752	NFT 90-036	/	NA 6362

Annexes V : les normes microbiologiques de l'entreprise

Tableau XIII: Les critères microbiologiques des matières premières.

Matières premières Germes (UFC/g)	PDL+MGLA		Aromes	Référence
	Cible	Rejet	Spécification	
Flore totale	<10 ⁴	5.10 ⁴	<10 ³	ISO 4833
Coliformes totaux	0	>5	<1	ISO 4832 ISO 21528-2
Coliformes fécaux	Absence	Présence	Absence	NF ISO 7251
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	Présence	Absence	ISO 6888-2 ISO 6888-1
Levures	<10	>15	<10 ²	ISO 7954
Moisissures	<10	>15	<10 ²	ISO 7954
<i>Clostridium sulfito-reducteurs</i>	<10	>15	<10	NA 15176
Bactéries sporulées mésophiles	<500	>7000	<10 ²	ISO 4833
Bactéries sporulées thermotolérantes	<1000	>10000	/	/

Tableau XIV : Les critères microbiologiques de l'eau de poudrage.

Matière Germes (UFC/ml)	Eau de poudrage	Références
	Normes	
Flore totale	<10	ISO 6222
Coliformes totaux	<1	ISO 9208-1

Coliformes fécaux	Absence	ISO 9208-1
<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	<1	NA 15176

Tableau XV: Les critères microbiologiques du yaourt étuvé (DDA, 2013)

Germes	m (UFC/ml)	M (UFC/ml)
Coliformes totaux à 37°C	10	100
Coliformes fécaux	1	10
<i>Staphylococcus aureus</i>	10	100
Levures	<100	
Moisissures	Abs	
Salmonella	Abs	
Bactéries lactiques	10 ⁷	

m: le seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante.

Tous les résultats égaux ou inférieurs à ces critères sont considérés comme satisfaisants ;

M: le seuil d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont pas considérés satisfaisants, soit pour autant que le produit soit considéré comme toxique.

Tableau XVI : Milieux sélectifs et conditions d'incubation pour la recherche des germes

Germes recherchés	Milieux de culture utilisés	température	Temps
Flore totale	PCA	30°C	3/4 jrs
Coliformes totaux	- VRBL - Tergitol	37°C	24/48h
Coliformes fécaux	VRBL	44°C	24/48h
Flore sporulée mésophile	PCA	30°C	3/4 jrs
Flore sporulée thermophile	PCA	55°C	3/4 jrs
<i>Clostridium sulfito réducteurs</i>	VF	37°C	48h

Annexes

Levures et moisissures	-Saboraud - OGA	25°C	5 jrs
<i>Staphylococcus aureus</i>	Baird-Parker	37°C	24/48h
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	MRS acidifié	37°C	48h
<i>Streptococcus thermophilus</i>	M17	44°C	48h

Annexe VI: La composition et la préparation des milieux de culture utilisés:

➤ **Gélose Baird-Parker**

✓ **Composition :**

- Tryptone.....	10,0 g/l
- Extrait de viande.....	5,0 g/l
- Extrait de levure.....	1,0 g/l
- Pyruvate de sodium.....	10,0 g/l
- Glycine.....	12,0 g/l
- Chlorure de lithium.....	5,0 g/l
- Agar agar bactériologique.....	15,0 g/l

Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

Le pH du milieu complet prêt à l'emploi à 25°C : **7,2 ± 0,2**.

➤ **Gélose M17**

✓ **Composition:**

- Tryptone.....	2,50 g/l
- Peptone pepsique de viande	2,50 g/l
- Peptone papainique de soja	5,00 g/l
- Extrait de levure.....	2,50 g/l
- Extrait de viande	5,00 g/l
- Lactose	5,00 g/l
- Glycérophosphate de sodium	19,00 g/l
- Sulfate de magnésium	0,25 g/l
- Acide ascorbique	0,50 g/l
- Agar agar bactériologique.....	15,00 g/l

Stériliser à l'autoclave à 115°C pendant 20 minutes.

Le pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : **7,1 ± 0,2**.

➤ **Gélose MRS**

✓ **Composition:**

- Polypeptone.....	10,00 g/l
- Extrait de viande	10,00 g/l
- Extrait de levure	5,00 g/l
- Glucose.....	20,00 g/l
- Tween 80	1,08 g/l
- Phosphate dipotassique	2,00 g/l
- Acétate de sodium	5,00 g/l
- Citrate d'ammonium.....	2,00 g/l
- Sulfate de magnésium	0,20 g/l
- Sulfate de manganèse.....	0,05 g/l
- Agar agar bactériologique.....	15,00 g/l

Stériliser à l'autoclave à 115°C pendant 20 minutes.

