

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE SCIENCES  
DEPARTEMENT MICROBIOLOGIE ET  
BIOCHIMIE



N° :.....

DOMAINE : SCIENCE DE LA NATURE  
ET DE LA VIE  
FILIERE : SCIENCE ALIMENTAIRES  
OPTION : NUTRITION ET SCIENCES  
DES ALIMENTS

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique**

**Par: BOURAHAL Sarra Fatima**

**BOUSBA Meaicha**

**Intitulé**

**Etude de l'évolution des paramètres physico-  
chimiques, durant la production et la  
conservation d'un yaourt à boire aromatisé  
produit par HODNA-LAIT, M'sila**

**Soutenu devant le jury composé de:**

Mme RABAH Noura	Université de M'sila	Président
Mme HAMMOUI Yasmina	Université de M'sila	Rapporteur
M GUETOUACHE Mourad	Université de M'sila	Examineur
M CHELOUCHE Imed	HODNA-LAIT	Invité

**Année universitaire : 2018 /2019**

## ***Remerciements***

*Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de mener à bien ce modeste travail. En tout premier lieu nous tenons à remercier Mme Hammoui Yasmina pour l'honneur qu'elle nous a fait en nous encadrant, pour l'aide précieuse qu'elle nous a donné, pour ses remarques et ses conseils qui nous ont permis de mener à bien ce travail.*

*Nous tenons particulièrement à remercier nos parents pour leur soutien permanent et le réconfort qu'ils nous ont prodigé tout au long de notre cursus universitaire*

*Nous tenons à remercier les membres de jury Mme RABAH Noura et M. GUETOUACHE Mourad pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger le travail.*

*Nous remercions également les responsables et les ingénieures de la laiterie HODNA Lait : M. MOUSSOUDE Mouhammed ; M. CHELOUCHE Imade ; M. AMRO Abdelouahabe ; M. Soufiane et M. khalil.*

*Nous remercions toutes personnes ayant participé de près ou de loin à notre formation et à tous ceux qui nous ont apporté leurs soutiens et encouragements durant la réalisation de ce travail.*

***Merci à tout***

## ***Dédicace***

*Je dédie ce travail, qui n'aurait pu aboutir et voir la lumière sans  
l'aide de Dieu le tous puissant*

*A ma chère mère Aicha boukhoudem, ma raison de réussite,  
l'exemple parfait de la femme idéale, le symbole de l'amour, La  
tendresse, la patience et le sacrifice, qui m'a toujours orienté vers le  
meilleur ;*

*A mon cher père Ahmed pour toujours soutenu mes choix,  
m'avoir permis d'atteindre mes objectifs et de construire librement  
mon avenir, et pour la confiance ;*

*A mes grands parents Puisse Allah avoir pitié d'eux, Ils étaient  
reconnaissants pour ma vision en ce moment ;*

*A mon fiancé qui m'a soutenu dans toutes mes démarches ;*

*A mes adorables frères : Amin et Akram ;*

*A mes chères sœurs : Ismahan, Houda et ses filles Darine,  
Djihane, Djouri, Arije*

*A ma très chère binôme Meaicha et sa famille ;*

*A mes très chères amies : Sarra, Fadila, Samira, Soumia Ratiba,  
Rima, Ahlame, Amina, Hafida, Halima ;*

*A tout les étudiants de ma promotion NSA.*

***Sarra Fatima***

## ***Dédicaces***

*A l'aide de Dieu tout puissant que m'a donné le courage et la  
patience de continuer jusqu'à La fin.*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mon très cher père Abdelouahabe qui m'a toujours soutenu et  
qui a été toujours présent pour moi.*

*À la plus chère au monde, ma mère Nedjma qui m'a toujours  
offert ses aides morales durant mes études*

*À mes très chers frères : Omar et Aissa pour leur aide et leur  
générosité.*

*À mes très chères sœurs : Bouchra et chahrazed.*

*À ma belle sœur : Samia et son marie Mohammed et ses filles  
Fatima khawla et Meriem.*

*À mon amie et binôme : Sarra Fatima et sa famille.*

*À mes très chère amies : Fadila, Ratiba, Sarra et Soumia.*

*À tout les enseignants de notre Département Biochimie et  
Microbiologie.*

*À toutes la promotion Master Nutrition et Science des Aliment.*

***Meaicha***

# Sommaire

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Listes des figures	
Introduction .....	1

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1.	Généralité sur le lait .....	3
I.1.1.	La définition du lait.....	3
I.1.2.	Les phases de l'évolution naturelle du lait cru .....	3
I.1.3.	La composition chimique de lait en poudre.....	3
A.	L'eau .....	3
B.	Les glucides.....	4
C.	La matière grasse.....	4
D.	La matière azotée.....	4
E.	Les minéraux et les vitamines.....	4
I.1.4.	La valeur nutritionnel du lait .....	5
I.1.5.	La qualité du lait.....	5
A.	La qualité organoleptique .....	5
B.	La qualité microbiologique.....	6
I.2.	Le yaourt.....	7
I.2.1.	La définition du lait fermenté.....	7
I.2.2.	Les différents types de lait fermenté .....	7
I.2.3.	La définition de yaourt .....	7
I.2.4.	Les différents types de yaourt.....	8
I.2.5.	Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt.....	8
I.2.5.1	Intérêts nutritionnels.....	8
I.2.5.2.	Intérêts thérapeutiques.....	8
I.2.6.	Les bactéries lactiques.....	9
I.2.7.	Technologie de fabrication de yaourt .....	9
I.2.7.1.	Standardisation de la composition du lait.....	10
I.2.7.2.	Homogénéisation.....	10
I.2.7.3.	Traitement thermique .....	10
I.2.7.4.	Refroidissement.....	10
I.2.7.5.	Développement de la fermentation.....	11
I.2.7.6.	Arrêt de la fermentation.....	11

I.2.7.7.	Conditionnements.....	11
I.2.7.8.	Brassage.....	11
I.2.7.9.	Stockage. ....	11

## **Chapitre II: Matériels et Méthodes**

II.1.	Etapes de traitement et analyses de traitement d'eau .....	12
II.1.1	Les installations de la station de traitement des eaux .....	12
II.1.2.	Les analyses d'eau au sein de l'entreprise SARL HODNA-lait.....	14
II.1.2.1.	La mesure du potentiel hydrogène (pH) et de la température .....	14
II.1.2.2.	La mesure de la conductivité.....	14
II.1.2.3.	Le dosage de chlorure .....	14
II.1.2.4.	La mesure des titres alcalimétriques TA et TAC .....	14
II.1.2.5.	Détermination du chlore libre actif .....	15
II.1.2.6.	Mesure de la turbidité.....	15
II.2.	Les analyses de la poudre de lait utilisé: .....	16
II.2.1.	La mesure de potentiel hydrogène (pH). .....	16
II.2.2.	La mesure de l'acidité titrable .....	16
II.2.3.	Test la stabilité thermique .....	16
II.2.4.	Taux de matière grasse «méthode de Gerber».....	16
II.2.5.	Taux d'humidité. ....	17
II.3.	Procédé de production de yaourt à boire aromatisé au niveau de SARL HODNA lait.....	17
II.3.1.	La reconstitution.....	17
II.3.2.	La pasteurisation.....	17
II.3.3.	Le dégazage .....	18
II.3.4.	Homogénéisation.....	18
II.3.5.	Aromatisation .....	18
II.3.6.	La fermentation .....	18
II.3.7.	Le refroidissement et l'écaillage .....	18
II.3.8.	Le stockage dans un tank tampon.....	19
II.3.9.	Le conditionnement.....	19
II.4.	Les analyses physico-chimiques des produits issus des phases de production du yaourt aromatisé à boire .....	19
II.4.1.	Mesure du potentiel hydrogène (pH).....	19
II.4.2.	Mesure de l'acidité titrable.....	19
II.4.3.	Teneur en matière grasse par la méthode de « Gerber » .....	20
II.4.4.	Détermination de l'Extrait Sec Total (EST).....	20
II.5.	Analyses statistiques des données .....	20

### **Chapitre III : Résultats et discussion**

III.1. Les analyses physico-chimiques de l'eau et de la poudre de lait .....	21
III.1.1. Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau utilisée.....	21
III.1.2. Les résultats des analyses physico-chimiques de poudre de lait utilisée .....	21
III.2. Les résultats des analyses physico-chimiques de yaourt à boire aromatisé, aux cours de sa préparation.....	22
III.2.1. Le pH et l'acidité.....	22
III.2.2. Les résultats de la détermination de la teneur en matière grasse durant la préparation du produit	25
III.2.3. Les résultats de la détermination de l'extrait sec total (EST) .....	25
III.3. Les résultats de l'analyse physico-chimique de yaourt à boire aromatisé durant la conservation.....	26
Conclusion .....	28
Références bibliographique	
Annexes	

## **Résumé :**

Ce travail réalisé dans la laiterie HODNA-LAIT de M'sila, a permis d'étudier l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques de quatre produits de yaourt à boire aromatisé, durant la préparation, et cours de conservation. La qualité physico-chimique de la matière première était évaluée également. Les résultats d'analyse de la matière première étaient conformes aux normes exigées. L'évolution des paramètres physico-chimiques aux cours de la préparation, présente une augmentation progressive de l'acidité accompagnée par une diminution de pH. Une stabilité de la teneur en matière grasse était observée, avec une faible variation de l'extrait sec total. L'évolution des paramètres physico-chimiques aux cours de la conservation des produits, présente une faible variation de pH et une augmentation de l'acidité.

**Mots clés :** lait en poudre, ferment lactique, yaourt à boire aromatisé, conservation, analyses physico-chimique.

## **ملخص:**

هذا العمل انجز في ملبنة الحضة للحليب, يسمح بدراسة تطور بعض المعلمات الفيزيائية والكيميائية (درجة الحموضة, الحموضة المعيارية, المحتوى الدهني و المستخلص الجاف الكلي) في سياق صنع الزبادي المنكه, وأيضا اثناء عملية الحفظ. الجودة الفيزيائية والكيميائية للمادة الأولية (الماء والحليب المجفف) تم تقييمها أيضا في هذا العمل. أجريت الدراسة من خلال تحاليل مخبرية على اربع عينات من الزبادي المنكه بنكهات مختلفة (نكهة المشمش, نكهة الفراولة, نكهة الخوخ مع الايجاص, نكهة الموز) النتائج المتحصل عليها لتحاليل المادة الأولية تتوافق مع المعايير الداخلية للملينة وهي ذات جودة عالية. نتائج تطور المعلمات الفيزيائية و الكيميائية في سياق الصنع تظهر زيادة تدريجية في الحموضة المعيارية للعينات الأربعة من صنع الحليب الى التعليب مع اختلافات نظامية لي عينتين (نكهة الايجاص مع الخوخ والموز) وبدون اختلافات نظامية للنكهات المتبقية (المشمش والفراولة) هذا الارتفاع في الحموضة المعيارية يرفق بانخفاض في درجة الحموضة مع اختلافات نظامية للعينات الأربعة. بعد النتائج المتحصل عليها نلاحظ ثبات في كمية محتوى الدهن و تغير ضعيف في المستخلص الجاف الكلي بدون اختلافات نظامية ملاحظة. نتائج تطور في سياق الحفظ تظهر اختلاف ضعيف في درجة الحموضة و ارتفاع في الحموضة المعيارية بدون اختلافات نظامية.

