



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Blida -1-



Institut des sciences vétérinaires

Mémoire Pour L'obtention Du Diplôme De Docteur Vétérinaire

Thème :

*Contrôle de la qualité physico-chimique et
microbiologique du yaourt aromatisé de la laiterie
d'Hodna, (M'sila).*

Présenté par :

HAMMADI SALAH-EDDINE

et

GUEBLI HOUSSAM

Jury :

M^{me} DJELLATA N

Maitre assistante à ISV de Blida

Présidente

M^r YAHIMI A

Maitre assistant à ISV de Blida

Examineur

M^{elle} TARZAALI D

Maitre assistante à ISV de Blida

Promotrice

Promotion: 2014-2015

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Blida -1-



Institut des sciences vétérinaires

Mémoire Pour L'obtention Du Diplôme De Docteur Vétérinaire

Thème :

*Contrôle de la qualité physico-chimique et
microbiologique du yaourt aromatisé de laiterie
d'Hodna, (M'sila).*

Présenté par :

HAMMADI SALAH-EDDINE

et

GUEBLI HOUSSAM

Jury :

M^{me} DJELLATA N

Maitre assistante à ISV de Blida

Présidente

M^r YAHIMI A

Maitre assistant à ISV de Blida

Examineur

M^{elle} TARZAALI D

Maitre assistante à ISV de Blida

Promotrice

Promotion: 2014-2015

REMERCIEMENTS

Nous rendons grâce à Allah, le Clément, le tout Miséricordieux, pour la chance qu'il nous a donné pour poursuivre nos études supérieures, et pour le courage qu'il nous a donné pour bien mener ce travail.

Nous commençons tout d'abord, par remercier **M^{elle} TARZAALI DALILA**, maitre assistante à ISV de Blida, qui a accepté de nous encadrer malgré ses préoccupations, nous tenons à vous dire qu'avec vous nous avons connu le vrai sens de l'encadrement en qualité, nous sommes très chanceux. Veuillez trouver ici tous nos expressions de profonde gratitude et nos sentiments de respect chère promotrice.

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

Nous tenons à exprimer notre très grande considération, et notre profond respect à **M^{me} DJELLATA N**, maitre assistante à ISV de Blida, qui nous a fait l'honneur de présider ce Jury malgré toutes ses responsabilités et ses nombreuses occupations et à **M^r YAHIMI A**, maitre assistant à ISV de Blida, qui nous a fait l'honneur d'examiné ce mémoire.

Nous remercions par la même occasion **M^{me} HALIMA** responsable au niveau du laboratoire de qualité **d'El-Hodna « M'sila »** ainsi qu'au **D^r CHOUAIB** qui nous ont donné aide et assistance tout au long de la période travaillée au niveau du laboratoire **d'Elhodna**, merci pour vos orientations et remarques précieuses.

Au terme de la réalisation de ce travail, il nous est difficile d'établir la liste des personnes à remercier.

...Remercier individuellement, c'est prendre un risque, le risque d'oublier, oublier les petites mains qui m'ont aidé un jour, oublier les personnes qui m'ont rendu service, oublier les personnes qui m'ont donné conseil ... Et ce risque, je ne veux pas le prendre ...

Que tous ceux qui ont été impliqués de près ou de loin dans la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude : sans votre contribution, il nous aurait été impossible de mener à bien ce projet.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de mon défunt père Tayeb et j'espère que je serai toujours à la hauteur de ses espérances.

A ma très chère Mère « Chaia » Chouchou, votre affection m'a été toujours d'un grand soutien - Puisse Dieu vous accorde santé, longévité et bonheur.

A ma très chère petite famille, Djamel et sa famille, Mohamed, Zabidou, Nassim .

Mes très chère sœurs ; Drifa , Saida, Nora , Kenza.

Ma belle sœur nawel.

Mes beaux frères ; Laribi, Rédha, Mohamed et Mustapha.

Mes neveux ; Amine, Amdjed, Anesse, Nadjib, Wael, Midou, Mohamed Amine Adem et Houssam.

Mes nieces: Imane, Maya et Maram

Je ne peux passer sous silence la patience dont ont dû faire preuve mes chers amis , la charmante Hadjer, Houssam, Zakaria Walid, Sidali , Amine, Abdelhak, Yassine, Walid.

SALAH EDDINE

Dédicace

Que ce travail témoigne de mes respects :

A mes parents:

Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux.

Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

A mes frères : Imad, Sid ali, Nadjib, Abd el Malek,

A la famille GUEBLI

Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter. A tous mes professeurs :

Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.

A tous mes amis et mes collègues : Mohamed, Sid ali, Abd el rezak, Rida, Kanari, Lynda. Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

houssam

SOMMAIRE

INTRODUCTION	01
--------------	----

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Le Lait

1.1.Définition	02
1.2.Principales caractéristiques du lait	02
1.3.Composition chimique et variabilité de la composition	02
1.4.Ferment lactiques	03
1.4.1. Définition	03
1.4.2. Classification des ferments lactiques	03
1.4.2.1.Type de fermentation	03
1.4.2.2.Température de croissance	03
1.5.Lait fermenté	04
1.5.1. Historique	04
1.5.2. Définition	04
1.5.3. La fermentation	04
1.5.4. Caractéristiques du lait fermenté	05
1.5.5. Classification des laits fermentés	05

CHAPITRE II : Yaourt

2.1. Définition	06
2.2. Historique	06
2.3. L'importance	06
2.4. Composition et valeur nutritionnelle	07
2.5. Bactéries caractéristiques du yaourt	07
2.5.1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt	07
2.5.1.1. Streptococcus thermophilus	07
2.5.1.2. Lactobacillus bulgaricus	08
2.5.2. Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt	09
2.5.2.1. Production d'acide lactique	09
2.5.2.2. Activité protéolytique	09
2.5.2.3. Activité aromatique	10

2.5.2.4. Activité texturante	10
2.6. Comportement associatif des deux souches	11
2.7. Différents types du yaourt	12
2.8. Technologie de fabrication	13
2.8.1. Réception du lait	14
2.8.2. Standardisation du lait de fabrication	14
2.8.3. Traitement thermique	14
2.8.4. Ensemencement	15
2.8.5. Réchauffage	15
2.8.6. Conditionnement et stockage	15

CHAPITRE III : La qualité du yaourt

3.1. Introduction	17
3.2. Définition	17
3.3. Composant de la qualité	17
3.4. Contrôle de la qualité	18
3.4.1. Contrôle de la qualité physico-chimique	18
3.4.2. Contrôle de la qualité microbiologique	18
3.5. Objectif de l'assurance	19
3.6. Stades du contrôle	19
3.6.1. Contrôle de la matière première	19
3.6.2. Contrôle au cours de fabrication	19
3.6.3. Contrôle de produit fini	19
3.6.4. Contrôle de la qualité sensorielle	20
3.7. Facteurs influant sur la qualité du yaourt	20

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Lieu et période de stage	21
2. Matériel et méthodes	21
2.1. Matériel	21
2.2. Méthodes	21
2.3. 3. Résultats et discussion	41
Conclusion	47
Références bibliographiques	
Annexes	

RESUME

Les produits fermentent frais notamment le yaourt, identifiés comme aliments bénéfiques pour la santé, sont aujourd'hui des produits de grande consommation à tous les âges.

Notre étude a été effectuée au niveau du laboratoire de la laiterie d'HODNA, Msila, sur le contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de procès et du produit fini (yaourt aromatisé) ainsi que sur le suivi de la stabilité de ce dernier à température de 6°C jusqu'à la date limite de consommation et de sa qualité sensoriel.

Les résultats de différents contrôles ont révélé une bonne qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de procès, une bonne qualité physico-chimique et une qualité microbiologique modérée du produit fini (yaourt aromatisé) avec présence de coliformes totaux et de moisissures dans 40 % des échantillons analysés. Cependant, le produit fini à présenter une remarquable stabilité physico-chimique et microbiologique pendant une durée de 21 jours et une bonne qualité sensoriel.

Mots clés: Yaourt aromatisé, qualité, physico-chimiques, microbiologiques, stabilité, test sensoriel.

ABSTRACT

The yoghurts and the fermented products are known as healthy products. Nowadays, they are largely consumed by all categories of the society.

Our study was carried out in the laboratory of the Hodna –M'sila on 11 yoghurt pots which focused in part on the quality control of raw materials (process water, milk powder, sugar) and the finished product and secondly on the monitoring of the physicochemical (pH, total solids and moisture) and microbiological (search for total and fecal coli forms, yeasts and molds stability of the finished product at temperature 6°C until the use-by date, "when it finished, the yoghurt flavored underwent a sensory test.

The results of the various checks revealed good physicochemical and microbiological quality of process water, good physicochemical quality and moderate microbiological quality of the finished product (flavored yogurt) with total coliform and mold in 40 % of the samples analyzed. However, the finished product to present a remarkable physicochemical and microbiological stability for a period of 21 days and a good sensory quality.

Key words: Yoghurt flavored, physicochemical analysis, microbiological analysis, sensory test.

المخلص

يعتبر الياغورت و كذا مشتقات الحليب المختلفة من الأغذية الصحية التي تلعب دورا هاما في حياة الانسان. و التي أصبحت أكثر استهلاكا في العصر الحالي من مختلف الفئات والأعمار.

لقد أجرينا الدراسة في مختبر مؤسسة الحضنة لمشتقات الحليب بالمسيلة على 11 علبه ياغورت التي تركزت في جزء منها على مراقبة الجودة للمواد الخام(مياه العمليات .مسحوق الحليب .السكر) و المنتج النهائي (ياغورت معطر) و من جهة أخرى على متابعة الاستقرار الفيزيوكيميائي (درجة الحموضة . المواد الجافة الكلية و الرطوبة) و الميكروبيولوجي (البحث عن الجراثيم القولونية.الخمائر و الفطريات) للمنتج النهائي الى غاية مدة نهاية الصلاحية . في الاخير نجري له اختبار ارغانولبتي.

كشفت الاختبارات نتائج جيدة للجودة الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية للمياه المعالجة، نوعية فيزيوكيميائية جيدة وجودة ميكروبيولوجية معتدلة للمنتج النهائي (ياغورت معطر) مع ظهور نسبة 40 % من بكتريا القولون الكلية والعفن في العينات التي تم تحليلها. ومع ذلك، فإن المنتج النهائي قدم استقرار جيد في الخصائص الفيزيائية الميكروبيولوجية ، والجودة الحسية جيدة لمدة 21 يوما.

الكلمات المفتاحية:

ياغورت معطر.تحاليل فيزيوكيميائية.تحاليل ميكروبيولوجية.تحاليل ارغانولبتيية. استقرار.

LISTE DES ABREVIATIONS

- Abs:** Absence.
- AFNOR:** Association Française de Normalisation.
- BCPL:** Bromocresol Purple Lactose.
- BL:** Bactéries lactiques.
- °C:** Degré Celsius.
- CF:** Coliformes fécaux.
- CT:** Conformes totaux.
- °D:** Degré Dornic.
- D/C:** Double Concentration.
- DLC:** Date Limite de Consommation.
- E. coli:** *Escherichia coli*.
- EDTA:** Ethylène Diamine Tetracétique Acide.
- EPI:** Eau Peptoné exempté d'indole.
- EPT:** Eau Peptonée Tamponée.
- EST:** Extrait Sec Total.
- °F:** Degré Français.
- FAMT:** Flores Aérobies Mésophiles Totales.
- FAO:** Food and Agricultural Organisation.
- GC:** *GioWiii* Cantoni.
- H:** Humidité.
- ISO:** Organisation Internationale de Standardisation.
- JORA:** Journal*Officielle de la République Algérienne.
- MG:** Matière Grasse.
- NET:** Noir Eriochrome T.
- NPP :** Nombre Plus Probable.
- OMS:** Organisation Mondiale de Santé.
- PCA:** Plat Count Agar.
- S/C:** Simple Concentration.
- Sal:** Salmonelles.
- S.aureus:** *Staphylococcus aureus*.
- SFB:** Bouillon Sélénite de Sodium.
- SM:** Solution Mère.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	: Les principaux caractères physiques du lait	2
Tableau II	: Composition générale du lait de vache	2
Tableau III	: La température de croissance des bactéries lactiques	4
Tableau IV	: Les différents types de yaourt	12
Tableau V	: critère microbiologique de yaourt	18
Tableau VI	: Les analyses physico-chimiques effectuées.	22
Tableau VII	: Les germes recherchés dans les différents échantillons	27
Tableau IX	: Résultats des analyses physicochimiques du l'eau de procès	41
Tableau X	: Résultats des analyses physicochimiques du produit fini	42
Tableau XI	: Résultats des analyses microbiologiques d'eau de procès	43
Tableau XII	: Résultats des analyses microbiologiques du produit fini	44
Tableau XIII	: Normes décrites dans J.O.R.A n° 35/98 des produits laitiers (yaourt)	45
Tableau XIV	: L'interprétation des résultats des analyses bactériologiques selon les normes décrites dans J.O.R.A	45
Tableau XV	: Résultats d'évaluation organoleptique au cours de stockage à 6 °C du yaourt en pot	46

LISTE DES FIGURES

Figure 01	: Streptococcus thermophilus	9
Figure 02	: Lactobacillus bulgaricus	9
Figure 03	: Schéma illustrant les interactions de <i>Streptococcus thermophilus</i> et <i>Lactobacillus</i> en culture mixte dans le lait	12
Figure 04	: Diagramme des principales étapes de fabrication de yaourt	16
Figure 05	: Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales	28
Figure 06	: Technique de recherche et de dénombrement des germes totaux dans l'eau de procès	29
Figure 07	: Technique de recherche et de dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans le produit fini	32
Figure 08	: Technique de recherche et de dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau de procès	33
Figure 09	: Technique de recherche et dénombrement des levures et moisissures dans le produit fini	35
Figure 10	: Représentation graphique des résultats bactériologique.	37
Figure 11	: Technique de recherche et dénombrement des levures et moisissures dans le produit finit.	39

INTRODUCTION

Bien que la fabrication et la consommation des laits fermentés remontent à la plus haute antiquité, les progrès réalisés dans l'élaboration, la standardisation et la diversification des yaourts correspondant pour la plupart aux efforts de recherche entreprise au cours du siècle dernier .