Le pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : **5,4 ± 0,1**.

➤ **Gélose OGA**

✓ **Composition:**

- Extrait de levure.....	5,0 g/l
- Glucose.....	20,0 g/l
- Oxytétracycline.....	0,1 g/l
- Agar agar bactériologique.....	15,0 g/l

Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

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

➤ **Gélose PCA**

✓ **Composition:**

- Tryptone.....	5,0 g/l
- Extrait de levure.....	2,5 g/l
- Glucose.....	1,0 g/l

- Agar agar bactériologique.....12,0 g/l

Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

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

➤ **Gélose Saboraud**

✓ **Composition:**

- Peptone pepsique de viande10,0 g/l

- Glucose.....20,0 g/l

- Chloramphénicol0,5 g/l

- Agar agar bactériologique.....15,0 g/l

Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

Le pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : **5,7 ± 0,2**.

➤ **Gélose au Tergitol 7 et au TTC**

✓ **Composition:**

- Peptone pancréatique de viande10,0 g/l

- Extrait de viande5,0 g/l

- Extrait de levure.....6,0 g/l

- Lactose20,0 g/l

- Tergitol 70,1 g/l

- Bleu de bromothymol50,0 mg/l

- Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium25,0 mg/l

- Agar agar bactériologique.....10,0 g/l

Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

Le pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : **7,2 ± 0,2**

➤ **Gélose glucosée Viande-Foie**

✓ **Composition:**

- Peptone viande-foie30,0 g/l

- Glucose.....2,0 g/l

- Amidon soluble2,0 g/l

- Sulfite de sodium2,5 g/l

- Citrate de fer ammoniacal0,5 g/l
- Agar agar bactériologique.....11,0 g/l

Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

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

➤ **Gélose VRBL**

✓ **Composition:**

- Peptone pepsique de viande7,0 g/l
- Extrait de levure3,0 g/l
- Lactose10,0 g/l
- Sels biliaires.....1,5 g/l
- Chlorure de sodium5,0 g/l
- Rouge neutre30,0 mg/l
- Cristal violet2,0 mg/l
- Agar agar bactériologique.....12,0 g/l

Ne pas autoclaver.

Le pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : **7,4 ± 0,2**.

➤ **Bouillon Tryptone Sel**

✓ **Composition:**

- Tryptone.....1,0 g/l
- Chlorure de sodium.....8,5 g/l

Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

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

Résumé

L'objectif de ce travail consistait à suivre les paramètres physicochimiques et microbiologiques du yaourt «yaoumi» au cours de la production jusqu'à la DLC+2.

Des analyses physicochimiques (pH, viscosité, EST, acidité...etc.) et microbiologiques (FTAM, flore lactique, coliformes...etc.) ont été effectuées sur les matières premières (la poudre de lait, MGLA et les arômes), l'eau de poudrage, produit semi-fini à différents sites de prélèvement (TLE, TYE et conditionneuse) et produit fini au cours de stockage (J+1, J+14, J+21 et DLC+2).

Globalement, les résultats obtenus ont montré que le yaourt «yaoumi» est conforme aux normes de l'entreprise Danone. De ce fait, ce yaourt est d'une bonne qualité physicochimique et microbiologique.

Mots clés : yaourt, matières premières, analyse physicochimique, analyse microbiologique, DLC.

Abstract

This work aimed at following the physicochemical and microbiological parameters of « yaoumi », during its production still the DLC+2.

Physicochemical (pH, viscosity, total dry extract, acidity,...) and microbiological (Total mesophilic aerobic flora, lactic flora,...) analysis have been carried out on raw materials (milk powder, anhydrous milk fat and aromas), powdering water, half-finished produce that different sampling sites (steamed milk tank, steamed yoghurt tank and packing machine) and the finished product in the course of storage (J+1, J+14, J+21 and DLC+2).

Generally, the obtained results have revealed that « yaoumi » yoghurt is in accordance with the norms of Danone Company. Thereby, this yoghurt is of good physicochemical and microbiological quality.

Key words: yoghurt, raw material, physicochemical analysis, microbiological analysis, DLC.