**الكلمات المفتاحية:** الحليب المجفف, خميرة اللبن, زبادي للشرب منكه, حفظ, التحاليل الفيزيائية والكيميائية.

## Liste des abréviations

---

**°C** : degré Celsius.

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**°D** : degré Dornic.

**EST** : Extrait Sec Total.

**g** : gramme.

**DLC** : Date Limité de Consommation.

**g/ml** : gramme par millilitre.

**h** : heure.

**MG** : Matière Grasse.

**min** : minute.

**pH** : potentiel Hydrogène.

**T** : Température.

**µg** : microgramme.

**TA** : Titres Alcalimétriques.

**TAC** : Titres Alcalimétriques Complet.

**Zn** : Zinc.

**I** : Iode.

**Fer** : Fère.

**Na** : Sodium.

**Cl** : Chlorure.

**Cl<sub>2</sub>** : Chlore libre.

**A** : Aromatisé.

**Reconst.** : Reconstitution.

**Après-reconst.** : Après reconstitution.

**Après-past.** : Après pasteurisation.

**Mat.** : Maturation.

**Cond.** : Conditionnement.

## Liste des Tableaux

---

<b>Tableau 1</b> : Composition chimique moyenne du lait de vache.....	4
<b>Tableau 2</b> : Composition chimique des laits entiers et écrémé en poudre.....	5
<b>Tableau 3</b> : Les résultat des analyse physico-chimiques de l'eau brute.....	21
<b>Tableau 4</b> : Les résultats des analyses physico-chimiques de poudre de lait. ....	22
<b>Tableau 5</b> : Les résultats de pH et de l'acidité de yaourt à boire aromatisé aux cours des différentes étapes de sa préparation. ....	23
<b>Tableau 6</b> : La teneur de yaourt à boire en matière grasse, durant sa préparation. ....	25
<b>Tableau 7</b> : Les résultats de l'extrait sec total (EST) .....	25

## Liste des figures

---

<b>Figure 1 :</b> Diagramme résumant les étapes de traitement et les analyses d'eau dans l'industrie.....	13
<b>Figure 2 :</b> L'évolution de pH de yaourt aux cours de conservation.....	26
<b>Figure 3 :</b> L'évolution de l'acidité de yaourt aux cours de conservation.....	26

# *Introduction*

## Introduction

---

### Introduction

Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum (**Clment, 1978**). Le lait est un produit complexe ; une connaissance approfondie de sa composition, de l'organisation structurale de ses composés et de ses propriétés physico-chimiques est indispensable à la compréhension de la transformation du lait, et des produits obtenus lors des différents traitements appliqués à l'échelle industrielle (**Lapointe-Vignola, 2002**). Le lait constitue la matière première de base dans la préparation de plusieurs produits laitiers fermentés, qui représente une gamme très variées aussi bien au niveau de leur préparation, présentation et au niveau de leur qualité organoleptique (**Frédot, 2005**).

Le lait reconstitué est obtenu par mélange d'une eau traitée et de lait en poudre. Le lait reconstitué est dit écrémé, dans le cas d'utilisation de lait en poudre contenant 1,25% de matière grasse par 100g de lait en poudre. Le lait reconstitué est dit entier, dans le cas d'utilisation de lait en poudre contenant au moins 26% de matière grasse par 100g de lait en poudre (**Brunellière et al., 2006**).

Le lait fermenté est un produit laitier obtenu après fermentation du lait, il est produit avec ou sans modification de sa composition finale, par l'action de micro-organismes appropriés responsables de l'abaissement de pH suite, à la transformation du lactose en acide lactique avec ou sans coagulation (formation de caillé). Les ferments lactiques (micro-organismes) utilisés doivent être viables, actifs et abondants dans le produit fini jusqu'à la date limitée de sa consommation. Si le produit subit un traitement thermique après fermentation, l'exigence portant sur la viabilité des microorganismes ne s'applique plus (**de Salins, 2012**).

Le yaourt est un lait coagulé, obtenu par la fermentation lactique due à *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* du lait pasteurisé ou concentré avec ou sans addition de lait en poudre (**Mission, 1997**). Les microorganismes doivent êtreensemencés simultanément et doivent être trouvés vivants dans le produit mis en vente (**Luquet, 1985**). La diversité des souches bactériennes utilisées et des ingrédients ajoutés (sucre, fruits) aboutit à un grand nombre de produits qui se caractérisent par une densité énergétique modérée et une teneur élevée en calcium, qui les classent comme produits indispensables afin d'atteindre un équilibre alimentaire satisfaisant. Le yaourt est l'un des nombreux produits laitiers fermentés ayant des fonctionnalités bénéfiques pour la santé, liées aux souches bactériennes spécifiques qu'il contient. Ainsi le yaourt favorise la digestion du lactose, certains laits fermentés

## Introduction

---

améliorent les troubles fonctionnels intestinaux et d'autres peuvent agir sur le système immunitaire (**Bourlioux *et al.*, 2011**).

Dans ce présent travail, on étudier l'évolution de quelques paramètres physico-chimique aux cours de fabrication du yaourt à boire aromatisé, produit au niveau de SARL HODNA-LAIT de la wilaya de M'sila. La première étape de travail consiste à évaluer la qualité de l'eau utilisée dans la préparation de yaourt à boire, suivant des analyses physico-chimiques tel que la mesure de pH, de conductivité, dosage de chlorure, mesure de titre alcalimétrique simple (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC), dosage de chlore libre, titre hydrotimétrique (TH). La qualité de la matière première utilisée dans la production de yaourt à boire qui est le lait en poudre, est également étudiée en suivant des paramètres physico-chimiques, qui sont le taux d'humidité, la mesure de pH, le dosage de l'acidité, le suivit de la stabilité thermique et le dosage de matière grasse. La deuxième étape consiste à la caractérisation physico-chimique réalisée aux cours de la production du yaourt, à savoir après préparation, après pasteurisation, pendant la période de maturation, durant l'écaillage, et durant la période de refroidissement, et aussi aux cours de conditionnement. La troisième et dernière étape est l'évaluation de la stabilité de la qualité de produit fini, en vente, durant sa conservation à 6°C.

# *Chapitre I*

**I.1. Généralité sur le lait :**

Le lait étant le premier aliment de l'homme, il est le seul à pouvoir revendiquer en tout temps et tous lieux le statut d'aliment universel, au moins pour la première partie de la vie de l'être humain (**Kirat, 2007**).

**I.1.1. La définition du lait :**

Le lait est un aliment biologique à un intérêt nutritionnel important, et dont la production organisée remonte à plus de dix mille ans. Depuis le 19<sup>ème</sup> siècle, la production ne cesse d'augmenter en raison des progrès réalisés en médecine vétérinaire, et au niveau de la sélection de races performantes, ainsi que des pratiques d'élevage (**Faye et Loiseau, 2002**). Le lait est un liquide alimentaire opaque, blanc mat légèrement jaunâtre, à odeur peu marquée et au goût douceâtre, sécrété, après parturition, par la glande mammaire des animaux mammifères femelles comme la vache, la chèvre et la brebis, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant (**Mazoyer, 2002**).

Toutes les dénominations du lait en poudre, à savoir le lait déshydraté ou sec, désignent un lait dont la quasi-totalité de l'eau a été éliminée (**Brunellière et al., 2006**), cette élimination ce fait après pasteurisation et concentration à température modérée (71-75°C pendant 15-40 secondes), ainsi le lait est finement pulvérisé dans une tour de séchage chauffée par un courant d'air sec et chaud (environ 150°C). L'eau s'évapore et le poudre ainsi obtenue est soumis au processus de granulation (**Arie, 2012**).

**I.1.2. Les phases de l'évolution naturelle du lait cru :**

Une phase est définie comme toute partie homogène d'un système. Dans le lait, on en compte quatre types de phases distincts (**Luquet, 1985a**) pour lait cru :

- A.** Une émulsion de matière grasse ou phase grasse constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A, D) ;
- B.** Une phase colloïdale qui est une suspension de caséine sous forme de micelle ;
- C.** Une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux, azote non protéique).
- D.** Une phase gazeuse composée d'O<sub>2</sub>, d'azote et de CO<sub>2</sub> dissous qui représentent environ 5% du volume du lait (**Fredot, 2005**).

**I.1.3. La composition chimique de lait en poudre :**

Le lait est un aliment très riche en macro- et micro- nutriments, tel que l'eau, les glucides, les protéines et la matière azotée, les sels minéraux, la matière grasse, les vitamines et les enzymes (**Mathieu, 1998**).

**A. L'eau :** représente le constituant le plus important du lait et le composant le plus abondant (902g/l), où se dispersent tous les constituants de la matière sèche du lait (**Mathieu, 1998**).

**B. Les glucides :** le lactose est le glucide majoritaire du lait de vache qui représente 99% des glucides du lait monogastriques, Sa teneur est stable, elle est comprise entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache.

**C. La matière grasse :** la matière grasse de lait se compose principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de  $\beta$ -carotène (**Vignola, 2002**).

**D. La matière azotée :** la matière azotée est répartie en deux types :

— La matière azotée protéique du lait, qu'est composée principalement de caséines qui sont des phosphoprotéines présentent dans la phase colloïdale sous forme de micelles casernâtes de calcium (**Cepul, 1987**).

— L'azote non protéique, qu'est présent dans toutes les molécules possédant l'azote autres que les protéines tel que l'urée, la créatinine, l'ammoniaque, l'acide aminé libre, les nucléotides, les vitamines et les hormones (**Thapon, 2005**).

**E. Les minéraux et les vitamines :** le lait est la principale source alimentaire de calcium (Ca), de phosphore (P), de potassium (K), de magnésium (Mg) et de chlore (Cl). Le lait apporte également des oligoéléments à l'état de trace (Zn, I, Fer, Na) (**Mahaut et al., 2000**).

Le lait représente une source de plusieurs vitamines hydrosolubles, la plupart sont des vitamines de groupe B [la riboflavine(B2), biotine(H) et thiamine(B1), cyanocobalamine (B12)]. Il contient également des quantités non négligeables de vitamines A et D. En fait, le lait contient toutes les vitamines connues, bien qu'à des concentrations différentes. Cependant, il ne permet pas de satisfaire tous les besoins vitaminiques (**Favier, 1985**). Le **tableau 1** (ci-dessous), représente la composition chimique du lait de vache.

**Tableau 1 :** la composition chimique moyenne du lait de vache (**Amoit, 2002**).

Constituants majeurs	Variation limites (%)	Valeur moyenne (%)
Eau	85,5 – 89,5	87,5
Matière grasse	2,5 – 5,5	3,7
Protéines	2,9 – 5,0	3,2
Glucides	3,6 – 5,5	4,6
Minéraux	0,7 – 0,9	0,8
Dérivés azotés		3,44
Enzymes, vitamines, pigments	Carotènes, xanthophylles, riboflavine	
Cellules diverses	Cellules épithéliales, leucocytes, bactéries, levures, moisissures	

Le **tableau 2** (ci-dessous) présente la teneur de lait entier et écrémé en poudre en nutriments (protéines, glucides, lipides, matière grasse, calcium et vitamines) pour un 100 grammes de lait en poudre.