Avec les progrès technologiques réalisés, le yaourt apparait comme un produit laitier très digeste qui possède une grande valeur nutritionnelle et qui est apprécié pour son goût et sa texture. C'est un produit, consommé la plupart du temps comme dessert, très apprécié par tout le monde, car il convient à toutes les tranches d'âges et même chez les sujets intolérant au lait.

Les produits laitiers occupent une bonne place dans notre alimentation, en raison de leur richesse en nutriments nécessaires pour les besoins d'entretiens et de croissance (protéines, matières grasses, glucides). Ils constituent apport essentiel pour les enfants. Les quantités nutritionnelles en font un aliment complet grâce à ses protéines, éléments minéraux en particulier le calcium et les vitamines A, D et B [57].

En Algérie, la filière lait malgré sa dépendance pour son approvisionnement, reste dynamique dans sa production est notamment dans sa diversité de ses produits laitiers [58].

L'Algérie est le premier consommateur de produits laitiers au Maghreb, avec un marché annuel estimé en 2004, a plus de 1,7%milliard de litres avec un taux de croissance de 8% et une consommation moyenne de l'ordre de 100 à 110 litres par-habitant et par an en 2010. Autre chiffres révélateurs, un algérien sur trois consomme en moyenne un pot de yaourt par jours, soit environ 33% de la population [59].

La qualité du yaourt doit être jugée selon une série d'analyses, afin qu'il soit sans danger pour le consommateur et conforme aux normes exigées, c'est dans cette perspective que notre travail a été réalisé, il porte d'une part sur le contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de procès et le produit fini, d'autre part le suivi de sa stabilité au cours de sa conservation à 6°C jusqu'à la date limite de consommation (DLC).

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Définition

Le lait est sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères dont l'activité chez la vache commence à la mise bas et se poursuit pendant une dizaine de mois, tant que dure la traite [01].

1.2. Principales caractéristiques du lait

Le lait est un liquide blanc opaque, deux fois plus visqueux que l'eau, de saveur légèrement sucrée et d'odeur peu accentuée, plus prononcée à chaud et capable à fixer d'autres odeurs animales, son pH est voisin de la neutralité [02] (Voir Tableau I).

Tableau I : Les principaux caractères physiques du lait [03].

Caractères	pH à 20 °C	Acidité titrable (°D)	Densité	Point de congélation (°C)	Chaleur spécifique à 15(°C)	Point d'ébullition (°C)
Valeurs	6.5-6.7	15-18	1028-1033	-0.52 à-0.55	0.940	100.15-100.17

1.3. Composition chimique et variabilité de la composition

La composition chimique du lait cru est représentée dans le tableau suivant :

Tableau II : Composition générale du lait de vache [04]

Constituants majeurs	Variations limites (%)	Valeurs moyennes (%)
Eau	85,5 – 89,5	87,6
Matières grasses	2,4 – 5,5	3,7
Protides	2,9 – 5,0	3,2
Glucides	3,6 – 5,5	4,6
Minéraux	0,7 – 0,9	0,8
Constituants mineurs	Vitamines, enzymes, pigments	Cellules diverses, gaz

De manière générale, le lait comprend quatre types de constituants importants que sont : les lipides, constitués essentiellement de graisses ordinaires (triglycérides), les protides (caséine, albumine et globuline), les glucides, essentiellement le lactose, les sels. Mais de nombreux autres constituants sont présents en quantité minime comme les vitamines, enzymes, nucléotides, gaz dissous; dont certains ont une grande importance du fait de leur activité biologique. Cette composition varie selon différents facteurs liés généralement aux animaux. Les principaux sont : l'individualité, la race, les périodes de lactation, l'alimentation, la saison, l'âge et l'espèce [04].

1.4. Ferment lactiques

L'industrie de transformation en particulier laitière a conduit à la production des ferments industriels à partir de certaines bactéries capables d'assurer à la fois la qualité et la constance du produit : ce sont des bactéries lactiques (BL) [05].

1.4.1. Définition

On appelle BL des bactéries gram positif, coques (streptocoques) ou bacilles (lactobacilles) [06] immobiles, sporulées, catalase et oxydase négatives, nitrate réductase négative, anaérobies ou aérotoles, capables de fermentation en aérobiose comme en anaérobiose [07].

1.4.2. Classification des ferments lactiques

Les BL se classent en général selon deux critères :

1.4.2.1. Type de fermentation : selon Sutra et Fedirighi [08]:

- les bactéries homofermentaires : l'acide lactique est le seul produit de la fermentation du glucose.
- les bactéries hétérofermentaires : la fermentation du glucose aboutit à la fermentation d'acide lactique et d'autres composés comme l'éthanol, le dioxyde de carbone et d'autres acides organiques.

1.4.2.2. Température de croissance : selon Dellaglio [09]:

- Les bactéries thermophiles : qui sont des bactéries dont la température optimale de croissance est supérieure à 40°C.
- Les bactéries mésophiles : qui sont des bactéries dont la température de croissance se situe entre 20 et 37°C.

La température optimale de développement est représentée dans le tableau III.

Tableau III : La température de croissance des bactéries lactiques [09].

Genres bactéries	Température de croissance
<i>Leuconstoc</i>	18-35°C
<i>Lactococcus</i>	27-32°C
<i>Lactobacillus mésophile</i>	30-35°C
<i>Streptococcus thermophile</i>	42-43°C
<i>Lactococcus thermophile</i>	40-45°C

1.5. Lait fermenté

1.5.1. Historique

Les laits fermentés sont consommés depuis la plus haute antiquité, en particulier par certaines populations orientales (Asie, Europe centrale). Ce sont des produits laitiers transformés par une fermentation essentiellement lactique qui aboutit à l'acidification et à la gélification du lait [10]

1.5.2. Définition

Ils sont obtenus par la multiplication de bactéries lactiques dans une préparation de lait. L'acide lactique produit à partir du lactose contenu dans le lait permet la coagulation du lait et confère une saveur acide aux produits. Les caractéristiques propres des différents laits fermentés sont dues à la variation particulière de certains facteurs, tels que la composition du lait, la température d'incubation ou les ferments utilisés [11].

1.5.3. Fermentation

La fermentation est un processus au cours duquel le lactose est transformé en acide lactique, sous l'action des microorganismes indigènes du lait ou ajoutés sous forme de ferments lactiques ou levains. La fermentation conduit à la prise en masse du lait par la coagulation de la caséine. Le coagulum obtenu est ferme, sans exsudation de lactosérum. L'épaississement du lait fermenté correspond à la modification de la structure des protéines du lait, suite à l'acidification du milieu qui résulte de la transformation du lactose en acide lactique par les ferments. L'aigrissement contribue à rendre le lait caillé plus sain et dans de nombreuses régions du monde ou les produits laitiers sont préparés de façon traditionnelle. Il inhibe et finit par détruire beaucoup

de germes pathogènes (agents de la Typhoïde et de la Paratyphoïde) ainsi que les coliformes nocifs [08].

1.5.4. Caractéristiques du lait fermenté

D'après Mahaut [12] les caractéristiques propres des différents laits fermentés sont dues :

- Aux variations particulières de la composition du lait.
- Aux températures d'incubation.
- A la nature de la flore microbienne lactique.

1.5.5. Classification des laits fermentés

Parmi les produits laitiers fermentés, on trouve le yaourt, la crème sure, les laits fermentés alcoolisés tel que le Kéfir et le Koumis, le lait à l'acidophile, les laits fermentés aux bifidobactéries et les laits et babeurres fermentés. On trouve également des produits classés biologique ou kasher. Du point de vue de la présentation, on peut en acheter sous forme concentrée, congelée, ou sec [04].

2. Yaourt

2.1. Définition

Le mot yoghourt proviendrait du bulgare « **yog** » voulant dire épais et « **urt** » lait [13].

Selon l'Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'organisation mondiale de la santé (OMS) (1977), le yaourt est défini comme un lait coagulé obtenue par la fermentation lactique acide due à deux ferments spécifique : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* qui sont contenus naturellement dans le lait, à l'exclusion de toutes autres bactéries.

Ces bactéries doivent se retrouver vivantes à la concentration de $10^7/g$ de produit. Elles sont thermophiles et dégradent le lactose en acide lactique à partir de $45^{\circ}C$ dont la teneur doit être au moins 0,7 % lors de sa vente [14].

2.2. Historique

Originaire d'Asie, le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) vient de « yoghurmark », mot turc signifiant « épaissir » [15] Dans le sillage des découvertes de Louis Pasteur sur la fermentation lactique, de nombreux chercheurs s'intéressent aux micro-organismes présents dans le lait. En 1902, RIS et KHOURY, deux médecins français, isolent les bactéries présentes dans un lait fermenté égyptien. METCHNIKOFF (1845-1916) isole ensuite la bactérie spécifique du yaourt « le bacille bulgare », analyse l'action acidifiante du lait caillé et suggère une méthode de production sure et régulière [16]. De nombreux autres produits sont arrivés par la suite sur le marché : laits fermentés probiotiques, laits fermentés de longue conservation (pasteurisés, UHT, lyophilisés ou séchés) et produits « plaisirs » (à boire, pétillants ou glacés). Traditionnellement, c'est le yaourt dit « nature » et ferme qui constituait l'essentiel des productions de laits fermentés. Dans les années 1960-1970, sont apparus les produits sucrés puis aromatisés et aux fruits. Actuellement, ils sont majoritaires sur le marché. L'apparition du yaourt brassé a constitué une autre étape importante de la commercialisation des laits fermentés. En outre, le développement commercial des produits probiotiques est important et correspond à une demande du consommateur [17].

2.3. L'importance

La transformation du lait en yaourt répond à plusieurs objectifs :

- Assurer la conservation des propriétés nutritionnelles du lait utilisé;
- Eliminer les micro-organismes pathogènes et d'altération;
- Augmenter la digestibilité du lait et sa valeur biologique.
- Les yaourts favorisent un bon équilibre de la flore intestinale. Ils préviennent l'obésité et l'hyperlipoprotéïnémie, contribuent à la guérison des maladies intestinales et confèrent la longévité à ses consommateurs.
- Les ferments lactiques du yaourt se sont montrés capables de dégrader les nitrosomes : substances hautement cancérigènes.
- En outre des travaux récents suggèrent que le yaourt serait plus efficace que le lait pour maintenir une cholestérolémie basse et une stimulation plus importante de la fonction immunitaire.

2.4. Composition et valeur nutritionnelle

Un pot de yaourt a la même valeur nutritionnelle qu'un verre de lait [18].

- **Glucides** : représentés dans le yaourt par le lactose qui peut subir quelques transformations chimiques (hydrolyse et fermentation) lors de l'évolution des BL ainsi d'autres glucides peuvent être présentes en faibles quantités comme le glucose et galactose [04].
- **Protéines** : constituent une part importante du yaourt, ils sont plus digestes que celles du lait parce que le yaourt contient plus d'acides aminés libres que le lait avant fermentation [19].
- **Matière minérale** : le yaourt contient tous les éléments minéraux indispensables à l'organisme notamment le calcium qui aide à la croissance des os surtout pour les enfants et les personnes âgées [20].
- **Vitamines** : le yaourt contient des vitamines du groupe B en faible quantité dont la présence des BL augmente légèrement cet apport de 10 à 15 % et il est dépourvu de vitamine C. Les vitamines liposolubles sont apportées en petite quantité sauf dans les yaourts fabriqués avec du lait écrémé ou il n'y en a aucune [14].
- **Lipides** : se composent principalement de triglycérides, phospholipides et une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de B carotène [04].

2.5. Les bactéries caractéristiques du yaourt

2.5.1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt

2.5.1.1. *Streptococcus thermophilus*

St. thermophilus est un cocci Gram positif, anaérobie facultative, non mobile. On le trouve dans les laits fermentés et les fromages [21]. C'est une bactérie dépourvue d'antigène du groupe D, thermorésistante, sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques. Elle est aussi résistante au chauffage à 60°C pendant 30 minutes [09]. Elle est isolée exclusivement du lait et des produits laitiers sous forme de coques disposées en chaînes de longueurs variables ou par paires (voir figure 1). Sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50°C. Son métabolisme est du type homofermentaire [22] Le rôle principal de *St. Thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture dans les laits fermentés. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (composés de galactose, glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnose, arabinose et de mannose) [23].

2.5.1.2. *Lactobacillus bulgaricus*

Lb. Bulgaricus est un bacille Gram positif, immobile, asporulé, micro aérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chaînettes (voir figure 2). Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final à partir des hexoses de sucres par voie d'Embden Meyerhof. Il est incapable de fermenter les pentoses. *Lb. bulgaricus* est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et en Magnésium et sa température optimale de croissance est d'environ de 42 °C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt [24].

Ces deux bactéries lactiques tolèrent de petites quantités d'oxygène. Ceci peut être probablement relié au peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) qui est produit dans les cellules en présence d'air. Le système le plus efficace pour éliminer le peroxyde d'hydrogène est l'utilisation d'une enzyme, la catalase, dont les bactéries lactiques sont déficientes. Ces dernières possèdent plutôt une peroxydase (pseudo catalase) qui est moins efficace que la catalase. Comme les bactéries lactiques n'éliminent pas facilement le peroxyde, elles sont dites micro aérophiles [25].

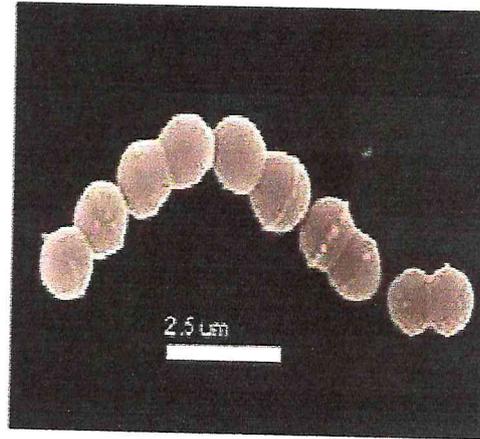
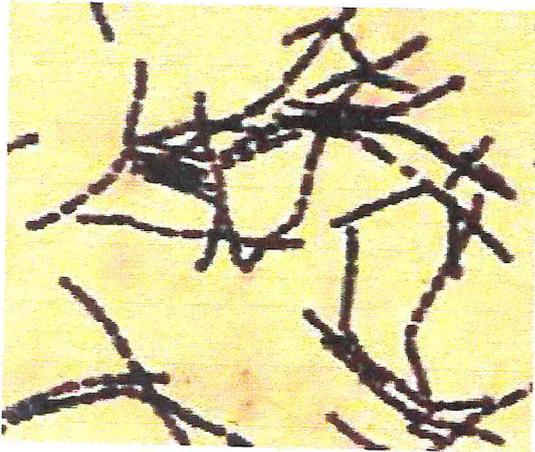


Figure 1 : *Streptococcus thermophilus*

Figure 2 : *Lactobacillus bulgaricus*

2.5.2. Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt

2.5.2.1. Production d'acide lactique

La production d'acide lactique est une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière, car cet acide organique permet de concentrer et de conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien [55]. Le métabolisme est du type homofermentaire (production exclusif de l'acide lactique). L'acidité du yaourt est communément exprimée en degré Dornic ($1^{\circ}\text{D} = 0,1\text{g/l}$ d'acide Lactique). Elle se situe entre 100 et 130 $^{\circ}\text{D}$ [56].

L'importance de l'acide lactique durant la fabrication du yaourt peut se résumer comme suit : [26, 27]

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

2.5.2.2. Activité protéolytique

Pour satisfaire leurs besoins en acides aminés, les bactéries du yaourt doivent dégrader la fraction protéique du lait constituée de caséine et de protéines sériques, leur système protéolytique est constitué de deux types d'enzymes distinctes : les protéases et les peptidases. *Lb. bulgaricus* possède des protéases localisées, pour l'essentiel, au niveau de la paroi cellulaire. Cette activité protéasique permet d'hydrolyser la caséine en polypeptide. *St. Thermophilus* est considérée comme

ayant une faible activité endopeptidasique. Elle dégrade les polypeptides par son activité exopeptidasique en acides aminés libres.

2.5.2.3. Activité aromatique

Divers composés volatiles et aromatiques interviennent dans la saveur et l'appétence du yaourt. C'est principalement le lactose qui intervient dans la formation de ces composés dans une fermentation de type hétérofermentaire. Parmi ceux-ci, l'acide lactique confère au yaourt son goût acidulé. L'acétaldéhyde, qui provient en grande partie de la thréonine, joue un rôle essentiel dans ces caractéristiques organoleptiques recherchées. La concentration optimale de ce métabolite est estimée à environ 10 ppm. Sa production, due principalement au lactobacille, est augmentée lorsque ce dernier est en association avec le streptocoque qui en élabore de faibles quantités. L'acétaldéhyde peut provenir [28].

- du pyruvate, soit par action de la pyruvate décarboxylase ou par action de pyruvate déshydrogénase (appelée aussi pyruvate formate lyase) ; de la Thréonine par l'action de la Thréonine aldolase.
- Le diacétyl contribue à donner un goût délicat qui est dû à la transformation de l'acide citrique et, secondairement, du lactose par certaines souches de streptocoques. D'autres composés (acétone, acétoïne, etc.) contribuent à l'équilibre et à la finesse de la saveur. Ceci résulte d'un choix avisé des souches, de leur capacité à produire dans un juste rapport les composés aromatiques et du maintien de ce rapport au cours de la conservation des levains et de la fabrication

Notons que la saveur caractéristique du yaourt, due à la production du diacétyl et de l'acétaldéhyde et qui est recherchée dans les produits type «nature», est en partie masquée dans les yaourts aromatisés.

2.5.2.4. Activité texturante

La texture et l'onctuosité constituent, pour le consommateur, d'importants éléments d'appréciation de la qualité du yaourt. Certaines souches bactériennes produisent, à partir du glucose, des polysaccharides qui, en formant des filaments, limitent l'altération du gel par les traitements mécaniques et contribuent à la viscosité du yaourt. L'augmentation de la viscosité du yaourt est en général attribuée à la production d'exopolysaccharide (EPS) qui, selon une étude portant sur plusieurs souches serait essentiellement composé de rhamnose, arabinose, et mannose [29].

Il est couramment admis que la production des EPS est le résultat de l'action exercée par *St. thermophilus*. Mais d'après TAMIME [30], *Lb. bulgaricus* possède une aptitude à produire des EPS composés de galactose, glucose, rhamnose à des rapports de 4/1/1.

2.6. Comportement associatif des deux souches

St. thermophilus et *Lb. Bulgaricus* se développent en association (appelée protocoopération) dans des cultures mixtes (Voir figure 3) ayant un intérêt à la fois d'ordre technologique et nutritionnel.

Ces bactéries, par leur activité acidifiante, ont un effet bénéfique du point de vue qualité hygiénique du produit. En parallèle, elles engendrent des produits secondaires qui contribuent à la qualité organoleptiques du yaourt. D'un point de vue nutritionnel, l'activité fermentaire de ces espèces lactiques favorise une solubilisation des différents constituants du lait, améliorant ainsi leur biodisponibilité [31].

3. La qualité du yaourt

3.1. Introduction

La qualité est l'ensemble des caractéristiques d'un produit ou d'un service qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites des clients et des parties intéressées (**Norme ISO 9000**) [38].

C'est un arbitrage entre multiples dimensions présentés par (4S) « sécurité, santé, saveur et service » cela correspond aux composants d'hygiène (attente d'une minimisation des dangers), nutritionnels (attente de la maximisation des profits nutritionnels), organoleptiques (on veut du bon) et d'usage (il faut que l'aliment soit pratique) [39].

3.2. Définition

La teneur du yaourt en bactéries est réglementée ($10 \cdot 10^6$ bactéries vivantes par gramme de yaourt), il doit contenir plus de 0,8g d'acide lactique pour 100g de produit, son acidité favorise l'absorption intestinale du calcium et du fer, les bactéries lactiques améliorent la flore intestinale ; la fermentation lactique développe les effets vitaminiques et antibiotiques du lait. La valeur alimentaire du yaourt est voisine de celle du lait, et sa qualité dépend du lait utilisé, des souches bactériennes, et de la teneur en MG (matières grasses) [40].

3.3. Composant de la qualité

Les produits doivent répondre à des exigences assurant la qualité commerciale. Pour être commercialisé, le produit alimentaire doit être conforme aux différents critères de la qualité [41] :

- **Nutritionnel** : composition qualitative et quantitative à des exigences assurant la qualité en macronutriments (glucides, lipides, protéides) et micronutriments (vitamines, oligoéléments).
- **Hygiénique** : absence de composés toxiques ou de microorganismes susceptibles de nuire la santé du consommateur.
- **Organoleptique** : apparence (forme, couleur), flaveur (arôme), et texture (consistance).

Remarque : Pour les trois critères cités, il convient de prendre en compte la stabilité du produit, imposant des conditions de stockages pour une bonne conservation.

- **Financier** : le coût s'oppose souvent aux autres critères, il s'agit donc d'optimiser le coût-qualité.
- **Technologique** : ce critère prend en compte de nouveaux procédés qui doivent être maîtrisés pour permettre d'assurer la qualité.

3.4. Contrôle de la qualité

Le contrôle de la qualité est l'ensemble des ressources et des techniques mises en œuvre pour garantir, au moyen de l'examen des denrées agroalimentaires ou du contrôle des matières premières, procédés de fabrication et systèmes de distribution, que les aliments sont conformes aux normes spécifiées [42].

3.4.1. Contrôle de la qualité physico-chimique

La teneur en protéines et en matières grasses est systématiquement contrôlée sur les produits finis. Le pH et/ou l'acidité titrable sont aussi mesurés [43].

3.4.2. Contrôle de la qualité microbiologique

Les contrôles doivent permettre de garantir une bonne qualité hygiénique et une bonne qualité marchande du produit fabriqué. De plus les contrôles doivent minimiser les pertes dues à des mauvaises conditions de fabrication et donc d'avoir le moins possible des produits non-conformes[44].

Selon la norme nationale de 1998, N°35 parue au Journal Officiel, les yaourts ne doivent contenir, aucun germe pathogène (Voir Tableau V).

Tableau V : critère microbiologique de yaourt (J.O.R.A.N35 du mai 1998).

Micro-organismes	Normes
Coliformes totaux	10 germes/g
Coliformes fécaux	1 germe/g
Salmonelles	Abs/25g
Staphylococcus aureus	10 germes /g
Levures	100 germes /g
Moisissures	Abs /g

3.5. Objectif de l'assurance

Les contrôles de la qualité sont effectués sur les matières premières, les produits finis, mais aussi pendant la fabrication (autocontrôle) et sur les équipements (maintenance préventive), ils visent à [45]:

- Assurer la qualité de la production (produit exempt de risque microbiologique) à tous les niveaux et vérifier que les critères fixés par les tests officiels sont bien respectés.
- Permettre également d'assurer que le produit présente des qualités organoleptiques requises et attendues par le consommateur (flaveur, texture, odeur...) qu'il soit stable pendant la durée de commercialisation.
- Répondre à l'application des accidents de fabrication en cherchant les causes et en vérifier la bonne adaptation des actions correctives mises en place.

3.6. Stades du contrôle

3.6.1. Contrôle de la matière première

Le contrôle microbiologique de la matière première doit permettre de vérifier que celle-ci ne renferme pas de microorganismes risquant de gêner le déroulement de la fabrication, ou des microorganismes qui ne pouvant être éliminés par les technologies mises en œuvre, pourraient altérer le produit fini [44].

3.6.2. Contrôle au cours de fabrication

Pendant la fabrication, certains points critiques comme la pasteurisation ou la cinétique d'acidification doivent être contrôlées, le respect du barème de pasteurisation est vérifié de façon classique, par l'enregistrement de la température de chambrage et du débit d'alimentation de l'échangeur. L'acidification est la plus souvent contrôlée en effectuant des prélèvements et des mesures de l'acidité Domic ou de pH [46].

3.6.3. Contrôle de produit fini

Les contrôles microbiologiques des produits finis portent sur leur qualité hygiénique et leur qualité marchande, et sont plus ou moins importants suivant la nature des produits et leurs destinations. En effet, le contrôle est ramené à une recherche de quelques microorganismes dangereux pour le produit [44].

3.6.4. Contrôle de la qualité sensorielle

Les contrôles organoleptiques conditionnent l'appétence et le plaisir que procure la consommation du produit, ils intègrent la couleur, la texture, l'odeur, la saveur et l'arôme [47].

3.7. Facteurs influant sur la qualité du yaourt

D'après Guiraud [52], de nombreux facteurs doivent être contrôlés pendant le procédé de fabrication pour produire un yaourt de bonne qualité :

- Qualité du lait (poudre).
- Qualité de l'additif laitier.
- Dégazage et l'homogénéisation.
- Traitement thermique.
- Choix des ferments.
- Conception de l'installation.

**PARTIE
EXPERIMENTALE**

Le but de ce travail est de vérifier la qualité physico-chimique et microbiologique de la matière première et du produit fini du yaourt aromatisé fabriqué au niveau de la laiterie d'HODNA.

1. Lieu et période de stage

Notre stage pratique a été réalisé au niveau du laboratoire de contrôle de qualités physico-chimique et microbiologique de la laiterie d'HODNA (Msila), durant une période s'étalant du mois de décembre 2014 jusqu'au mois de janvier 2015.

Il a pour objectif :

- Contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de procès et du produit fini.
- Suivie de la stabilité physico-chimique, microbiologique et organoleptique du produit fini à température de 6°C pendant 28 jours.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Matériel biologique

La présente étude a porté sur 10 échantillons de pots de yaourt aromatisé produit par l'unité d'Hodna dans le cadre de l'auto control de cette dernière, ainsi que sur 10 échantillons d'eau de procès entrante dans la fabrication de ce produit.

2.1.2. Matériel non biologique

Le matériel non biologique utilisé est présenté dans l'annexe 1.

2.2. Méthodes

2.2.1. Echantillonnage et prélèvement

- **L'eau de procès** : 10 échantillons d'eau de procès ont été prélevés comme suit : après un flambage de la vanne d'échantillonnage, nous laissons couler l'eau pendant 2 minutes puis nous prélevons l'échantillon dans un flacon stérile.
- **Produit fini**: Les prélèvements ont été effectués au laboratoire dans les meilleures conditions de stérilité (personnel et matériel). 5 pots de yaourt aromatisé ont été prélevés en

double de façon aléatoire pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques à partir de deux lots produit dans la laiterie (10). La surface des couvercles des pots est désinfectée à l'alcool, l'ouverture de l'opercule et le prélèvement de l'échantillon a été faite dans la zone de stérilisation du bec benzène.

2.2.2. Analyse physico-chimique

Pour assurer la qualité du produit, il est impératif d'effectuer un contrôle physico-chimique. L'ensemble des analyses réalisées au cours de ce contrôle (d'analyse d'eau et le produit fini) sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau VI: Les analyses physico-chimiques effectuées.