**Tableau 2** : composition chimique des laits entiers et écrémé en poudre (**Kon, 1995**).

Constituants	Type de lait en poudre	
	Lait entier (%)	Lait écrémé (%)
<b>Eau</b>	3,0	3,0
<b>Protéines</b>	25,0	36,0
<b>Matière grasse</b>	27,5	1,0
<b>Glucides</b>	37,5	50,5
<b>Calcium</b>	0,91	1,26
<b>Vitamines (µg/100g)</b>	383	13

#### **I.1.4. La valeur nutritionnel du lait :**

Le lait de vache cru contient tous les éléments nutritifs nécessaires à la croissance du jeune mammifère, un litre de lait d'origine bovine contient environ 50g de lactose, 32g de protéines et 40g de matière grasse. Le potentiel énergétique d'un litre de lait entier, demi-écrémé ou écrémé est respectivement de 2720 KJ, 2090 KJ et 1460 KJ (**Jeantet, 2008**). Le lait représente une excellente source de calcium, de phosphore mais également de vitamines telles que la riboflavine, thiamine, cobalamine et vitamine A (**Dupin, 2000**). Il contient peu de fer et de cuivre, peu d'acide ascorbique, de niacine et relativement peu de vitamine D (**Cheftel et cheftel, 1977**). Il contient des protéines riches en résidus d'acides aminés essentiels et des minéraux d'intérêt nutritionnel (calcium et phosphore), sous forme notamment de phosphates, de citrates et de chlorures de calcium, magnésium, potassium et sodium (**Jeantet, 2008**).

#### **I.1.5. La qualité du lait :**

Pour identifier la qualité de lait, plusieurs principaux critères sont généralement utilisés : les paramètres organoleptiques (couleur, goût, viscosités), les critères physico-chimiques (densité, acidité, pH) et les critères hygiéniques (microbiologiques) (**Hassainya et al.,2006**).

##### **A. La qualité organoleptique :**

La qualité organoleptique englobe la caractérisation de couleur, de l'odeur, de saveur et de flaveur du lait, qu'est de couleur blanc mat due en grande partie à sa composition en matière grasse (**Fredot, 2005**). L'odeur du lait est caractéristique de l'animal, elle est liée à l'ambiance de la traite, au type de l'alimentation de l'animal ; ainsi que des conditions de conservation du lait (**Vierling, 2003**). La saveur de lait est légèrement sucrée, due à la présence de lactose. La flaveur résulte d'un équilibre subtile entre des composés acides,

alcools, ester, amines, et des composés carbonyles et soufrés, en interaction avec la composition lipidique et protéique (Vierling, 1998).

### B. La qualité microbiologique :

Le lait est un produit alimentaire très riche en nutriments, pouvant ainsi favoriser la croissance de plusieurs microorganismes. Les microorganismes du lait, selon leur importance, sont répartis en deux grandes classes (Oteng, 1984) :

— **La flore originale de lait** : le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions hygiéniques et à partir d'un animal sain (moins de 5000 germes/ml et moins de 1 coliforme/ml). La flore indigène du lait se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie de la mamelle. Ces microorganismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation, la race et l'environnement de l'élevage (Bourgeois, 1996). Pour le lait en poudre, la charge microbienne est plus influencée par le genre que par le nombre des microorganismes présents dans le lait cru de départ (Afnor, 1994).

— **La flore de contamination** : la contamination du lait peut se faire par des microorganismes d'origine diverses, tel que la matière fécale et les téguments de l'animal dont on trouve les *coliformes*, les *entérocoques*, *clostridium*, éventuellement les *entérobactéries* pathogènes (*Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*). Le sol est également une source de microorganismes contaminants du lait tel que les *Streptomyces*, *Listeria*, bactéries sporulées tel que (*Bacillus sp*, et *Clostridium sp*), spores fongiques tel que (*Lactic streptococci*, *Leuconostocs* et *micrococcaceae*). D'autres sources de contaminations comme les litières fortement souillées contenant plus de *coliformes* et augmentant la prévalence de mammites, suggérant une contamination des trayons et du lait plus importante, ainsi que les mauvaises conditions de transport et le manque d'hygiène pendant la traite (Magnusson, 2007).

L'aliment de bétail est une source de flore banale variée, en particulier *lactobacilles*, *Clostridium butyriques* (ensilages). L'air contenant des microparticules de poussières, et l'eau peuvent être également des sources de contaminants du lait dont on trouve les *Pseudomonas*, les bactéries sporulées (*Bacillus subtilis*), l'équipement de traite et de stockage du lait non entretenus peuvent contenir des *microcoques*, des levures tel que (*Candida*, *Yarrowia*, *Geotrichum candidum*), la flore lactique avec les *lactobacilles*, les *streptocoques* (*Streptococcus*, *Lactococcus*, *Entérocooccus*), les *Leuconostoc*. Cette flore est souvent spécifique d'une chaîne de production à une autre (Guiraud, 1998).

## I.2. Le yaourt :

En cherchant à conserver le lait, le plus lentement possible, les premiers éleveurs ont tâtonnés d'innombrables expérimentations en passant par le lait caillait jusqu'à la compréhension de la fermentation lactique, atout de développement technologique et industriel actuel (Treillon, 2000).

### I.2.1. La définition du lait fermenté :

La dénomination lait fermenté est réservée aux produits laitiers préparés avec du lait écrémé ou non, ou avec du lait concentré ou en poudre écrémé ou non, enrichis ou non de constituant de lait. Le lait fermenté subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation,ensemencé avec des bactéries lactiques spécifiques. La coagulation de lait fermenté ne devrait pas être obtenue par d'autres moyens que ceux qui résultent de l'activité des microorganismes utilisés (de Roissart et Luquet, 1994).

### I.2.2. Les différents types de lait fermenté :

Une grande variété du lait fermenté est produite, on trouve sur le marché :

\*le lait fermenté acide dont le yaourt, qui est un produit laitier coagulé obtenu par une fermentation lactique, grâce au développement des bactéries lactique thermophiles spécifiques (Guerzani, 2003) ;

\*le lait fermenté acide et légèrement alcoolisé comme le kéfir et le koumis ;

\*le lait fermenté concentré, résultant du développement de certains microorganismes qui dégradent le lactose en acide lactique ou dans certains cas en alcool éthylique ce qui fait de lui un lait acidifié, qui dont la teneur en protéines sériques (protéines solubles) est enrichie avant ou après la fermentation par pas mois de 5,6% (Veisseyre, 1979) ;

\*Le lait fermenté aromatisé qui peu contenir des ingrédients non laitiers, représentant pas plus de 50 % de la composition finale de produit, on trouve des édulcorants nutritifs /non nutritifs, des fruits et légumes sous différentes formes (de jus, de la purée, de la pulpe), autres ingrédients peuvent aussi être incorporés comme les céréales, le miel, le chocolat, les noix, le café, les épices et autres composants aromatisants naturelles et inoffensives (Salins, 2012).

### I.2.3. La définition de yaourt :

La dénomination yaourt où yoghourt est réservée au lait fermenté obtenu par le développement des seules bactéries lactiques, *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent êtreensemencées simultanément (Mahaut *et al.*, 2000). La synergie présente entre ces deux souches permet l'élaboration des composée utiles l'un pour l'autre. *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus*, est un agent d'acidification, alors

que *Streptococcus thermophilus*, est considéré comme agent d'aromatisation (Guiraud et Galzy, 1980).

#### **I.2.4. Les différents types de yaourt :**

Il existe plusieurs types de yaourt classés selon la composition chimique, la technologie de production et selon la saveur :

**a) Classement de yaourt selon la technologie de production :** plusieurs types sont sur le marché, à savoir le yaourt ferme (étuvé ou traditionnel) à incubation et refroidissement en pots ; le type brassé à incubation en cuve et refroidissement avant le conditionnement ; le type boisson similaire au type brassé mais dont le coagulum est réduit à l'état liquide avant le conditionnement. Autres types, le yaourt glacé à incubation en cuve et à congélation similaire à celle de la crème glacé ; et le yaourt concentré à incubation en cuve (condensation et refroidissement avant le conditionnement) (Vignola, 2000).

**b) Classement de yaourt selon sa teneur en matière grasse :** selon la teneur de matière grasse différents yaourt sont produits, tel que le yaourt entier qui contient au minimum 3% en matière grasse de son poids final ; le yaourt partiellement écrémé contenant moins de 3% de matière grasse ; et le yaourt écrémé avec une teneur de matière grasse qui ne dépasse pas 0.5%.

**c) Classement de yaourt selon les ingrédients additionnés (additifs) :** on trouve de yaourt aromatisé ; de yaourt fruité ; de yaourt light (addition d'édulcorant : aspartame) (Beal *et al.*, 2003).

#### **I.2.5. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt :**

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modification. Certaines de ces modifications optimisent la valeur nutritionnelle et thérapeutique de produit fini (Mahaut *et al.*, 2000).

##### **I.2.5.1. Intérêts nutritionnels :**

Le lait fermenté a des avantages technologiques, tels que l'amélioration du goût, de l'arôme, de texture et de la stabilité du produit. De nombreux effets bénéfiques résultent grâce aux bactéries lactiques, notamment des effets nutritionnels (Drouaut, 2001). Ces avantages nutritionnels concernent l'amélioration de la digestibilité des protéines et de la matière grasse, suite à la libération des acides (Breslaw, 1973). Les produits laitiers fermentés sont reconnus comme une source importante de protéines digestibles, de vitamine A, de calcium (67%), de fer (6%), cuivre, zinc, magnésium (15-20%) et de phosphore (39%) (Debry. G, 2001).

##### **I.2.5.2. Intérêts thérapeutiques :**

La présence de bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase (**de Roissart et Luquet, 1994**). Le yaourt a également un effet immun-régulateur, qui permet d'augmenter la production d'interférons et d'immunoglobulines et d'exciter l'activité des lymphocytes B, cet effet est attribué à *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus*. Ces bactéries modifient les enzymes bactériennes à l'origine des carcinogènes dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation des substances précancéreuses. La consommation de yaourt permet aussi de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait, pour maintenir une cholestérolémie basse (**Mahaut et al., 2000**).

### **I.2.6. Les bactéries lactiques :**

Les bactéries lactiques sont des bactéries appartenant au phylum Gram positif (**Schleifer et Ludwig, 1995**), sont des cellules procaryotes hétérotrophe et chimio-organotrophes, ayant pour caractéristique commune la production d'acide lactique comme produit final principal du métabolisme (**De Roissart, 1986**).

-L'espèce *Streptococcus thermophilus* représente la seule espèce à intérêts industriels et nutritionnels de genre Streptococcus, qui se présente sous forme de cellules sphériques ou ovoïdes, regroupées en paires ou en longues chaînes de longueur variable dans le cas des cultures en pleine croissance (**Terré, 1986**). C'est une bactérie thermorésistante, sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques, (**Dellaglio et al., 1994**). *Streptococcus thermophilus* est isolée exclusivement du lait et des produits laitiers sous forme de coques disposées en chaînes de longueurs variables ou par paires, sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50°C, son métabolisme est du type homo-fermentaire (**Lamoureux, 2000**).

Le rôle principal de *Streptococcus thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique, en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture dans les laits fermentés, en augmentant la viscosité du lait par production de polysaccharides (composés de galactose, glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnose, arabinose et de mannose) (**Bergamaier, 2002**).

-L'espèce *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* est un bacille regroupé en diploé-bacilles ou en longue chaînes, de petites formes bacillaires dans les jeunes cultures (**Terré, 1986**), c'est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et en magnésium avec une température optimale de croissance qui est de 42°C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement de la qualité organoleptique de produit fini, ainsi que l'optimisation de sa stabilité, par inhibition des altérations microbiennes et enzymatiques éventuelles et, par

conséquent, d'allonger sa durée de conservation. Elle permet également d'obtenir des produits sains (Marty, 2000).

### **I.2.7. Technologie de fabrication de yaourt :**

Le yaourt est un lait fermenté très populaire, il est préparé essentiellement à l'échelle industrielle, avec la préoccupation principale d'obtenir régulièrement un produit d'excellente qualité (Zouari *et al.*, 1991).

Trois facteurs jouent un rôle important dans la qualité du yaourt : le lait utilisé, la technologie de production, et surtout les microorganismes lactiques utilisés, qui appartiennent aux espèces *Streptococcus salivarius subsp thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* (Desma, 1989). La production industrielle de yaourt se fait selon les étapes suivantes :

**I.2.7.1. Standardisation de la composition du lait :** le lait est standardisé au taux de la matière grasse désirée dans le produit fini, à savoir écrémage totale ou partiel (de Roissart et Luquet, 1994). Il peut être aussi enrichi en matière non grasse par addition de poudre de lait ou de protéine du lait (addition de caséinate, de lactosérum et des substances laitières modifiées ou des protéines hydrolysées) (Lapointe-Vignola et Québec, 2002).

**I.2.7.2. Homogénéisation :** l'homogénéisation est employée principalement pour stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait afin d'éviter la séparation de la crème par gravité, empêchant ainsi une montée de la crème à la surface durant la fermentation (Lapointe-Vignola et Québec, 2002).

**I.2.7.3. Traitement thermique :** après homogénéisation, le lait enrichi va subir ensuite un traitement thermique, le plus couramment utilisé est une pasteurisation comprise entre 90°C et 95°C durant 10 à 15 secondes, puis le lait envoyé vers le chambreur pour un séjour de 3 à 5 minutes (Luquet, 1985a). Ce traitement thermique a pour but, la destruction de tous les germes potentiellement pathogènes et indésirables (bactéries, levures et moisissures) ; la stimulation de la croissance ultérieure des bactéries lactiques se produit par la formation de facteurs de croissance tel que l'acide formique, et une amélioration de la texture du yaourt aura lieu suite à la dénaturation de plus de 85% des protéines solubles qui se fixent ainsi que sur les molécules de caséines (de Roissart et Luquet, 1994).

**I.2.7.4. Refroidissement :** le lait pasteurisé est refroidi à une température avoisinante de 43°C pour pouvoir inoculer les ferments lactiques (Lapointe-Vignola et Québec, 2002).

**I.2.7.5. Développement de la fermentation :** cette étape appelée également phase d'acidification est l'étape caractéristique de la préparation du yaourt, elle est composée d'une phase d'ensemencement et d'une phase d'incubation.

➤ **Phase d'ensemencement** : c'est l'inoculation de *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* dont le rapport est de 1/2 (pour le yaourt nature), jusqu'à 1/10 (pour le yaourt aux fruits), l'ensemencement du lait doit se faire à un taux de bactérie lactique suffisamment élevé, pour avoir une acidification correcte et un produit homogène grâce à une répartition bonne et régulière des bactéries lactiques dans le produit (**Luquet, 1985b**).

➤ **Phase d'incubation** : la phase d'incubation correspond à l'abaissement de pH et l'augmentation de l'acidité dans le yaourt. Lors de la croissance des bactéries lactiques, elles dégradent le lactose en acide lactique entraînant une baisse du pH et une gélification du milieu avec des modifications structurelles telle la formation de caille (**Imhof, 1994**). Cette phase est sous la dépendance de deux facteurs, à savoir la température et le temps. La température d'incubation optimale de développement de *Streptococcus thermophilus* est de 42°C à 45°C, et celle de *Lactobacillus bulgaricus* est comprise entre 47°C à 50°C (**Luquet, 1985c**).

**I.2.7.6. Arrêt de la fermentation** : afin de stopper l'acidification, le yaourt est refroidi rapidement; les caisses sont mises dans une chambre de refroidissement à une température inférieure à 5°C pendant une heure (**veisseyre, 1979**). Selon le type de yaourt, l'addition de fruit et/ou d'arôme se fait avant ou après fermentation.

**I.2.7.7. Conditionnements** : les conditionneuses assurant à la fois, la formation des pots de yaourt à partir des films d'emballage (thermoformage) ; le remplissage et le dosage des pots (c'est à ce niveau que se fait l'ajout par exemple d'arôme, ou de pulpes de fruits) ; la fermeture hermétique des pots se fait par thermo-scellage ; les pots doivent être datées (**Pacikora, 2004**).

**I.2.7.8. Brassage** : dans le cas de yaourt brassé, avant le refroidissement on procède à une étape particulière qui est le brassage du caillé, qui va conférer au produit son onctuosité. Cette étape est réalisée, soit par agitation mécanique à l'aide d'un brasseur à turbine ; soit par filtration de gel ; soit par homogénéisation à basse pression (< 50 atmosphère) notamment dans le cas du yaourt à boire. Le produit étant plus liquide, il en résulte une baisse de la viscosité de 50%, par rapport à l'agitation mécanique (**Luquet, 1990**).

**I.2.7.9. Stockage** : le yaourt doit être conservé au frais à une température de 4 à 6 °C, sa consommation se fait avant la date limite de consommation (DLC) figurant sur l'emballage (en général 24 à 28 jours après la date de production). Lorsqu'un récipient est ouvert, il convient de consommer son contenu rapidement pour éviter l'installation des moisissures, favorisées par l'acidité (**Trémolières et al.,1984**).

# *Chapitre II*

**Méthode de travail :**

Ce présent travail était réalisé dans l'industrie SARL HODNA-lait située au niveau de la Wilaya de M'sila ; il consiste à étudier l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques suivait aux cours de la préparation d'un yaourt à boire aromatisé dans l'industrie citée en haut, et cela pendant toutes les étapes de la production allant de la matière première jusqu'au produit fini. La première étape, consiste à évaluer la qualité de l'eau utilisée dans la production de yaourt suivant des analyses physico-chimiques tel que la mesure de pH, de conductivité, dosage de chlorure, mesure des titres alcalimétriques simple (TA) et complet (TAC), dosage de chlore libre. La qualité de la matière première utilisée dans la production de yaourt à boire, qui est le lait en poudre, est également étudiée en suivant des paramètres physico-chimiques, qui sont le taux d'humidité, la mesure de pH, le dosage de l'acidité, le suivi de la stabilité thermique et le dosage de la matière grasse. La deuxième étape consiste à une caractérisation physico-chimique réalisée aux cours de la préparation du yaourt, à savoir après préparation, après pasteurisation, pendant la période de maturation, durant le décaillage, et en période de refroidissement, et aussi aux cours de conditionnement. La troisième et dernière étape est l'évaluation de la stabilité de la qualité de produit fini durant sa conservation à 6°C.

**II.1. Etapes de traitement et analyses de traitement d'eau :****II.1.1. Les installations de la station de traitement des eaux :**

La station de traitement des eaux est répartie en:

-Des baches à eau d'une capacité de 2000 m<sup>3</sup> (deux baches à eau de 1000 m<sup>3</sup> situés à MEZRIR), un Stockage d'eau au niveau de cinq différents forages, l'entreprise dispose d'un groupe de pompage (deux pompes à Q = 80 m<sup>3</sup>/h de chaque pompe), des filtres à sable (trois filtres Q<sub>nominale</sub> = 50 m<sup>3</sup>/h pour chaque bouteille (au sein de l'entreprise). Une autre bache à eau de 1000 m<sup>3</sup> se trouve dans l'entrepris, contient un groupe de pompage (cinq pompe à Q = 60 m<sup>3</sup>/h chaque pompe).

-Une station de traitement des eaux, qui contient des filtres à charbon actif (quatre filtres à Q<sub>nominale</sub> = 40 m<sup>3</sup>/h de chaque bouteille; deux pompes d'injection de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (98 %) ; cinq Osmoseurs; elle contient aussi des filtres d'un diamètre de 5µm et la de 1µm. La station dispose également d'une pompe doseuse pour injection eau de javel; une pompe doseuse d'injection de la soude caustique liquide à 30 %; des lampes ultra-violet; des cuves d'eau traitée (60 m<sup>3</sup> pour chaque cuve), on trouve des adoucisseurs d'une capacité de Q<sub>nominale</sub> = 22 m<sup>3</sup>/h de chaque bouteille.

La **Figure 1**, ci-dessous, représente un diagramme qui résume les étapes et des analyses de l'eau qui s'effectuent dans industrie.