Produit	Eau de procès	Produit fini
Les paramètres à déterminer	-pH	-pH
	-TA	-Extrait sec
	-TAC	-Température
	-TH	
	-Dosage des Cl ⁻	

TA: Titre Alcalimétrique, TAC: Titre Alcalimétrique Complet, TH: Titre Hydrométrique.

2.2.2.1. Analyse physico-chimique de l'eau de proces

➤ pH

Le pH est le potentiel chimique des ions H⁺ dans une solution. Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre qui est équipé d'une sonde de température et d'une sonde de pH.

❖ Principe

Repose sur la différence de potentiel chimique entre une électrode de verre et une électrode de référence plongée dans une même solution. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺.

❖ Mode opératoire

Plonger les deux sondes de température et de pH à la fois dans l'échantillon à analyser.

❖ Expression des résultats

Dans ce cas nous attendons jusqu'à la stabilité du pH et nous lisons directement la valeur affichée.

➤ Titre hydrotimétrique (TH)

Le titre hydrotimétrique correspond à la teneur de l'eau en calcium et en magnésium, cette teneur porte le nom de dureté totale et elle correspond à la somme des concentrations.

❖ Principe

Son principe est basé sur le titrage par complexométrie du Ca^{2+} et Mg^{2+} avec une solution aqueuse de sel de disodique d'acide éthylène diamine tétraacétique "EDTA" solution de pH=10, l'indicateur colore est le noir eriochrome T (NET), donne une couleur rouge foncée ou violette en présence de ces ions. Lors du titrage l'EDTA réagit avec les ions de Ca^{2+} et de Mg^{2+} libres en solution puis au point d'équivalence avec ces ions combinés, ce dernier est libéré et provoque un changement de couleur du violet au bleu.

❖ Mode opératoire

Dans un bécher de 250 ml, introduire 100 ml d'eau à analyser puis ajouter 10 ml de solution tampon pH=10 et 2 gouttes de l'indicateur colore NET, la solution doit se colorer en violet, titrer ensuite avec l'EDTA, tout en ajoutant constamment jusqu'au virage du violet en bleu. Le point final est atteint lorsque la dernière nuance violette a disparu.

❖ Expression des résultats

Soit V le volume nécessaire pour la titration donc $\text{TH}=\text{V}$.

La dureté totale est exprimée en degré français °F.

Remarque : Un degré français (1°F) équivaut à 4 mg de calcium par litre et à 2,4 mg de magnésium par litre.

❖ Titre alcalimétrique (TA)

Le titre alcalimétrique mesure la teneur d'eau en hydroxydes et carbonates.

❖ Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

❖ Mode opératoire

Dans un bêcher de 250 ml, verser 100 ml d'eau à analyser, ajouter les 2 gouttes de phénophtaléine, une coloration rose doit se développer.

Dans le cas contraire (pas de coloration) $TA=0$.

Verser ensuite doucement l'acide sulfurique à l'aide d'une burette, en ajoutant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de solution.

❖ Expression des résultats

S'il n'y a pas de coloration $TA=0$

Si non: V exprime le TA en degré français °F, avec V le volume nécessaire pour la décoloration de la solution, donc $TA=V$.

❖ Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet correspond à la teneur d'eau en alcalis libres (CO_3), carbonates, et hydrogénocarbonates.

❖ Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

❖ Mode opératoire

Utiliser l'échantillon traité, précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration, ajouter 2 gouttes de méthylorange à 100 ml d'eau à analyser puis titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à virage du jaune au jaune orange. S'assurer qu'une goutte d'acide en excès provoque le passage de jaune orange au rouge orange.

❖ Expression des résultats

Le résultat de TAC lu directement sur la burette correspond au volume de l'acide sulfurique à 0.02 N versé depuis le début de titrage : $TAC = V (°F)$.

❖ Teneur en chlorure Cl⁻

C'est l'ensemble de chlore sous forme Cl⁻ ou NaCl en solution.

❖ Principe

Les Cl⁻ sont dosés en milieu neutre, par solution de nitrate d'argent (AgNO₃), ce titrage se fait en présence de bichromate de potassium comme indicateur coloré. La fin de réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge brique caractéristique de chromate d'argent.

❖ Mode opératoire

Dans un bêcher de 250 ml, introduire 100 ml d'eau à analyser, puis ajouter 10 gouttes de bichromate de potassium (K₂CrO₄) à 10%, titrer avec la solution de nitrate d'argent à 0.1 N jusqu'au virage du jaune au rouge brique.

❖ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml: $CF = (V \times 10 - 0.9) \times 35,5$. Avec :

V: le volume d'AgNO₃ nécessaire pour le titrage.

0.9 : volume d'AgNO₃ nécessaire pour l'obtention de la même teinte rouge dans un essai avec 100 ml d'eau distillée qui est égale à 0.9.

35.5: masse molaire de chlore.

10 : pour avoir le résultat en L.

* Les chlorures sont exprimés en mg par litre d'eau (mg/l).

2.2.2.2. Analyse physico-chimique du produit finit**❖ Détermination de l'extrait sec**

C'est le pourcentage des matières sèches existantes dans le produit résultant de sa dessiccation.

❖ Principe

Le principe de la mesure de l'extrait total par la méthode de thermo balance repose sur l'évaporation de l'eau contenue au niveau de l'échantillon à analyser, par une source de chaleur.

❖ Mode opératoire

Dans la coupelle d'aluminium, préalablement séchée et tarée, peser 2g de produit à analyser, qui doit être étalé à l'aide d'une spatule sur toute la surface de la coupelle, en faisant attention de ne pas toucher les bords, puis cette dernière est mise dans l'appareil qui est mise en marche en baissant le couvercle et en appuyant sur START.

❖ Expression des résultats

L'extrait sec est exprimé en % massique: Après 5 minutes, un bip sonore indique la fin de l'opération de dessiccation, et le résultat s'affiche sur l'écran de l'appareil en % massique par rapport au total.

❖ Dans le cas de la poudre de lait ou de sucre : il convient de calculer le taux d'humidité par la relation: $H \% = 100 - EST$, avec :

H: humidité en %.

EST : extrait sec total en %.

❖ pH et température

Le présent mode opératoire a pour but de décrire la méthode de détermination du pH du lait ou produit laitier selon la méthode officiel

❖ Principe

Le principe repose sur la différence de potentiel chimique existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-kcl) plongeant dans une même solution, c'est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Selon les lois de NERST, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+

❖ Mode opératoire

Plonger les deux sondes de température et pH à la fois dans l'échantillon à analyser, attendre jusqu'à la stabilité du pH et lire la valeur affichée.

2.2.3. Contrôle microbiologique

Le contrôle microbiologique a pour but d'assurer la stabilité des denrées destinées au consommateur. Dans ce contrôle, nous nous basons sur le dénombrement et la recherche des microorganismes dictés par JORA.

Les germes recherchés dans les différents échantillons sont dans le tableau suivant :

Tableau VII: Germes recherchés dans les différents échantillons

	Eau de procès	Produit fini
Mésophiles totaux	+	-
Coliformes totaux	+	+
Coliformes fécaux	+	+
Staphilococcus aureus	-	+
Salmonelle	-	+
Levures et moisissures	-	+

+ : Germes recherchés - : Germes non recherchés

2.2.3.1. Préparation des solutions mères (SM)

La préparation des solutions mères doit se faire comme suit :

- Tarer un flacon stérile, puis peser 25 g du yaourt à analyser.
- Ajouter 225 ml de solution du Tryptone Sel Eau (TSE).
- Homogénéiser, cette suspension correspond à la dilution 10^{-1} .

2.2.3.2. Préparation des dilutions décimales

La préparation des dilutions décimales doit se faire comme suit :

- A l'aide d'une pipette pasteur stérile, prélever 1 ml (20 gouttes) de la dilution 10^{-1} , et introduire dans un tube stérile contenant au préalable 9 ml de TSE, après homogénéisation nous obtenons ainsi la dilution 10^{-2} .
- Pour la dilution 10^{-3} , prélever aseptiquement 1 ml de la dilution 10^{-2} , et l'introduire dans un autre tube stérile contenant au préalable 9 ml de TSE, et homogénéiser (**figure 5**).

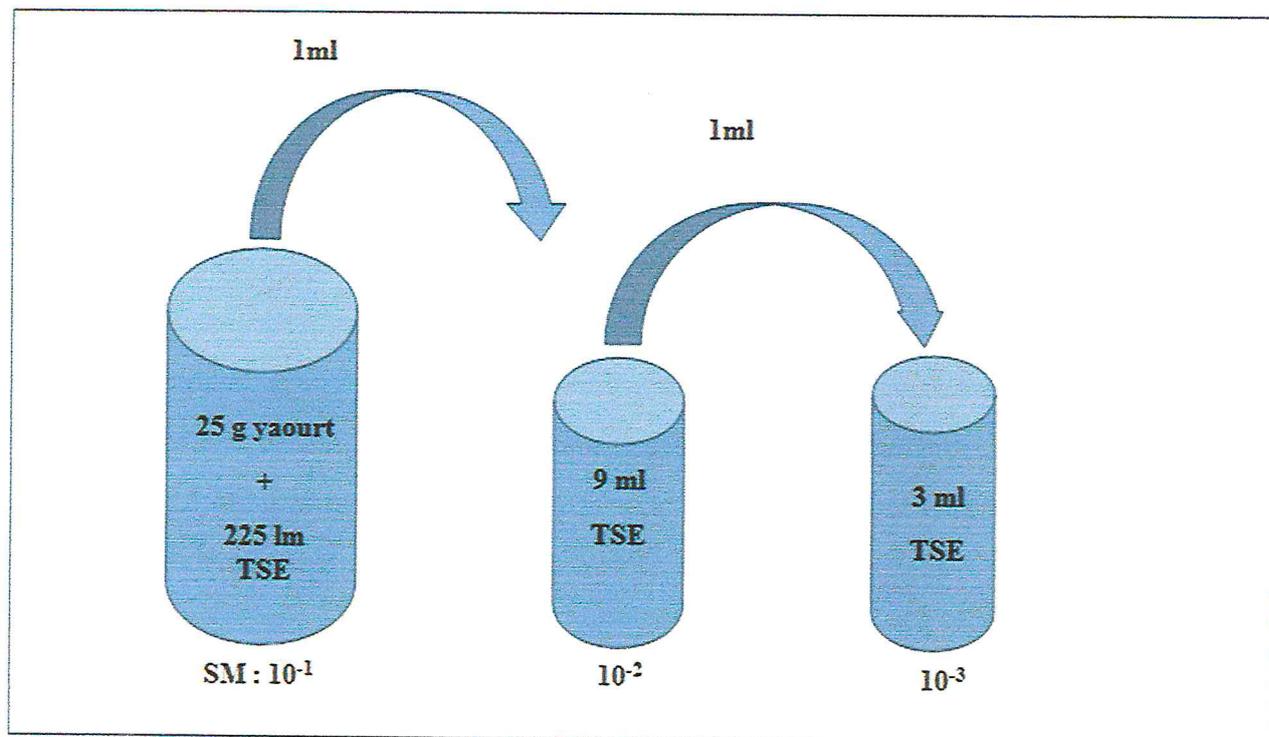


Figure 5 : préparation de la suspension mère et des dilutions décimales

2.2.3.3. Recherche et dénombrement des germes mésophiles totaux

En principe, une flore totale aérobie mésophile peut être considérée comme flore d'altération car la présence des micro-organismes indique un processus de dégradation en cours.

❖ Mode opératoire

Cette recherche est réalisée comme suit :

- A partir de l'eau de procès porter aseptiquement à 2 fois 1 ml dans deux boîtes de pétri vides et numérotées.
- Mettre dans chaque boîte de pétri environ 15 à 20 ml de gélose Plat Count Agar (PCA) fondue puis refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$.
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de (8) pour permettre à l'inoculum de se mélanger avec la gélose.
- Laisser solidifier sur pailleasse, puis incuber les boîtes à 30°C pendant 72 heures. Pour l'eau de procès une boîte sera incubée à 22°C pendant 72 heures, et l'autre incubée à 37°C pendant 72 heures.

❖ Lecture et dénombrement

La lecture s'effectue par comptage visuel après 72 heures d'incubation, les colonies de la flore totale se présentent sous forme lenticulaire, en masse.

- Faire ensuite des mouvements circulaire et de va et vient en forme de 8 pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger avec la gélose utilisée.
- Utiliser pour chaque dilution 2 boîtes de pétri : l'une incubée à 37°C pendant 24 à 48 heures pour la recherche des coliformes totaux(CT), et l'autre à 44°C pendant 24 à 48 heures pour la recherche des coliformes fécaux (CF).

❖ **Lecture et dénombrement**

Les coliformes apparaissent en masse sous forme de petites colonies, de couleur rouge foncée fluorescente et de 0,5 mm de diamètre, dénombrer les colonies lenticulaires roses- rouge comprises entre 30 et 300. Ensuite, multiplier le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution. Le résultat est exprimé en UFC/ml de produit analysé.

➤ **Dans l'eau de procès**

❖ **Principe**

La recherche et le dénombrement des coliformes dans l'eau se fait en milieu liquide sur Bouillant Lactose au Pourpre de Promocréasol(BCPL) de couleur violette par la technique du nombre le plus probable (NPP). La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des CT.
- Le test de confirmation: appelé encore test de Mac Kenzie est réservé à la recherche des CF à partir des tubes positifs du test de présomption.

❖ **Mode opératoire**

➤ **Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement (voir figure 8)

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml du milieu BCPL (D/C) muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant chacun 10 ml du milieu BCPL (D/C) muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant chacun 10 ml du milieu BCPL (SIC) muni d'une cloche de Durham.
- Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélange le milieu et l'inoculum.
- Incuber l'ensemble des tubes à 37°C pendant 48 heures.

❖ **Lecture**

Sont considérés comme positifs (présence des CT) les tubes présentant à la fois:

- Un dégagement gazeux (au moins égale au 1/10^{ème} du total de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage de la couleur du milieu du violet au jaune.

Les résultats sont exprimés en nombre de CT / 100 ml d'eau analysée selon la table du NPP (Annexe 2).

➤ **Test de confirmation ou test de Mac Kenzie**

Ce test est basé sur la recherche des coliformes thermo tolérants parmi lesquels, nous redoutons surtout la présence d'*Escherichia coli* (source de contamination fécale). Les coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les CT mais à 44°C avec production d'indole.

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

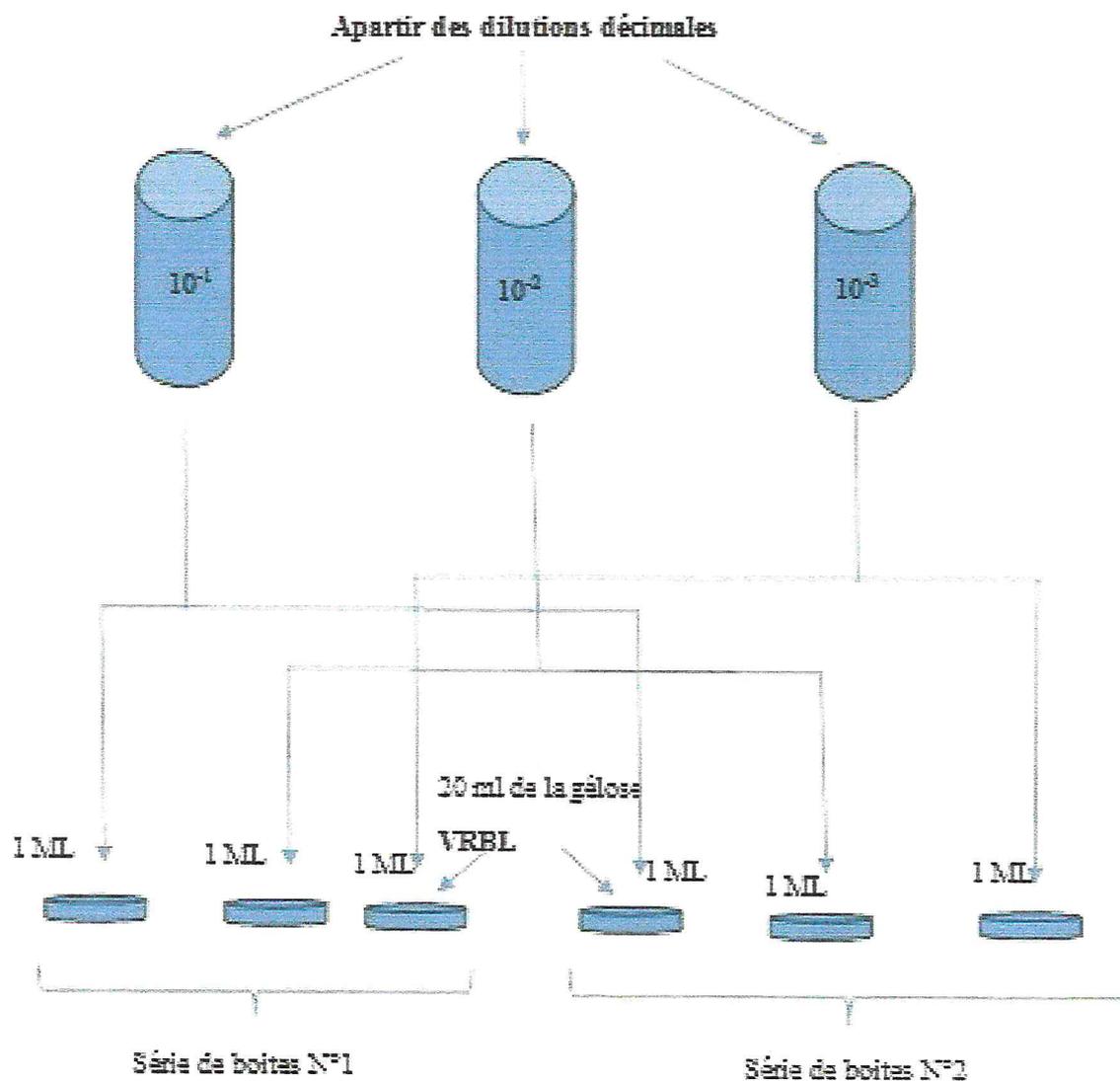
Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. Incuber les tubes à 44°C pendant 24 heures.

❖ **Lecture**

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

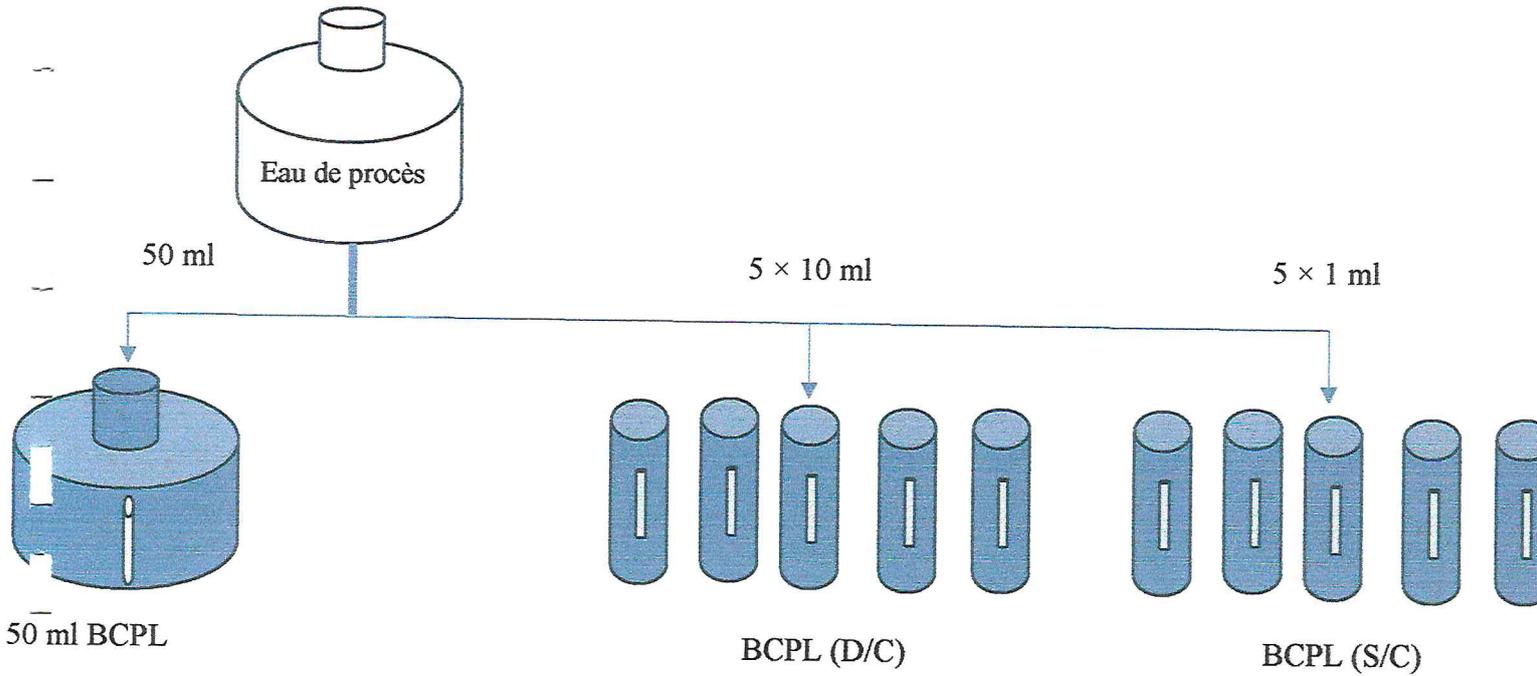
- Un dégagement gazeux (au moins 1/10 du volume de la cloche).
- Un anneau rouge en surface, ce dernier indique la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovac.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.



- Pour les boîtes de série N°1, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures
- Pour les boîtes de série N°2, l'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures

Figure 7: technique de recherche et de dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans le produit fini.



- Les tubes positifs sont ceux qui présentent : un dégagement de gaz (au moins 1/10 de la cloche) et en virage de couleur du violet vers la jaune.

❖ Test confirmatif

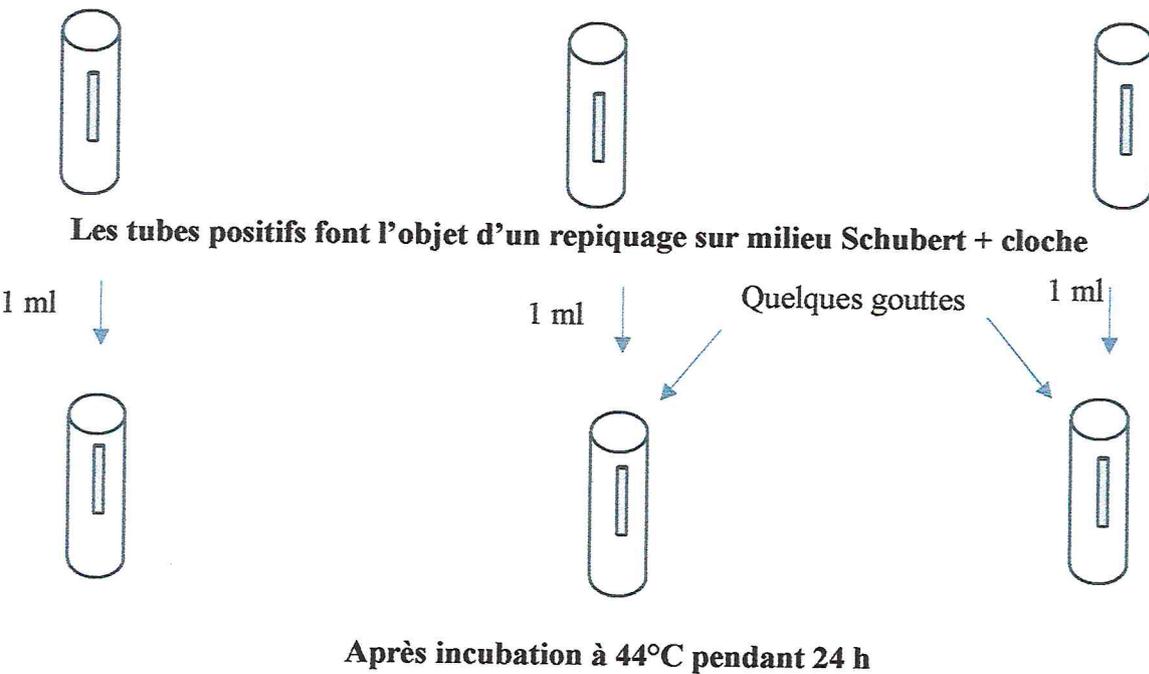


Figure 8 : Technique de recherche et de dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau de procès

2.2.3.5. Recherche et dénombrement des *staphylococcus aureus*

Les *Staphylococcus aureus* sont des germes aéro-anaérobies facultatifs, possédant une catalase, sont capable de réduire le tellurate de potassium en tellure métallique, qui se traduit par un virage du milieu Giolitti Cantoni (GC) au noir. Elles ont la particularité d'utiliser le mannitol présent dans le milieu Chapman avec production d'acide, qui se traduit par un virage du rouge de l'indicateur colore (rouge de phénol) au jaune, donnant des colonies pigmentées en jaune.

❖ Mode opératoire

La recherche de *Staphylococcus aureus* se fait en deux étapes :

➤ Enrichissement

- Prendre aseptiquement 1 ml des dilutions décimales dans des tubes contenant 15 ml du milieu de GC additionné de tellurate de potassium.
- Mélanger soigneusement le milieu et l'inoculum.
- Incuber les tubes à 37°C pendant 48 heures.

❖ Lecture

Les tubes ayant virés au noir sont considérés comme positifs.