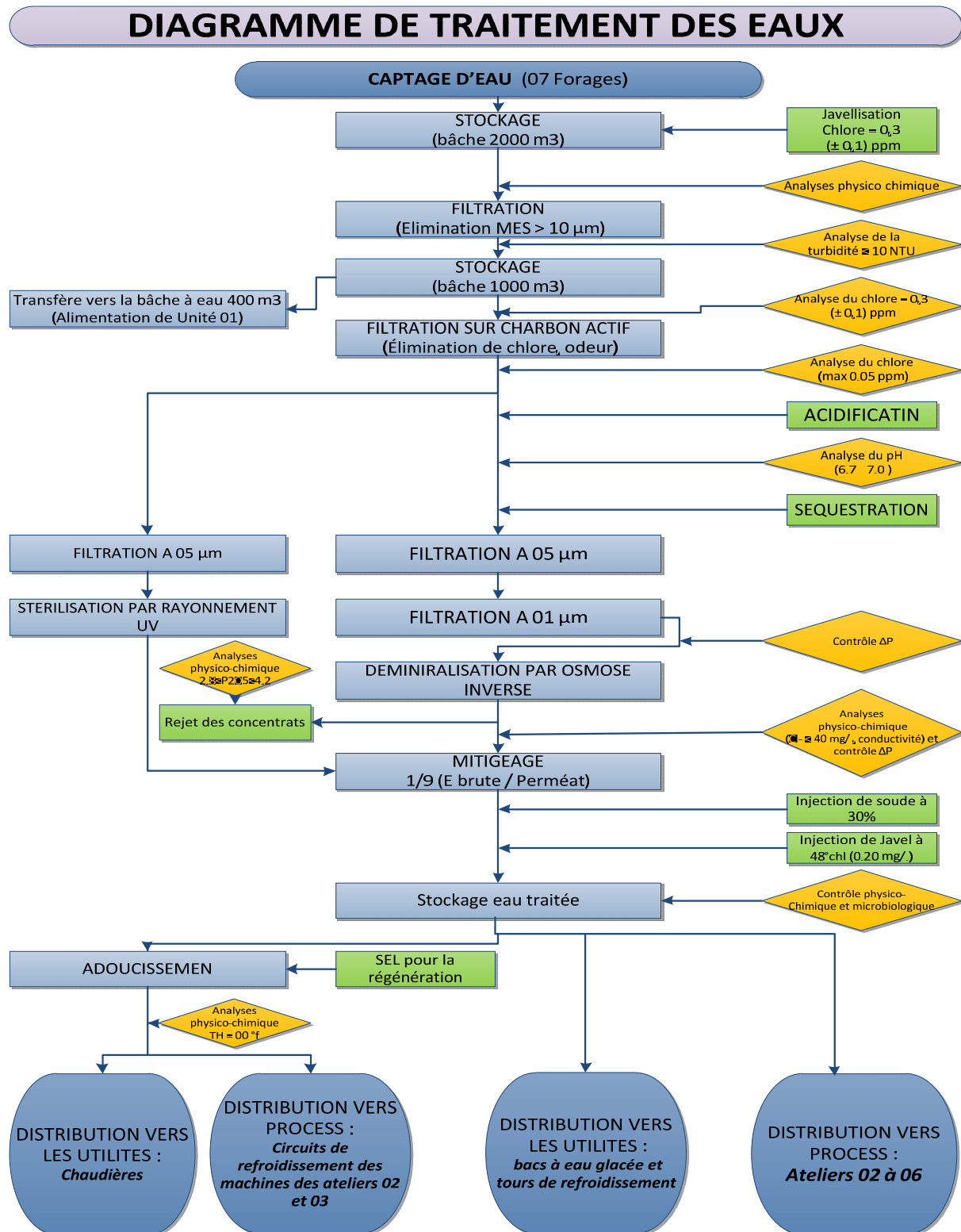


Figure 1 : Diagramme résumant des étapes de traitement et des analyses d'eau dans l'industrie.

## II.1.2. Les analyses d'eau au sein de l'entreprise SARL HODNA-lait :

### -L'échantillonnage :

L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser. Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon.

#### II.1.2.1. La mesure du potentiel hydrogène (pH) et de la température :

Le pH est déterminé par la méthode potentiométrique, à l'aide d'un pH mètre, appareil qui mesure la différence de potentiel existant entre deux électrodes plongées dans le produit à analyser. La mesure était effectuée sur des prélèvements d'eau, en introduisant la sonde de pH dans l'échantillon d'eau à analyser, une fois que la valeur affichée soit stable, on note le pH de l'échantillon. La mesure de la température était à l'aide d'un thermomètre (De León, 2006).

#### II.1.2.2. La mesure de la conductivité :

Pour déterminer la quantité des ions que la solution peut faire déplacée, la mesure se fait sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour plonger la sonde de conductivité (Raimbault, 1986).

#### II.1.2.3. Le dosage de chlorure :

La détermination de la concentration des ions de chlorure dans un échantillon d'eau de 100ml (Volume  $V_a$ ), se fait par ajout de 1ml d'indicateur de chromate de potassium à 10 %, titrée ensuite par une solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prend une couleur brune-rougeâtre (volume  $V_s$ ). La concentration en chlorure exprimée en mg/l, est donnée par la formule suivante :

$$[Cl^-] = \frac{V_s \times C \times f \times 1000}{V_a}$$

$V_a$  : volume, de l'échantillon en ml.

$V_s$  : volume, en ml de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le titrage de l'échantillon.

$C$  : la concentration réelle d'AgNO<sub>3</sub>, exprimée en mol/l mole.

$f$  : est le facteur de conversion en mg  $f = 35,5$  mg/mol.

#### II.1.2.4. La mesure des titres alcalimétriques TA et TAC:

Ces deux paramètres permettent de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et en hydroxydes présentes dans l'eau, d'autre façon l'alcalinité d'une eau.

-TA (Titre Alcalimétrique simple) également appelé alcalinité composite : il est défini comme étant la somme de la concentration totale en ions hydroxyde avec une demi

concentration en ions carbonate, par ce que 1 degré français (°F) est équivalent à 3,4 mg/l d'ions hydroxyde ou à 6mg/l d'ions carbonate, qui sont alors entièrement transformés en bicarbonates, elle déterminée par titration en présence d'un indicateur coloré, à savoir phénolphtaléine (pH 8,3).

$$TA = [OH^-] + \frac{1}{2} [CO_3^{2-}]$$

Durant la titration, si aucune coloration rose n'est obtenue, l'alcalinité est considéré comme nulle. Alors que, si une coloration rose est obtenue, la titration continue avec de l'acide sulfurique à 0,1N jusqu'à la disparition totale, de la couleur ; le volume  $V_1$  (m consommé est noté.

**-TAC (Titre Alcalimétrique Complet ou total) :** correspond à la somme des ions  $[OH^-]$ ,  $[CO_3]$  et  $[HCO_3]$ . Obtenue par titration en présence méthyle (pH 4,5), qui prend fin de l'apparition d'un rouge de méthyle.

$$TAC = [OH^-] + [CO_3] + [HCO_3].$$

Des gouttelettes de méthyle orange sont ajoutées à la solution, déjà utilisée pour déterminer l'AT à pH 8,3, et la titration ainsi continue avec de l'acide sulfurique à 0,1N jusqu'au virage rose orange et le volume total  $V_2$  (ml) d'acide consommé est noté. Les résultats sont exprimés en degré français (°F) :

$$TA:TA (°F) = V_1 \times 5$$

$V_1$  : le volume en ml de la solution d'acide sulfurique à 0,1N nécessaire au titrage.

$$TAC:TAC (°F) = (V_2 - 0,1) \times 5$$

$V_2$  : le volume de la solution d'acide nécessaire pour la titration.

#### II.1.2.5. Détermination du chlore libre actif :

Pour déterminer le taux d'acide hypochlorite dissous dans l'eau, la mesure se fait selon le protocole suivant, deux cuves en verres sont utilisées, on introduisant 10ml d'échantillon d'eau dans chaque une, une cuve sert comme témoin, alors que une pastille DPD N° 01 (diéthyl-p-phénylènediamine) est ajoutée dans l'autre cuve, une fois la cuve scellée, la pastille se dissous sous l'effet de l'agitation. Le résultat est exprimé en mg/l de chlore libre actif.

#### II.1.2.6. Mesure de la turbidité :

La turbidité à pour but de mesurer les propriétés optiques de l'eau, qui résulte de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules de matières en suspension présentes dans l'échantillon. La turbidité est mesurée selon la procédure suivante, 25ml d'eau ionisée, qu'est considérée le blanc de la manipulation, est placé dans le puits de mesure,

ensuite le capot de l'appareil est ajusté pour couvrir la cuvette, une fois pressé sur le bouton «zéro» le curseur se déplace vers la droite puis l'affichage indique: «0 Fau», ainsi 10ml d'échantillon sont introduits dans une autre cuvette, où il sera soigneusement mélangé avant de le transvaser dans la cuvette colorimétrique, après avoir essuyé l'extérieur de la cuvette avec un tissu doux, une fois que la cuvette est placée dans le puits de mesure, le capot de l'appareil est ajuster pour couvrir la cuvette; et la mesure est lancée en appuyant sur «read»; le curseur se déplace vers la droite, ainsi le résultat en unités Fau de turbidité s'affiche (Pelletier, 2009).

## II.2. Les analyses de la poudre de lait utilisé:

**-l échantillonnage :** Après chaque nouvel arrivage de la poudre du lait, l'unité HODNA LAIT fait la répartir en plusieurs lots constitués d'une dizaine de sacs. Les analyses physico-chimiques sont effectuées sur un sac pour chaque lot. Le prélèvement est réalisé initialement au niveau du laboratoire, à l'aide d'un ciseau on ouvre le sac et on plonge une louche propre au fond du sac pour réaliser un bon prélèvement qui servira à toutes les analyses.

### II.2.1. La mesure de potentiel hydrogène (pH) :

La mesure se fait en introduisant l'électrode dans le béccher contenant de lait reconstitué à analyser, après chaque détermination du pH, l'électrode retirée et rincée avec l'eau distillée et sécher avant une autre utilisation (Audigie, 1984). La mesure est faite en trois essais (voire annexe 01).

### II.2.2. La mesure de l'acidité titrable :

La titration est utilisée pour déterminer l'acidité titrable du lait en poudre reconstituée, 10ml de l'échantillon est introduit dans un béccher avec quelques gouttes de phénolphtaléine, la titration réalisée avec de la soude à 0.9N, prend fin avec l'apparition d'une couleur rose pale persistante (AFNOR, 1995). La mesure est faite en trois essais.

L'acidité est exprimée en degré Dornic selon la relation suivante :

$$\text{Acidité (°D)} = V \times 10$$

V: le volume de la solution sodique utilisé pour la titration.

### II.2.3. Test la stabilité thermique:

Un échantillon de 5ml de lait reconstitué est placé dans un bain-marie à 100°C pendant 5 minutes puis examiné pour vérifier si des modifications de consistance ont lieu (voire annexe 02). La mesure est refaite trois fois, pour pouvoir confirmer la stabilité thermique de lait reconstitué.

### II.2.4. Taux de matière grasse «méthode de Gerber» :

La méthode dite Gerber est une technique conventionnelle permettant d'évaluer la teneur en matière grasse du lait (MG) dans un litre de lait (g/l). Le dosage de la matière grasse se fait par la méthode acido-butyrométrique dont le principe est basé sur la dissolution des protéines du lait par l'acide sulfurique, ainsi la matière grasse est séparée sous l'influence de la force centrifuge, et aussi favorisée par l'ajout de l'alcool iso-amylique. Le butyromètre est gradué de manière à donner par lecture le pourcentage de masse de la matière grasse. Dans un butyromètre à poudre 10ml d'acide sulfurique (91%) et 10ml d'eau distillée sont introduits ; à l'aide d'un entonnoir, 2,5g de poudre de lait sont ajoutés à la solution dans le butyromètre ; ensuite 1ml d'alcool iso-amylique est additionné; ainsi le butyromètre est homogénéisé , ensuite mis dans un bain-marie à 65°C durant 5minutes ; une fois le mélange est centrifugé à vitesse (1300 tour/min) pendant 5 minutes ; le résultat est calculé directement sur le butyromètre (**Afnor, 1989**). La reproductibilité des résultats est vérifiée en appliquant trois essais (voire annexe 03).

#### **II.2.5. Taux d'humidité:**

Un dessiccateur est utilisé pour déterminer le taux d'humidité de la poudre de lait, on plaçant dans une capsule en aluminium, une fois tarée, 3g de la poudre de lait étalés; la fin d'évaporation effectuée à une température comprise entre 107 et 120°C, se manifeste lorsque la perte du poids reste constante. Le taux d'humidité est indiqué en pourcentage sur l'écran du dessiccateur (**Afnor, 1989**). La même manière pour les trois essais (voire annexe 04).

### **II.3. Procédé de production de yaourt à boire aromatisé au niveau de SARL HODNA lait:**

#### **II.3.1. La reconstitution :**

Il s'agit d'un mélange de poudre de lait écrémé (0% de matière grasse) et entier (26% de matière grasse), de sucre et d'amidon comme stabilisant, avec de l'eau chaude traitée (38-45°C), afin d'obtenir un produit conforme aux critères souhaités (voire annexe 05). Après 15 minutes de la fin de poudrage, le premier prélèvement est réalisé afin de pouvoir faire les analyses physico-chimiques.

#### **II.3.2. La pasteurisation :**

Cette opération est effectuée au niveau d'un pasteurisateur à plaques divisé en 03 compartiments:

- a) Premier compartiment : où le lait froid va subir un préchauffage 60-70°C en contact avec l'eau chaude ou bien le lait sortant.
- b) Deuxième compartiment: c'est le compartiment du chauffage, qui s'effectue à une température de 95°C (durant 10-15secondes), ensuite le lait est envoyé vers le chambreur pour

un séjour de 5 minutes à 95°C également, afin d'éliminer les microorganismes indésirables et/ou potentiellement pathogènes.

c) Troisième compartiment : c'est le compartiment de refroidissement où la température du lait chute jusqu'à une température comprise entre 42 et 45°C, qui est la température optimale d'incubation. Ainsi, le lait prend chemin vers le tank de maturation (avec une capacité de 15000Litres). Après la fin de pasteurisation, un deuxième prélèvement est réalisé.

### **II.3.3. Le dégazage :**

Le lait préchauffé à une température de 60°C est introduit tangentiellement dans la cuve sous vide. Les gaz véhiculés par la vapeur montent vers le haut de la chambre et sont aspirés par une pompe sous vide, alors que les vapeurs se condensent dans le condenseur en spirale, et sont reconduits dans le produit liquide (voire annexe 06).

### **III.3.4. Homogénéisation :**

Ce traitement est physique sous une pression de 150bars, qui éclate les globules de matière grasse en fines particules plus homogènes. Il a pour objectif d'éviter la remontée de la matière grasse à la surface de mélange, et pour qu'elles ne gênent pas l'écoulement du lait, ou pour qu'elles ne s'accumulent pas au fond de pasteurisateur lors du traitement thermique en vue de la conservation (voire annexe 07).

### **II.3.5. Aromatisation :**

Avant la fin du remplissage du tank de la maturation, 12Litres d'arome sont introduits pour préparation de 15000Litres de lait (voire annexe 08).

### **II.3.6. La fermentation :**

Après l'ajout d'arome, les ferments thermophiles sont introduits dans la cuve, en vue de procédé à l'ensemencement. Après le remplissage du tank, la préparation est entreposée durant 15minutes sous agitation, afin d'assurer une bonne homogénéisation, l'arrêter de cette opération annonce le départ de la maturation. Après une première demi-heure de maturation, le troisième prélèvement est réalisé. Pour chaque 30minutes de fermentation, un échantillon est prélevé afin de réaliser les analyses physico-chimique (voire annexe 09).

### **II.3.7. Le refroidissement et le décaillage :**

quand l'acidité atteint une valeur voisine de 70°D, il est nécessaire d'arrêter l'acidification en inhibant la multiplication des bactéries par une agitation à grande vitesse et abaissement considérable de la température allant de 45°C à 6°C, produisant un choc thermique dans le refroidisseur, ce dernier est un échangeur de chaleur à plaques dans lequel le lait est refroidi en contact indirect avec de l'eau glacée. Après le décaillage, un quatrième prélèvement est entamé.

**II.3.8. Le stockage dans un tank tampon :** après un rapide refroidissement, le produit est transféré vers un tank tampon (d'une capacité de 15000 Litres), où il va être stocké à une température de 4 à 6 C°.

**II.3.9. Le conditionnement :**

Qui se réalise grâce à l'aide d'une conditionneuse automatique de la marque SIDEL (voire annexe 10), qui effectue le remplissage du yaourt venant du tank de stockage dans des bouteilles en polyéthylène stérilisés par des rayons UV. Aux cours de conditionnement, le cinquième prélèvement; est réalisé : au début, au milieu et à la fin de conditionnement.

**II.4. Les analyses physico-chimiques des produits issus des phases de production du yaourt aromatisé à boire :**

Les prélèvements des laits intermédiaires se fait dans différents points de la chaîne de production à savoir (voire annexe 11), avant la pasteurisation, après la pasteurisation, après 30 minutes d'ensemencement, après chaque 30 minutes durant la maturation jusqu'à la fin et après refroidissement. Concernant le produit fini «yaourt aromatisé à boire», des échantillons sont également prélevés aux cours de conditionnement (au début, au milieu et à la fin de conditionnement).

A la fin de conditionnement; trois échantillons sont prélevés, et étiquetés selon les points de contrôles fixés après « +7jours » et « après +15jours » de stockage, ainsi que « +1jour » après la date limite de consommation. Ces échantillons sont conservés à 6°C. La reproductibilité des résultats est vérifiée.

**II.4.1. Mesure du potentiel hydrogène (pH) :**

Le pH des prélèvements du lait durant la préparation de yaourt à boire aromatisé et de produit fin est déterminé selon les étapes appliquées à l'échantillon de l'eau et de poudre de lait (**voir II.1.2.1. et II.2.1.**).

**II.4.2. Mesure de l'acidité titrable :**

Le lait renferme de l'acide lactique provenant de l'activité fermentaire des bactéries lactiques; qui est titrée par une solution sodique (hydroxyde de sodium à 0,111 mol/l) en présence de la phénolphtaléine à 1% comme indicateur coloré indiquant la limite de neutralisation par changement de couleur. 10ml d'échantillon est introduit dans un bêcher avec des gouttelettes de phénolphtaléine. La titration est réalisé avec de la soude à 0,9 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose pale.

L'acidité exprimée en degré Dornic est donnée par la relation suivante :

$$\text{Acidité (°D)} = V \times 10$$

$V$  : le volume de la solution sodique utilisé pour la titration (Tétreault, 1992).

#### **II.4.3. Teneur en matière grasse par la méthode de « Gerber » :**

Dans le butyromètre 10ml d'acide sulfurique est introduit tout en évitant de mouiller le col, ajouter 11ml de lait au moyen d'une pipette en plaçant la pointe de celle-ci en contact avec la base du col du butyromètre et évitant un mélange prématuré du lait avec l'acide ; ensuite 1ml d'alcool iso-amylque est versé sur la surface du lait prenant soin de ne pas mélanger les liquides ni de mouiller le col du butyromètre. Une fois le butyromètre est scellé dans la position qu'il occupait avant l'agitation, on attend que le mélange ait complètement remplis l'ampoule terminale, aussitôt après on procède au retournement et on attend que au niveau de l'ampoule terminale un mélange homogène soit obtenu. Ensuite sans laisser refroidir le butyromètre, on procède à la centrifugation. La centrifugation doit s'effectuer à une vitesse de rotation comprise en principe entre 1000-1200 tours/minute, pendant 6minutes (Grappin, 1979).

#### **II.4.4. Détermination de l'Extrait Sec Total (EST):**

La détermination de la matière sèche totale est exprimée en pourcentage pondérale du résidu obtenu après dessiccation. Cette dernière est réalisée par évaporation d'un volume de l'échantillon à analyser et par pesée de résidu obtenu. Dans une capsule séchée et tarée; on introduire 3g de l'échantillon à l'aide d'une pipette graduée; fermer le couvercle de dessiccateur halogène et lancer la dessiccation. La teneur en extrait sec totale s'affiche directement dans l'appareil.

#### **II.5. Analyses statistiques des données :**

Pour évaluer l'effet des différentes étapes de préparation du yaourt à boire sur sa qualité, ainsi que d'évaluer la stabilité de la qualité de produit durant sa conservation, et si ces effets sont significatifs sur les propriétés organoleptique de produit; une analyse statistique par analyse de la variance à un facteur (one-way ANOVA) suivit par le test de comparaisons multiples de Tukey ( $P < 0.05$ ) était réalisés en utilisant le logiciel XLSTAT (Addinsoft, 2016).

# *Chapitre III*

### III. Résultats et discussions :

#### III.1. Les analyses physico-chimiques de l'eau et de la poudre de lait :

L'évaluation de la qualité physico-chimique de la matière première, utilisée dans la préparation de yaourt à boire aromatisé, qui est l'eau et la poudre de lait est primordiale pour réussir la formulation des produits cités.

##### III.1.1. Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau utilisée :

La qualité physico-chimique de l'eau utilisée pour la préparation de yaourt à boire aromatisé était évaluée, les résultats obtenus sont présentés dans le **tableau 3**, ci- dessous.

**Tableau 3** : Les résultats d'analyse physico-chimique de l'eau brute.

Paramètres	Analyses physico-chimiques	
	Résultats de l'analyse l'eau	Normes de "HODNA-LAIT"
T (°C)	24,4	19 - 28
pH	7,54	7,00 -7,90
Conductivité (µs/cm)	2106	1500-2300
TA (°F)	00	/
TAC (°F)	22,5	/
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	256	230-280
Cl <sub>2</sub> (mg/l)	0,15	0,15-0,30
Turbidité (UTN)	01	0-20

T (°C) : Température

TA (°F) : Titre alcalimétrique

TAC (°F) : Titre alcalimétrique complet

Cl<sup>-</sup> (mg/l) : Chlorure

Cl<sub>2</sub> (mg/l) : Chlore libre

Les résultats présentés dans le **tableau 3**, montrent que les paramètres physico-chimiques évalués de l'échantillon d'eau analysé, comme la température d'eau, le potentiel hydrogène (pH), la conductivité, les titres alcalimétriques simple (TA), et complet (TAC), la turbidité, dosage de chlore libre (Cl<sub>2</sub>) et de chlorure (Cl), sont conformes aux normes interne fixées par HODNA-LAIT, ainsi l'eau sera utilisée dans la préparation du yaourt à boire aromatisé. La qualité d'eau est un important facteur pour une bonne reconstitution de lait.

##### III.1.2. Les résultats des analyses physico-chimiques de poudre de lait utilisée:

Les analyses physico-chimiques sont basées sur la détermination de taux d'humidité, de l'acidité, de la teneur de la poudre du lait en matière grasse, ainsi que la mesure du potentiel Hydrogène (pH).

Les résultats issus de l'évaluation de la qualité physico-chimique de lait en poudre, utilisée dans la préparation d'un yaourt à boire aromatisé sont présentés dans le **tableau 4**, ci-dessous.