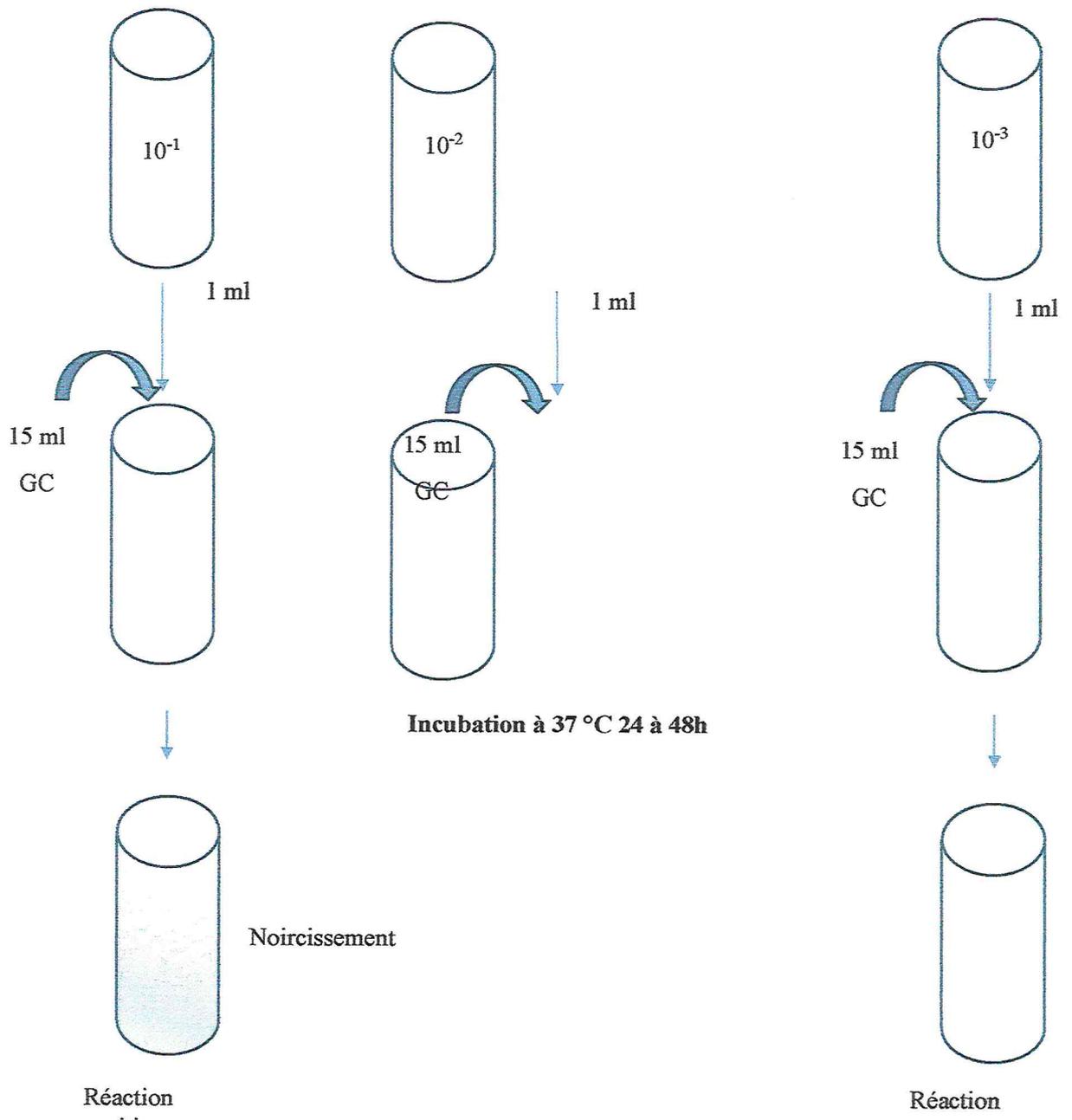
➤ Isolement

Les tubes ayant virés au noir, doivent faire l'objet d'une confirmation par isolement sur gélose Chapman préalablement fondue et coulée en boîte de pétri et bien solidifiée. Incuber les boîtes de Chapmanensemencées à 37°C pendant 48 heures (**figure 9**).

Lecture

Après incubation, dénombrer les colonies circulaires, lisses, brillantes et pigmentées en jaune due à la fermentation du mannitol, comprises entre 30 et 300 colonies. Les résultats sont exprimés en UFC/g.

A partir des dilutions décimales



Isolement sur Chapman



Incubation à 37C° pendant 24 à 48h

Figure 9: Technique de recherche et de dénombrement des *staphylococcus aureus* dans le produit fini

2.2.3.6. Recherche et dénombrement de salmonelles

❖ Principe

Leur température optimale de croissance et de culture est de 37°C en milieu, liquide et après incubation, les salmonelles donnent un trouble homogène sur milieu solide et sélectif de type gélose d'Hektoen, les salmonelles donnent des colonies 2 à 4 mm de diamètre de couleur verte (couleur du milieu) avec ou sans centre noir.

Les colonies ont généralement un aspect lisse mais parfois elles ont un aspect rugueux. Parfois, nous retrouvons des colonies naines de 1 mm de diamètre.

❖ Mode opératoire

Les salmonelles sont des bactéries difficiles à être isoler, vu leur nombre très faible. Pour cela, leur recherche se fait sur 25 g de produit solide. La recherche de salmonelles passe par 4 étapes :

- Pré enrichissement : mettre 25 g du produit fini dans 225 ml du milieu d'eau peptone tamponnée (EPT) qui sera incubé à 37 °C pendant 24 heures.
- Enrichissement primaire : à partir de ce dernier prélever 10 ml qu'il faut introduire dans un flacon de 100 ml de Bouillon Sélénite de Sodium(SFB), et l'incuber à 37 °C pendant 24 heures.
- Enrichissement secondaire : consiste à prélever 0.1 ml d'enrichissement primaire dans un autre tube contenant 10 ml de SFB, l'incubation sera à 37 °C pendant 24 heures. Le flacon et le tube se colorent en rouge brique (réaction positive).
- Isolement : se fait sur gélose Hektoen (ensemencement en stries). Dans les deux cas, l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures (**figure 10**).

❖ Lecture

Les colonies du genre Salmonella sur gélose Hektoen apparaissent le plus souvent gris bleu avec ou son centre noir.

- **Préparation du milieu d'enrichissement (pré enrichissement)**

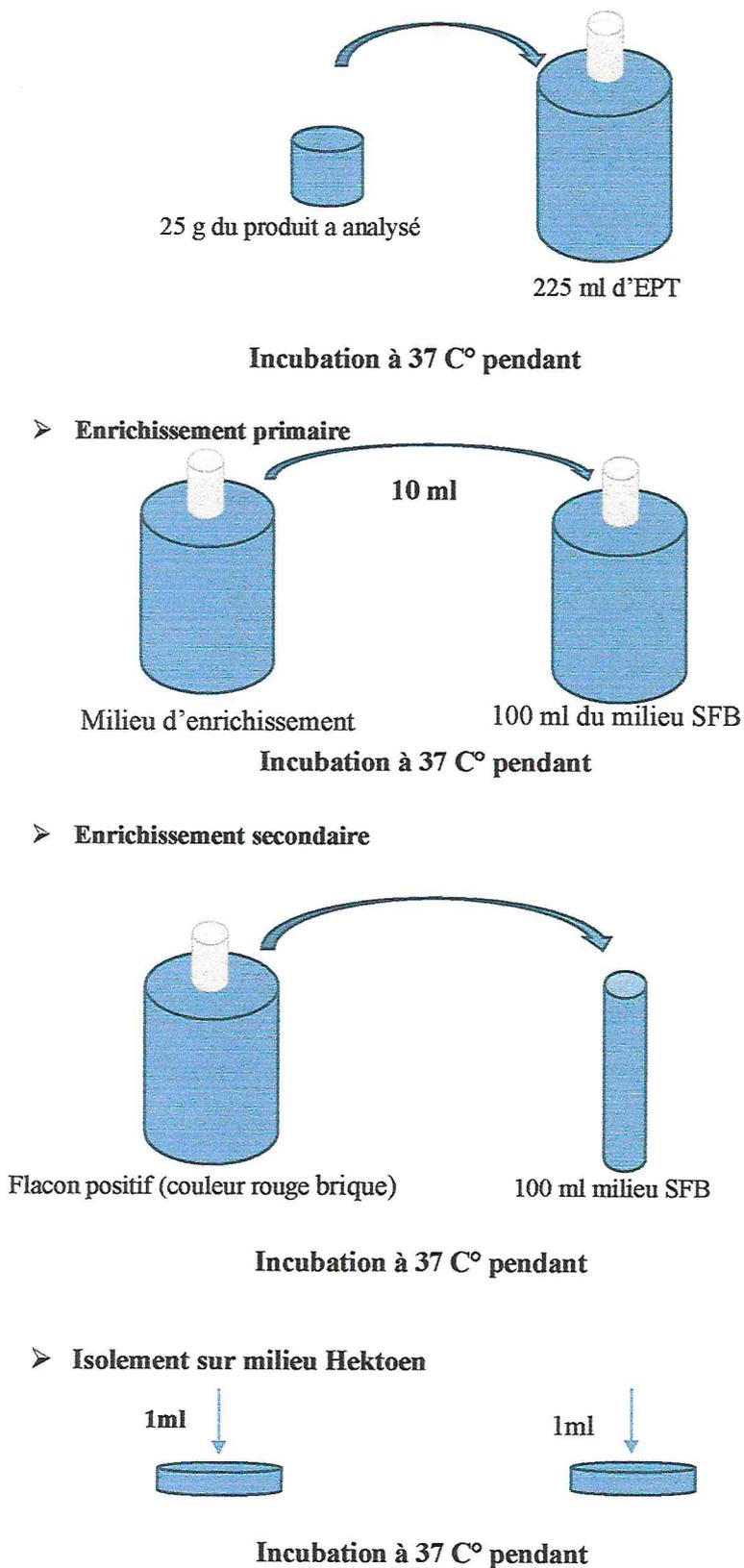


Figure 10: Technique de recherche et dénombrement des Salmonelles dans le produit fini

2.2.3.7. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

❖ Principe

Les levures et les moisissures peuvent pousser sur milieu Sabouraud sélectif par addition de chloramphénicol (antibiotique très actif sur les bacilles Gram-).

❖ Mode opératoire

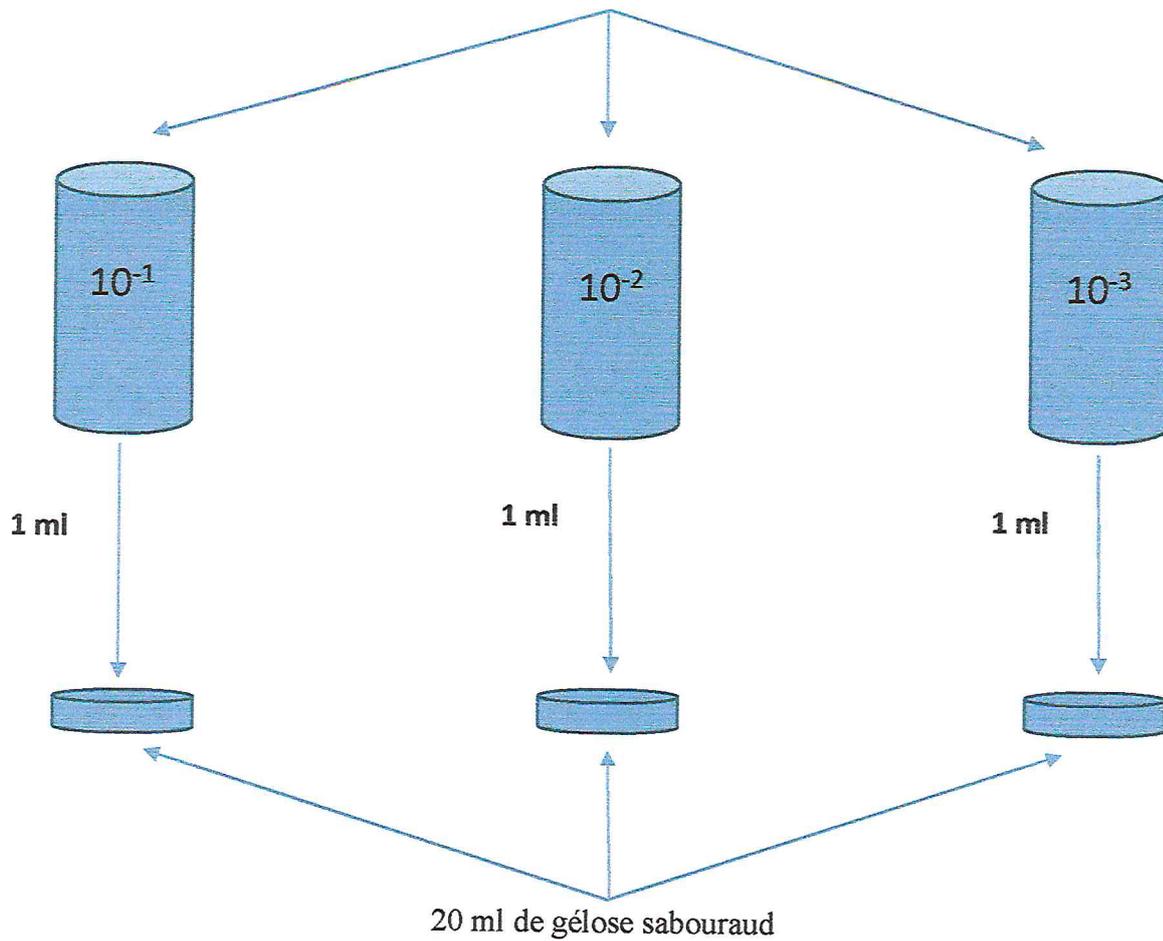
Cette recherche se fait comme suit (**figure11**) :

- A partir des dilutions décimales 10^{-1} à 10^{-3} porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de Pétri.
- Couler, dans chacune des boîtes de Pétri, environ 20 ml de gélose Sabouraud au chloramphénicol. Ce dernier étant un antibiotique inhibant la prolifération des bactéries.
- Mélanger soigneusement avec des mouvements de va et vient et en forme de (8) pour bien homogénéiser la gélose et l'inoculum.
- Laisser le mélange solidifier sur la paillasse pendant 15 minutes.
- Incuber les boîtes de Pétri à 25°C pendant 5 jours

❖ Lecture

Les colonies des levures sont brillantes rondes, pigmentées et opaques avec une odeur de levure de bière et les moisissures sont compactes, rugueuses et pigmentées.

Multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution correspondante et les résultats sont exprimés en UFC/ml ou UFC/g de produit analysé.



Etalement en surface sur gélose Sabouraud
Additionnée de chloramphénicol
Incubation à 25 C pendant 5 jours

- Les colonies de levures sont brillantes rondes, pigmentées et opaques
- Les colonies de moisissures sont compactes rugueuses et pigmentées

Figure 11: technique de recherche et dénombrement des levures et moisissures dans le produit fini

2.2.4. Test sensoriel

Les caractères organoleptiques d'un produit sont des critères importants pour l'acceptabilité du produit. L'analyse physico-chimique d'un produit est bien évidemment incontournable, mais elle ne suffit pas à le décrire, car elle est tout à fait insuffisante pour refléter ce que perçoit le consommateur sur le plan sensoriel.