**Tableau 4** : Les résultats d'analyses physico-chimiques de poudre du lait.

Paramètres	Analyses physico-chimiques	
	Résultats d'analyse de la poudre du lait	Normes de "HODNA-LAIT"
pH	6,71 ± 0,004	6,60-6,72
Acidité (°D)	10 ± 0,58	10-18
TH (%)	3,65 ± 0,20	4
T <sub>MG</sub> (g/100ml)	26,5 ± 0,00	26

T<sub>MG</sub>: Taux de matière grasse ; TH: Taux d'humidité

Les résultats présentés dans le **tableau 4**, ont pu valider la conformité de la poudre de lait utilisée vis-à-vis des normes internes établies par HODNA-LAIT.

### III.2. Les résultats des analyses physico-chimiques de yaourt à boire aromatisé, aux cours de sa préparation:

Une évaluation des paramètres physico-chimiques pendant la préparation de yaourt à boire aromatisé à différents arômes (abricot, fraise, pêche poire, banane) a été faite.

#### III.2.1. Le pH et l'acidité :

La variation non contrôlée de pH et/ou l'acidité durant les différentes étapes de la préparation de yaourt à boire aromatisé, peut engendrer des modifications non souhaitables, soit au niveau technologiques (durant le procédé de préparation), soit au niveau organoleptique de produit fini. Ainsi, le suivi de l'évolution de ces paramètres durant les différents stades de préparation de produit (après reconstitution, après pasteurisation, aux cours de maturation, après d'écaillage, aux cours de refroidissement et aux cours de conditionnement) est important.

Pour évaluer si les différentes étapes de préparation du yaourt à boire ont un effet significatif sur la qualité physico-chimiques de produit; une analyse statistique par analyse de la variance à un facteur (one-way ANOVA) suivit par le test de comparaisons multiples de Tukey ( $P < 0,05$ ) a été réalisé. Ainsi, les résultats obtenus pour les quatre échantillons sont présentés dans le **tableau 5**, ci-dessous.

Tableau 5: Les résultats de pH et de l'acidité de yaourt à boire aromatisé aux cours des différentes étapes de sa préparation.

Les étapes de la préparation	Evolution de pH et de l'acidité des yaourts à boire aromatisés aux cours des étapes de préparation							
	Yaourt à boire aromatisé à l'abricot (Y <sub>abricot</sub> )		Yaourt à boire aromatisé à la fraise (Y <sub>fraise</sub> )		Yaourt à boire aromatisé à la Ypêche/poire (Y <sub>pêche/poire</sub> )		Yaourt à boire aromatisé à la banane (Y <sub>banane</sub> )	
	pH	Acidité (°D)	pH	Acidité (°D)	pH	Acidité (°D)	pH	Acidité (°D)
Reconst.	6,641 ± 0,002 <sup>a</sup>	13 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,661 ± 0,002 <sup>a</sup>	13 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,604 ± 0,003 <sup>a</sup>	13 ± 0,226 <sup>i</sup>	6,673 ± 0,004 <sup>a</sup>	13 ± 0,092 <sup>j</sup>
Après-past.	6,621 ± 0,002 <sup>b</sup>	15 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,625 ± 0,002 <sup>b</sup>	14 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,564 ± 0,003 <sup>b</sup>	15 ± 0,226 <sup>h</sup>	6,530 ± 0,004 <sup>b</sup>	14 ± 0,092 <sup>i</sup>
30min-mat.	6,461 ± 0,002 <sup>c</sup>	15 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,519 ± 0,002 <sup>c</sup>	15 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,365 ± 0,003 <sup>c</sup>	15 ± 0,226 <sup>h</sup>	6,239 ± 0,004 <sup>c</sup>	16 ± 0,092 <sup>h</sup>
1h-mat.	6,152 ± 0,002 <sup>d</sup>	17 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,251 ± 0,002 <sup>d</sup>	18 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,129 ± 0,003 <sup>d</sup>	16 ± 0,226 <sup>h</sup>	6,135 ± 0,004 <sup>d</sup>	18 ± 0,092 <sup>g</sup>
1h30min-mat.	5,539 ± 0,002 <sup>e</sup>	32 ± 0,00 <sup>a</sup>	5,665 ± 0,002 <sup>e</sup>	33 ± 0,00 <sup>a</sup>	5,811 ± 0,003 <sup>e</sup>	18 ± 0,226 <sup>g</sup>	5,587 ± 0,004 <sup>e</sup>	31 ± 0,092 <sup>f</sup>
2h-mat.	5,142 ± 0,002 <sup>f</sup>	39 ± 0,00 <sup>a</sup>	5,249 ± 0,002 <sup>f</sup>	41 ± 0,00 <sup>a</sup>	5,352 ± 0,003 <sup>f</sup>	23 ± 0,226 <sup>f</sup>	5,237 ± 0,004 <sup>f</sup>	41 ± 0,092 <sup>e</sup>
2h30min-mat.	4,924 ± 0,002 <sup>g</sup>	45 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,812 ± 0,002 <sup>g</sup>	49 ± 0,00 <sup>a</sup>	5,152 ± 0,003 <sup>g</sup>	32 ± 0,226 <sup>e</sup>	4,846 ± 0,004 <sup>g</sup>	47 ± 0,092 <sup>d</sup>
3h-mat.	4,823 ± 0,002 <sup>h</sup>	52 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,784 ± 0,002 <sup>h</sup>	54 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,833 ± 0,003 <sup>h</sup>	42 ± 0,226 <sup>d</sup>	4,734 ± 0,004 <sup>h</sup>	55 ± 0,092 <sup>c</sup>
Décaillage	4,723 ± 0,002 <sup>i</sup>	55 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,690 ± 0,002 <sup>i</sup>	61 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,787 ± 0,003 <sup>i</sup>	53 ± 0,226 <sup>c</sup>	4,713 ± 0,004 <sup>h</sup>	57 ± 0,092 <sup>b</sup>
Refroid.	4,621 ± 0,002 <sup>j</sup>	60 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,618 ± 0,002 <sup>j</sup>	60 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,783 ± 0,003 <sup>i</sup>	56 ± 0,226 <sup>b</sup>	4,746 ± 0,004 <sup>i</sup>	59 ± 0,092 <sup>a</sup>
Cond-début.	4,595 ± 0,002 <sup>kl</sup>	60 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,583 ± 0,002 <sup>m</sup>	59 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,680 ± 0,003 <sup>j</sup>	56 ± 0,226 <sup>b</sup>	4,621 ± 0,004 <sup>j</sup>	59 ± 0,092 <sup>a</sup>
Cond-milieu.	4,606 ± 0,002 <sup>k</sup>	59 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,605 ± 0,002 <sup>k</sup>	59 ± 0,0 <sup>a</sup>	4,677 ± 0,003 <sup>j</sup>	58 ± 0,226 <sup>a</sup>	4,635 ± 0,004 <sup>j</sup>	59 ± 0,092 <sup>a</sup>
Cond-fin.	4,587 ± 0,002 <sup>l</sup>	60 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,596 ± 0,002 <sup>l</sup>	59 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,683 ± 0,003 <sup>j</sup>	56 ± 0,226 <sup>b</sup>	4,639 ± 0,004 <sup>j</sup>	59 ± 0,092 <sup>a</sup>

Les résultats sont rapportés en moyennes ± écart-type. Les lettres similaires (a-m) dans la même colonne se réfèrent aux moyennes qui n'ont pas de différences significatives selon le Test ANOVA suivait par le Test Tukey ( $p < 0,05$ ).

Selon les résultats présentés dans le **tableau 5**, une augmentation progressive de l'acidité allant de 13 à 52 (°D) pour le yaourt à boire "Y<sub>abricot</sub>" ; elle est entre 13 et 54 (°D) pour le yaourt à boire "Y<sub>fraise</sub>". L'acidité de "Y<sub>pêche/poire</sub>" varie entre 13 et 42 (°D), elle est entre 13 et 55 (°D) pour le yaourt à boire "Y<sub>banane</sub>".

La variation de l'acidité observée à partir de "la reconstitution de lait en poudre" jusqu'à "la fin de maturation" de produit fini, est due à l'activité des ferments lactiquesensemencés. Cette continuité d'augmentation de l'acidité était observée jusqu'à "l'étape de conditionnement", sachant que dans ce stade un abaissement de la température se produit allant de 45°C à 6°C par refroidissement ; cependant cette réduction n'est donc pas suffisant pour stopper la multiplication des ferments lactiques.

Les résultats obtenus montrent qu'il n'existe pas de différence significative concernant l'effet des étapes de préparation de yaourt à boire sur l'acidité ( $p < 0,05$ ) des produits "Y<sub>abricot</sub>" et "Y<sub>fraise</sub>". Néanmoins, les yaourts à boire "Y<sub>pêche/ poire</sub>" et "Y<sub>banane</sub>" une différence significative ( $p < 0,05$ ) était observée entre certaines étape de préparation de produit tel que l'étape de "la reconstitution de la poudre du lait" et celle "d'après pasteurisation", a cause de la l'acidité de l'eau et poudre de lait élevé et la température et tempe de pasteurisation alors que aucune différence significative n'est observée entre "l'après-pasteurisation" et jusqu'à "une heure après maturation" pour le yaourt "Y<sub>pêche/poire</sub>".

L'augmentation de l'acidité est accompagnée par une diminution significative de pH ( $p < 0,05$ ) dès l'étape de reconstitution jusqu'à l'étape de conditionnement ; allant de 6,64 à 4,58 pour le yaourt à boire "Y<sub>abricot</sub>" ; de 6,66 à 4,59 pour "Y<sub>fraise</sub>". Pour "Y<sub>pêche/ poire</sub>" le pH diminue de 6,60 jusqu'a 4,68, et de 6,67 à 4,63 pour "Y<sub>banane</sub>".

On peut conclure que l'acidité du yaourt à boire durant sa préparation augmentait, elle est accompagnée par une diminution de pH. Cette diminution est le résultat d'une production graduelle de l'acide lactique par une réaction catalysée par «lactate déshydrogénase», qui transforme le pyruvate en acide lactique à partir du lactose présent dans le lait tout en libérant des protons.

Ainsi que l'évolution de l'acidité affectée par le pH des arômes utilisés, chaque arôme à une valeur de pH spécifique, (l'arôme abricot à pH = 4,65 ; l'arôme fraise à pH = 4.45 ; l'arôme pêche poire à pH = 5,59, l'arôme banane à Ph = 5,11).

### III.2.2. Les résultats de la détermination de la teneur en matière grasse durant la préparation du produit :

L'évolution de la teneur en matière grasse durant la préparation du yaourt était suivait durant deux étapes à savoir, "l'étape après reconstitution et "l'étape après pasteurisation". Les résultats obtenus pour les quatre produits sont présentés dans le **tableau 6**, ci-dessous.

**Tableau 6 :** La teneur de yaourt à boire en matière grasse, durant sa préparation.

Les étapes de préparation	La teneur en matière grasse de yaourt à boire durant sa préparation			
	Yaourt à boire "Y <sub>abricot</sub> "	'Yaourt à boire "Y <sub>fraise</sub> "	Yaourt à boire "Y <sub>pêche/poire</sub> "	Yaourt à boire "Y <sub>banane</sub> "
Après-reconst.	1,2 ± 0,00	1,26 ± 0,00	1,8 ± 0,00	1,9 ± 0,00
Après-past.	1,2 ± 0,00	1,26 ± 0,00	1,8 ± 0,00	1,9 ± 0,00

Une stabilité de la teneur en matière grasse a été observée pour les quatre produits de yaourt à boire aromatisé, cela montre que la fermentation et les différents traitements que le yaourt avait subit, n'ont pas d'effet sur la teneur initiale de matière grasse, déterminée précédemment.