Cette notion est subjective car l'instrument principal est l'homme. Les dégustateurs sont de deux sexes, d'âge différent et sont tous des étudiants ou des techniciens dans le domaine de contrôle de qualité; ainsi chaque dégustateur donne son jugement séparément d'autres. Le jugement final porte sur le tableau des résultats est celui mis par la majorité, pour cela un formulaire à été proposé pour le test sensoriel ou la distribution des notes est effectuée selon une échelle de 1 à 4 pour donner une appréciation du produit qui nous à été donnée par la laiterie d'Hodna.

3. Résultats et discussion

3.1. Analyses physico-chimiques

3.1.1. Eau de procès

Les résultats du contrôle physicochimique effectué sur l'eau de procès sont présentés dans le tableau IX.

Tableau IX: Résultats des analyses physicochimiques du l'eau de procès.

Paramètres étudiés					
Echantillons	PH	TA °F	TAC °F	TH °F	Cl mg/l
Normes*	6.5-8.2	0	20-26	10-15	< 71
01	7.20	0	25.30	14.40	70
02	7.38	0	22.50	13.22	56.80
03	7.32	0	25.30	11.50	71
04	7.25	0	24.10	13.70	59
05	6.92	0	23.88	12.92	63
06	7.45	0	24.03	14.35	58
07	7.88	0	23.95	13.59	67
08	7.30	0	23.50	14.50	56.80
09	8.02	0	22.26	13.66	70.52
10	7.53	0	24.90	12.98	68.54

* : Normes établies par J.O.R.A (1998)

A partir des résultats du tableau IX, nous remarquons que l'eau analysée est caractérisée par un pH neutre, ces résultats sont conformes aux normes par J.O.R.A [54], ce qui assure une bonne neutralité à l'eau de procès à une température ambiante. En effet, l'acidité de l'eau provoque une corrosion des tuyauteries métalliques conduisant à une augmentation des concentrations de certaines substances métalliques, et la basicité de l'eau entraîne un dépôt de calcaire dans les canalisations et aussi une diminution de l'efficacité du processus de désinfection au chlore [48].

Le TAC compris entre 20-26°F et le TA est de 0°F qui est conforme, si celui-ci dépasse le 0°F peut endommager l'installation par l'action des hydroxydes (OH) et carbonates (CO₃).

La teneur en chlore est conforme à la norme décrite par J.O.R.A[54], ce qui atteste que la chloration et la déchloration sur charbon actif ont été bien maîtrisées.

Partie expérimentale

Résultats et discussion

Selon FAO [49] : les eaux de procès destinées à la fabrication des produits laitiers doivent répondre aux normes en vigueur car les eaux non-conformes sont responsables d'accidents de fabrication, seule l'eau potable devrait être utilisée pour la manutention des denrées alimentaires.

3.1.2. Résultats du contrôle physico-chimique du produit fini et du test de stabilité

(Suivi de la qualité physicochimique du produit fini pendant le stockage)

Les résultats du contrôle physico-chimique effectué sur le produit fini sont mentionnés dans le tableau ci-dessous, sachant que les normes décrites par J.O.R.A [54] dans ce cas sont :

✓ pH = 4.2 -4.7 ; EST =23-25% ; Humidité= 75-77 %.

Tableau X : Résultats des analyses physico-chimiques du produit fini.

Paramètre/temps Echantillons	Temps (J+07)			Temps (J+14)			Temps (J+21)		
	pH	EST	H	pH	EST	H	pH	EST	H
01	4.60	24.56	76.55	4.40	24.43	76.70	4.35	24.22	76.92
02	4.37	24.92	75.50	4.30	24.71	75.68	4.25	24.50	76.05
03	4.41	23.56	76.63	4.38	23.34	76.83	4.32	23.26	76.98
04	4.52	23.66	76.18	4.49	23.56	76.30	4.41	23.46	76.90
05	4.57	23.87	75.22	4.51	23.74	75.54	4.49	23.60	76.28
06	4.78	24.98	75.29	4.76	24.85	75.62	4.72	24.64	76.12
07	4.39	25.00	76.51	4.38	24.94	76.73	4.36	24.87	76.99
08	4.92	23.98	75.88	4.89	23.87	76.02	4.84	23.64	76.92
09	4.88	24.55	76.42	4.80	24.40	76.68	4.77	24.19	77.00
10	4.63	24.96	75.26	4.57	24.82	75.57	4.52	24.63	76.30

Les résultats de tableau montrent :

Une diminution progressive des valeurs de pH. Selon **Lurpent [50]** : « le yaourt conservé au froid, à une température ne devant pas dépasser 8 C°, pendant 21 jours. Dans ces conditions les bactéries du yaourt ne se multiplient pas mais conservent néanmoins une activité métabolique, ainsi l'acide lactique est encore produit à partir du lactose, ce qui abaisse le pH».

Une légère baisse des valeurs de l'EST, mais elles restent conformes aux normes établies par **J.O.R.A [54]**. Cette légère diminution est due, selon **Leveau et Bouix [51]**, à la faible activité protéolytique des bactéries lactiques du yaourt.

3.2. Analyses microbiologique

3.2.1. Eau de procès

Les résultats du contrôle microbiologiques effectué sur l'eau de procès sont présentés dans le tableau XI.

Tableau XI: Résultats des analyses microbiologiques d'eau de procès.

Germes recherchés			
Echantillon	FAMT	CT	CF
Normes (J.O.R.A, 1998)	<10 ² UFC/g	<10 UFC/100 ml	Abs/100 ml
01	Abs	Abs	Abs
02	Abs	Abs	Abs
03	Abs	Abs	Abs
04	Abs	Abs	Abs
05	Abs	Abs	Abs

D'après les résultats de tableau, nous notons une absence totale des mésophiles totaux, coliformes totaux et coliformes fécaux, qui sont des germes de contamination fécale. Cette absence est due à l'efficacité du traitement que subit l'eau au niveau de la laiterie et son contrôle quotidien pour détecter toute défaillance pour la rectifier.

Selon **Larpent [50]**, l'eau de reconstitution présente une grande proportion dans la composition du lait, pour cela elle doit être de bonne qualité bactériologique et dépourvue de pesticides.

3.2.2. Résultats de contrôle microbiologique du produit fini et du test de stabilité (Suivi de la qualité microbiologique du produit fini pendant le stockage)

Les résultats du contrôle microbiologique effectué sur les dix échantillons concernant le produit fini sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau XII: Résultats des analyses microbiologiques du produit fini.

Echantillons	Coliformes totaux	Coliformes fecaux	salmonelles	<i>Staphylocoque aureus</i>	Levures	Moisissures
01	abs	abs	abs	Abs	abs	abs
02	abs	abs	abs	Abs	80	abs
03	6	abs	abs	Abs	abs	63
04	250	abs	abs	abs	50	150
05	7	abs	abs	abs	abs	abs
06	75	abs	abs	abs	78	abs
07	7	abs	abs	abs	30	100
08	7	abs	abs	abs	70	abs
09	250	abs	abs	abs	300	abs
10	25	abs	abs	abs	50	250

3.2.2.1. Classement des échantillons analysés par rapport aux normes

La législation algérienne recommande la recherche de certains germes pour l'évaluation de la qualité hygiénique et sanitaire du yaourt (voir tableau XIII).

Tableau XIII: Normes décrites dans J.O.R.A n° 35/98 des produits laitiers (yaourt)

Germes recherché	Normes
Coliformes totaux	10 Germes/g
Coliformes fecaux a 44°C	1 Germes/g
Stahylococcus aureus a 37°C	100germes/g
Salmonelles a 37°C	Abs/25g
Levures	<100 Germes /g
Moisissures	Absence

Les résultats du classement par rapport à chaque norme figurent dans le Tableau XIV.

Tableau XIV : L'interprétation des résultats des analyses bactériologiques selon les normes décrites dans J.O.R.A n° 35/98 des produits laitiers (yaourt).

Germes recherchés	Echantillons			
	≤ a la norme	%	> a la norme	%
Coliformes totaux	6	60	4	40
Coliformes fécaux	10	100	0	0
Staphylococcus aureus	10	100	0	0
Salmonelles	10	100	0	0
Levures	9	90	1	10
Moisissures	6	60	4	40

Cependant, nous attribuerons la présence de cette flore à [52]:

- Insuffisance des traitements thermiques (<65°C),
- Contamination au cours de la chaîne de production,
- Conservation inadéquate ou trop longue, permettant la prolifération bactérienne.
- Défaut de procès ou mauvaises conditions de fabrication.

Les moisissures sont très répandues dans la nature, elles sont communes dans le sol, l'air et les poussières se développent très facilement sur les murs et les plafonds des bâtiments très humides. Prolifèrent dans les réfrigérateurs car elles tolèrent le froid, certaines espèces sont toxigènes, dont l'ingestion en quantité suffisante provoque une intoxication chez le consommateur [53].

Les levures affectent particulièrement les produits acides, sucres, ou riche en MG, elles tolèrent mieux le froid que la chaleur. En générale, les levures ne sont pas pathogènes, mais leur présence dans les aliments est souvent indésirable à cause des altérations qu'elles peuvent engendrer [53].

3.3. Test sensoriel

Les résultats de test sensoriel de notre produit au cours de stockage à 6 °C sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau XV : Résultats d'évaluation organoleptique au cours de stockage à 6 °C du yaourt en pot.

Temps	J+7				J+14				J+21			
	aspect	Viscosité	Gout	Odeur	aspect	Viscosité	Gout	Odeur	aspect	Viscosité	Gout	Odeur
Caractéristique												
Echantillons												
01	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
04	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
07	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
08	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
09	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1

(1 : Très bon; 2 : bon ; 3 : moyen ; 4 : médiocre).

D'après les résultats obtenus de test d'appréciation de la qualité organoleptique, nous constatons que:

- ❖ **L'aspect** : est jugé très bon, ce résultat est due à l'absence de sérum.
- ❖ **La viscosité** : est jugée très bonne jusqu'à 14^{ème} jour et bonne après 21^{ème} jour. Selon **Larpen et Bourgeois [54]** : « les enzymes protéolytiques continuent à hydrolyser les protéines et peuvent ainsi entraîner une diminution de la viscosité ou la rigidité du gel ».
- ❖ **Le gout** : le yaourt a présenté un très bon gout jusqu'à 21^{ème} jour, au cours de 28^{ème} jour le yaourt présente un bon gout.
- ❖ **L'odeur** : en ce qui concerne l'odeur est jugée très bonne durant toute la durée de stockage.

CONCLUSION

Les résultats obtenus du contrôle physico-chimiques et microbiologiques effectués sur l'eau de procès et le produit fini ont montré que:

Concernant le contrôle de la qualité

- * Sur le plan physico-chimique, l'eau de procès et le produit fini présentent une bonne qualité marquée par une conformité aux normes.
- * Sur le plan microbiologique, l'eau de procès et le produit fini présentent une bonne qualité marquée par une absence totale des germes pathogènes, des germes d'altérations et des germes indicateurs d'une contamination fécale.
- * Sur le plan organoleptique à savoir (aspect, viscosité, goût et odeur) le produit fini présente une bonne qualité.

Concernant l'étude de la stabilité du yaourt conservé à 6°C

- * Sur le plan physico-chimique nous observons une diminution du pH ainsi qu'une légère diminution de l'extrait sec total qui reste toujours dans la marge des normes pendant la période de consommation.
- * Sur le plan microbiologique, nous remarquons une absence totale des germes pathogènes, des germes d'altération et des germes indicateurs d'une contamination fécale durant toute la période de conservation.

Ces résultats nous permettant de dire que l'eau de procès et le produit fini sont d'une bonne qualité physico-chimique et microbiologique et que les conditions d'hygiène lors de la fabrication, du transport et de stockage ont été respecté.

L'unité laitière d'Hodna met à la disposition du consommateur toute une gamme des produits qui subissent des analyses différentes suivant des normes internationales avant d'être mis sur le marché pour assurer une qualité et un degré d'hygiène élevé.

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **DEBRY. G** (2001) « Lait, nutrition et santé », Edition: Technique et documentation. Lavoisier Paris: 273 pages.
2. **SABLONNIERE B** (2001) «Technologie alimentaire ». Paris Ellipses. 91 p.
3. **VEISSEYRE R** (1975) «Technologie du lait: constitution, récolte, traitement et transformation du lait ».3^{ème} édition. Maison Rustique, Paris. P436-445-453-463.
4. **VIGNOLA C. L** (2002) « Science et technologie du lait, transformation du lait Presse inter polytechnique ». 600 p.
5. **LEVEAU J.Y et BOUIX M.** (1993) « Microbiologie industrielle : les microorganismes d'intérêt industriel ». Tec. et Doc. Lavoisier. APRIA. Parie. 453 p.
6. **GUIRAUD J.P et ROSEC J.P.,** (2004) « Pratique des normes en microbiologie alimentaire ». AFNOR. Paris. 450 p.
7. **SUTRA L** (1998) « Manuel de bactériologie alimentaire ». Edition polytechnica .Paris. 345p.
8. **SUTRA L et FEDIRIGHI M** (1998) « Manuel de bactériologie alimentaire » Paris édition polytechnica.308 p.
9. **DELLAGLIO F, DESMAZEUD M et WEBERT F** (1994) « Bactéries lactiques » vol 2. Aspect fondamentaux et technologie. Paris. Édition Uriage Lorica .605 p.
10. **BEAL C ET SODINI I** (2003) « Fabrication des yaourts et des laits fermentes volume BIO1 » édition techniques d'ingénieur. Paris. F 6315. 18p.
11. **LUQUET F M et CORRIEU G** (2005) « Bactéries lactiques et probiotiques Tec. & Doc. Lavoisier » Paris. 307 p.
12. **MAHAUT M, JEANTET R, BRULE G et SCHUCK P** (2000) « Les produits industriels laitiers Tec. et Doc. Lavoisier » Paris. 178 p.
13. **PERDIGON G** (2005) « Les laits fermentes du monde. Afrique du Sud : Safari Nutrition ». 5 p. Portos
14. **FREDOT E** (2005) « Connaissance des aliments bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique Tec. & Doc. Lavoisier »Paris. 397 p.
15. **TAMIME A.Y AND DEETH H.C** (1980) « Yogurt: technology and biochemistry ». Journal of Food Protection, 43, 12, 939-977.
16. **ROUSSEAU M** (2005) « La fabrication du yaourt », les connaissances. INRA. 9 pages.
17. (BRULE, 2003).
18. **LUQUET F.M** (1986) « Lait et produits laitiers: vache, brebis, chèvre ». Tome 2. France. Édition Tec. et Doc. 633 p.

19. **BEAL C et SODINI L** (2001) « Fabrication des yaourts et des laits fermentés en technique d'ingénieur ». Traité agroalimentaire. Paris : Lavoisier 1
20. **VIERLING E** (1999) « Aliments et boissons filières et produits. Science des aliments dirigée par GUY Leyrao ». 270 p.
21. **DELLAGLIO F, DE ROSSART H, TORRIANIS S, CURK M et JANSSENS D** (1994). « Caractérisation générale des bactéries lactiques ». Tec&Doc (Eds), Loriga, 1, 25-116.
22. **LAMOUREUX L** (2000) « Exploitation de l'activité β - galactosidase de culture de bifidobactéries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides ». Mémoire de maîtrise, Université de Laval, Canada.
23. **BERGAMAIER D** (2002) « Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de lactobacillus rhamnosus RW-959M dans un milieu à base de permeat de lactosérum » Thèse de Doctorat, Université de Laval, Canada.
24. **MARTY-TEYSSET C, DE LA TORRE F et GAREL J-R.** (2000). « Increased production of hydrogen peroxide by lactobacillus delbruekii ssp bulgaricus upon aeration : involvement. Applied and Environmental Microbiology », 66(1), 262-267.
25. **DOLEYRES Y** (2003) « Production en conteneur du ferment lactique probiotique par la technologie des cellules immobilisées » Thèse Doctorat. Université de Laval. Québec. 167 pages.
26. **TAMIME A.Y. et ROBINSON R.K.** (1999) « Yogurt science and technology ». 2nd Ed. Cambridge : woodhead Publishing.
27. **LEORY F, DEGEEST B et DE VUYST L** (2002) « A novel area of predictive modeling: describing the functionality of beneficial micro-organisms in foods » International Journal of Food Microbiology, 73, 251-259.
28. **ANONYME.**(1995) « Alimentation et nutrition; lait+produits laitiers dans la nutrition humaine ». Collection F.A.O, 271 pages.
29. **CHMIDT J.L, TOURNEUR C et LENOIR J.** (1994) « Fonction et choix des bactéries lactiques laitières in « bactéries lactiques ». Vol II. DE ROISSART H. et LUQUET F.M. Ed. Loriga, paris. 37-46.
30. **TAMIME A.Y et ROBINSON R.K** (1999) « Yogurt science and technology ». 2nd Ed. Cambridge : woodhead Publishing
31. **COURTIN P, MONNET M et RUL F** (2002). « Cell- wall proteinases PrtS and Prt B have a different role in streptococcus thermophilus / Lactobacillus bulgaricus mixed cultures in milk ». Microbiology, 148, 3413 -3421.
32. **LAMONTANGNE M.,** (2002) « Produits laitiers fermentés in science et technologie du lait : transformation du lait éd presses internationales polytechnique ». Canada. 600 p.

33. **JEANTET R, CROGUENNEC T, MICHEL M, SCHUCK P et BRULE G** (2008) « Les produits laitiers ». Ed. Tec & Doc Lavoisier. 35p.
34. **LESEUR J.R.** (2007) « La composition chimique du lait édition ENILV de la roche » 635p.
35. **JEANTET R, CROGUENNEC T, SCHUCK P et BRULE G** (2007) « Sciences des aliments ». Tome1. Edition Tec.et Doc. Lavoisier. Paris. 456 p
36. **LUQUET.** (1985) Laits et produits laitiers : Transformations et technologies. Ed, techniques et documentation, Lavoisier. 633.
37. **LUQUET F M. et CORRIEU G** (2005) « Bactéries lactiques et probiotiques » Tec. & Doc. Lavoisier-Paris. 307 P
38. **FREDOT E** (2005) « Connaissance des aliments bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique » Tec. & Doc. Lavoisier-Paris. 397 p.
39. **BOURGEOIS CM, MESCLE J.F et ZUCCA J** (1998) « Microbiologie alimentaire » Tome I. aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments 2^{em} édition Lavoisier 230p.
40. **TREMOLIERES J, SERVILLY Y, JAQUOT R et DUPIN H** (1984) « Manuel d'alimentation humaine ». Ed. ESF. Viete. Paris. 100 p
41. **BONNEFOY C, GUILLET F, LEYRAL G et VERNE-BOURDAIS E** (2002) « Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires » édition Doin. Paris. 245 p.
42. **CHIARADIA-BOUSQUET J.P** (1994) « Régime juridique du contrôle et de la certification de la qualité des denrées alimentaires : puissance publique et procédures édition Food and Agriculture Org. Rome ». 144 p.
43. **BEAL.C. et SODINI.I.** (2001) « Fabrication des yaourts et des laits fermentes » Paris : Techniques et Documentation, 315P.
44. **SCRIBAN R** (1999) « Biotechnologie 5^{eme} édition ». Tec. et Doc. Lavoisier. 1005 p.
45. **MAHAUT M., JEANTET R., BRULE G et SCHUCK P** (2000) « Les produits industriels laitiers » Tec. et Doc. Lavoisier. Paris. 178 p.
46. **BEAL C. et SODINI I** (2003) « fabrication des yaourts et des laits fermentes volume BIOI édition techniques d'ingénieur ». Paris. F 6315. 18p.
47. **JEANTET R., CROGUENNEC T, SCHUCK P et BRULE G** (2006) « Sciences des aliments ». Tome2. Edition Tec. et Doc. Lavoisier. Paris. 383 p.
48. **CLAISSE JR, BREMAUD C et LEULIER F** (2006) « Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural ». 222p.
49. **F.A.O** (1995) « Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine Food and Agriculture Org ». 271 p.

50. **LARPENT J.P** (1991) « Les ferments microbiens dans les industries agroalimentaires » (produits laitiers et carnés). Édition APR1A. Paris. 298p.
51. **LEVEAU J.Y ET BOUIX M** (1993) « Microbiologie industrielle : les microorganismes d'intérêt industriel ». Tec. et Doc. Lavoisier. APRIA. Paris. 453 p.
52. **GUIRAUD J.P** (1998) « Microbiologie alimentaire » tome 2. Edition Dunod. Paris. 652 p
53. **ANONYME** (2005) « Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine ». Collection FAO: Alimentation et nutrition, 28.
54. **J.O.R.A.,** (1998) « Arrêté interministériel N°35 daté du 27 mai 1998. Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers »
55. **SCHMIDT J.L, TOURNEUR C et LENOIR J** (1994) « Fonction et choix des bactéries lactiques laitières in (bactéries lactiques) ». Vol II. DE ROISSART H. et LUQUET F.M. Ed. Loriga, paris. 37-46.
56. **LOONES A.** (1994). « lait fermenté par des bactéries lactiques. In (bactéries lactiques) ». Vol II. DE ROISSART H. et LUQUET F.M. Ed. Loriga, Paris. 37-151.
57. **OFILVE S** (2002) « Observation des filières de lait et viandes rouges. L'institut technique de l'élevage, étant de réflexion ».
58. **DAHMANE M et LAIDOUDI .D** (2005) « variation de la qualité physico chimique et microbiologique de yaourt Mitidja de Béni -Tamou ». Thèse d'ingénieur d'état en Agronomie, Université de Blida
59. **ANONYME** (2006): www.best-of-fire.info/tpe2006/microbiologie_compo.html - 5k.

ANNEXES

ANNEXE 1

1. Matériel

1.1. Matériel pour les analyses microbiologiques

➤ Milieux de culture et réactifs :

- TSE : Tryptone-Sel-Eau.
- Gélose PCA: Plate Count Agar.
- VRBL : bouillon lactose bilié au cristal violet et au rouge neutre.
- BCPL : bouillon lactose au pourpre de bromocrésol.
- Milieu de Schubert.
- Bouillon Giolliti Cantoni additionné de tellurite de potassium.
- Gélose d'Hektoen.
- Eau peptonée tamponnée.
- SFB : bouillon d'enrichissement au sélénite et à la cystéine.
- Gélose de Sabouraud au Chloramphénicol.
- EPEI : bouillon d'eau exempte d'indole.
- Gélose de Chapman.
- Kovacs.

➤ Appareillages et verreries :

- Flacons et tubes à essai stérile.
- Portons des tubes à essai.
- Pipettes Pasteur stérile.
- Boîtes de Pétri.
- Bec benzen.
- Etuves réglables à différentes températures 37- 44°C.
- Balance analytique.

1.2. Matériel pour les analyses physicochimiques

➤ Réactifs, solutions et indicateurs :

- Acide sulfurique (H_2SO_4) p = (1.82 ± 0.002) g/ml.
- Acide iso amylique. " - Phénophtaléine
- Hydroxyde de sodium.
- EDTA : acide éthylène diamine tétra acétique.

- NET : noir eriochlorome T.
- Eau distillée.
- Solution de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à 10%. - Solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) à 0.1 N.
- Solution méthylorange. > Appareillage et verrerie :
- PH mètre.
- Dessiccateur.
- Centrifugeuse.
- Balance.
- Butyromètre GERBER.
- Burette. - Pipette de 10 ml.
- Bêcher.
- Coupelle d'aluminium.
- Spatule.
- Réfractomètre.

ANNEXE 2

Tableau I: Milieux de cultures utilisés et leurs compositions

Milieu	Composition (g/l)	
Milieu de Chapman	Tryptone Peptone de viande Extrait de viande Mannitol : Chlorure de sodium Rouge de phénol Agar agar	5,0 5,0 1,0 10,0 75,0 0,025 15
Milieu de Giolitti Cantoni (GC)	Tryptone Extrait de viande Extrait autolytique de levure Glycine Mannitol Pyruvate de sodium Chlorure de sodium Chlorure de lithium Tween 80	10,0 5,0 5,0 1,2 20,0 3,0 5,0 5,0 1,0
Plate Count Agar (PCA)	Tryptone Extrait autolytique de levure Glucose Agar agar	5,0 2,5 1,0 12,0
Eau peptonée tamponnée (EPT)	Peptone Sodium chlorure Phosphate disodique hydraté Phosphate monopotassique Phosphate dipotassique Phosphate disodique Anhydre	10,0 5,0 9,0 1,5 3,5 3,56
Eau peptonée exempte d'indole (EPEI)	Tryptone Sodium chlorure	10,0 5,0
Tryptone sel eau (TSE)	Tryptone Chlorure de sodium	1,0 8,5

Milieu	Composition (g/l)	
Gélose Hektoen	Protéose peptone	12,0
	Extrait de levure	3,0
	Chlorure de sodium	5,0
	Thiosulfate de sodium	5,0
	Sels biliaires	9,0
	Citrate de fer ammoniacal	1,5
	Salicine	2,0
	Lactose	12,0
	Saccharose	12,0
	Fuchsine acide	0,1
	Fuchsine acide	0,04
	Bleu de bromothymol	0,065
Agar agar	13,0	
VRBL (Cristal violet et au rouge neutre) Violet red bile lactose agar	Peptone peptique de viande	7,0
	Extrait autolytique de levure	3,0
	Lactose	10,0
	Sels biliaires	1,5
	Chlorure de sodium	5,0
	Rouge neutre	0,030
Cristal violet	0,002	
Oxytétracycline (base OGA)	Extrait de levure D	5,0
	(+) glucose Agar	20,0
	agar	15,0
Milieu BCPL : Bouillon lactose au pourpre de bromocréasol	Peptone Extrait de viande	5 3 10
	Lactose Pourpre de bromocréol	0,025

ANNEXE 3

Table NPP ou de MAC-GRADY

1 x 50 ml	5 x 10 ml	5 x 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1	<0.5	4
0	0	1	1	<0.5	6
0	0	2	2	<0.5	4
0	1	0	1	<0.5	6
0	1	1	2	<0.5	8
0	1	2	3	<0.5	6
0	2	0	2	<0.5	8
0	2	1	3	<0.5	11
0	2	2	4	<0.5	8
0	3	0	3	<0.5	13
0	3	1	5	<0.5	13
0	4	0	5	<0.5	4
1	0	1	1	<0.5	8
1	0	2	3	<0.5	11
1	0	3	4	<0.5	15
1	0	0	6	<0.5	8
1	1	1	3	<0.5	13
1	1	2	5	<0.5	17
1	1	3	7	1	21
1	1	0	9	2	13
1	1	1	5	<0.5	17
1	2	2	7	1	23
1	2	3	10	3	28
1	3	0	12	3	19
1	3	1	8	2	26
1	3	2	11	3	34
1	3	3	14	4	53
1	3	4	18	5	66
1	4	0	21	6	31
1	4	1	13	4	47
1	4	2	17	7	59
1	4	3	22	5	85
1	4	4	28	9	100
1	4	5	35	12	120
1	5	1	43	15	75
1	5	2	24	8	100
1	5	3	35	12	140
1	5	4	54	18	220
1	5	5	92	27	450
1	5		160	39	
			>240		