### III.2.3. Les résultats de la détermination de l'extrait sec total (EST) :

L'évolution de l'extrait sec total était suivait durant les différents stades de la préparation du yaourt à boire, les résultats obtenus sont présentés dans le **tableau 7**, ci-dessous.

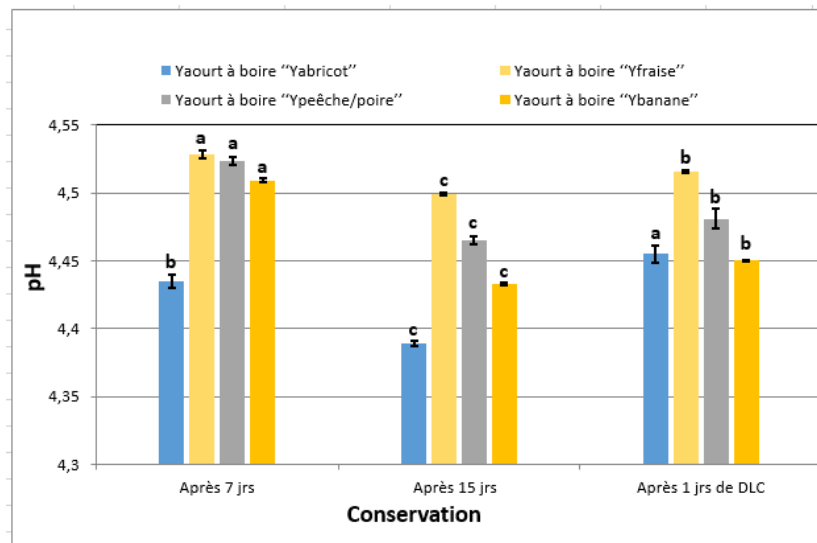
**Tableau 7 :** Les résultats de l'extrait sec total (EST).

Les étapes de processus	EST du yaourt à boire durant sa préparation			
	Yaourt à boire "Y <sub>abricot</sub> "	Yaourt à boire "Y <sub>fraise</sub> "	Yaourt à boire "Y <sub>pêche/poire</sub> "	Yaourt à boire "Y <sub>banane</sub> "
Après-reconst.	18,44 ± 0,007 <sup>a</sup>	18,37 ± 0,007 <sup>a</sup>	18,39 ± 0,001 <sup>a</sup>	18,55 ± 0,004 <sup>a</sup>
Décaillage	18,44 ± 0,007 <sup>a</sup>	18,18 ± 0,007 <sup>b</sup>	18,08 ± 0,001 <sup>b</sup>	18,35 ± 0,004 <sup>b</sup>
Produit final	18,34 ± 0,007 <sup>b</sup>	17,98 ± 0,007 <sup>c</sup>	18,05 ± 0,001 <sup>c</sup>	18,24 ± 0,004 <sup>c</sup>

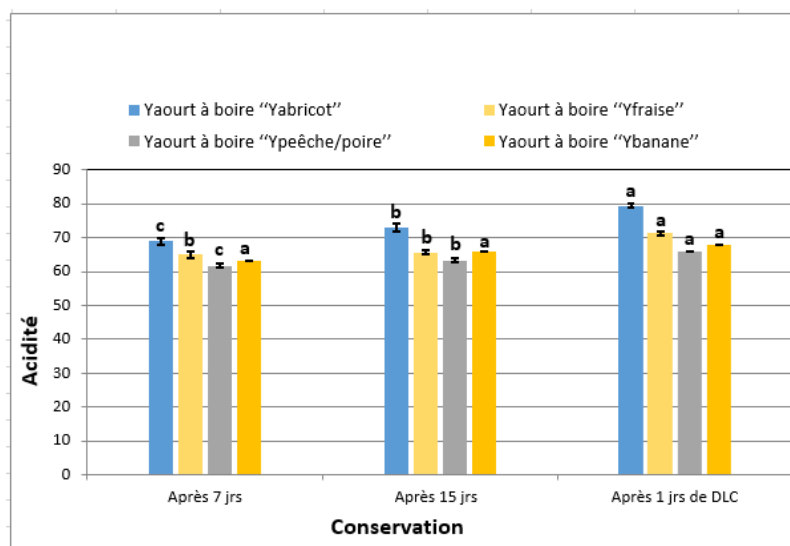
Les résultats sont rapportés en moyennes ± écart-type. Les lettres similaires (a-c) dans la même colonne se réfèrent aux moyennes qui n'ont pas de différences significatives selon le Test ANOVA suivait par le Test Tukey ( $p < 0,05$ ).

Selon les résultats présentés dans le **tableau 7**, on observe une significative variation ( $P < 0,05$ ) de l'extrait sec total durant "l'étape de la reconstitution du lait en poudre", "l'étape de d'écaillage", et pour "le produit fini", des différents yaourts à boire aromatisés, marquée par une diminution.

**III.3. Les résultats de l'analyse physico-chimique de yaourt à boire aromatisé durant la conservation :** L'évolution des paramètres physico-chimiques (la mesure pH et de l'acidité), était suivait durant la conservation à +6°C des produits fini, destinés à la vente aux consommateurs. Les prélèvements d'échantillons ont été fait en premier "sept jours après le conditionnement de produit (+7J)" ; le deuxième après "quinze jours de conditionnement (+15J)", et le dernier prélèvement était fait après "une journée de la date limite de consommation (+J1-DLC)", les résultats obtenus sont représentés dans le **figure 2 et figure 3**, ci-dessus.



**Figure 2 :** L'évolution de pH de yaourt aux cours de conservation. Les résultats sont rapportés en moyennes ± écart-type. Les lettres similaires (a-c) dans la même colonne se réfèrent aux moyennes qui n'ont pas de différences significatives selon le Test ANOVA suivait par le Test Tukey ( $p < 0,05$ ).



**Figure 3 :** L'évolution de l'acidité de yaourt aux cours de conservation. Les résultats sont rapportés en moyennes ± écart-type. Les lettres similaires (a-c) dans la même colonne se réfèrent aux moyennes qui n'ont pas de différences significatives selon le Test ANOVA suivait par le Test Tukey ( $p < 0,05$ ).

Une faible augmentation significative ( $P < 0,05$ ) a été observé pour le pH des produits selon les points de contrôle suivais, cités en haut. Cette faible diminution est due à l'arrêt de la multiplication bactérienne dans le yaourt, quoiqu'elle conserve, néanmoins, une activité métabolique ralentie (**Loones, 1994**).

On avait constaté également une augmentation significative de l'acidité durant la période de conservation des produits ( $p < 0,05$ ). La variation de l'acidité est due à l'abondance de l'acide lactique, provenant de la dégradation du lactose en acide lactique (**Jaques, 1998**).

# *Conclusion*

## Conclusion et Perspectives

---

### Conclusion et Perspectives :

Le présent travail avait pour objectif l'étude de l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques aux cours des différents stades de préparation de yaourt à boire aromatisé, produit au niveau de "HODNA-LAIT". Une connaissance approfondis de processus de la préparation industrielle de produit, avait permis, une compréhension des phénomènes surgissant lors des différentes étapes de production.

Une étude de l'évolution des paramètres physico-chimiques des produits fini, a été également réalisé en suivant des points de contrôles fixés, à savoir : "sept jours après conditionnement (+7J)", "quinze jours après conditionnement (+15J)", et "une journée après la date limite de consommation (+1J-DLC)" des produits conservés à +6 °C. Une analyse physico-chimique de l'eau utilisée dans la préparation de yaourt à boire ainsi que de la matière première qu'est la poudre de lait, était également effectuée.

Les résultats obtenus montre que, la poudre de lait et l'eau utilisée dans la préparation des différents yaourts à boire aromatisés, sont conformes aux exigences fixées par "HODNA-LAIT" et conformes également aux normes fixées par la réglementation algérienne.

Les résultats des analyses physico-chimiques de yaourt à boire aromatisé aux cours de différents stades de préparation dès "l'étape de la reconstitution" jusqu'a "l'étape de conditionnement", montres une diminution de pH et une augmentation de l'acidité pour tous les produits préparés. La teneur en matière grasse et l'extrait sec total, étaient constant durant toutes les étapes de la préparation.

L'analyse physico-chimique de produit fini, une fois conditionné conservés à +6°C, selon des points de contrôles montre une variation plus au mois faible de pH et de l'acidité

Les résultats obtenus permettent de conclure que le yaourt à boire aromatisé a une qualité physico-chimique satisfaisante, ce qui offre au consommateur un aliment de bonne qualité nutritionnelle, ayant des caractéristiques organoleptiques agréables. Cela, traduit la bonne maitrise des pratiques de fabrications au niveau de "HODNA-LAIT".

Le stage effectué au sein de "HODNA-LAIT", a permis aux étudiantes d'examiner de près le domaine de l'industrie laitière, et ainsi d'approfondir leur connaissances en matière.

En perspectives, des essais sur l'utilisation d'arômes naturels, substituant ainsi ceux chimiques, peuvent être intéressant pour renforcer la qualité organoleptique et gustative de produit. L'étude de l'évolution de la qualité microbiologique et des propriétés sensorielles des produits, sont d'importants atouts de développement de produit.

*Références*

*bibliographique*

## Références bibliographiques

---

**Addinsoft, (2016).** XLSTAT, Data analysis and statistics add-in for MS Excel. Addinsoft. NY, USA

**Amoit, J., (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In vignola c.l, Science et technologie du lait Transformation du lait, PP(2, 21, 4,22, 29). Presses internationales Polytechnique.(École polytechnique de Montréal), ISBN:3-25-29

**Arie, F., Srikumalaningsh et Ariesta,W., (2012).**Process engineering of dryingmilkpowderwithFoam mat dryingmethod.journal of basic and appliedscientificresearch 2(4) . 3588-3592

**Audigie, C.L., (1984).** Manipulation d'analyse biochimique. Edition : DOIN, Paris. P : 264.

**Beal, C., et Sodini, I., (2003).** Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Techniques de l'ingénieur. Bioprocédés(F6315).

**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.

**Bourgeois, C., M, J., F, e., Z, J., (1996).** Microbiologie alimentaire Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire (Technique et Documentation, lavoisier. Tomel : 272-274 ed.).

**Bourlioux , P., Braesco, V., et Mater, D. (2011).** Yaourts et autres laits fermentés. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 46(6) : 305-314.

**Brunellière, L., Cottin, S., Rose, A., de Mathuisieulx, S., et Perrin, F. (2006).** Le lait et les produits laitiers: Editions SAEP.

**Ciquel, (2013).** compositions nutritionnels des aliments.

**Clment Jean-Marc. (1978).** Dictionnaire des industries alimentaires.

**De Roissart, H., et Luquet, F. M., (1994).** Bactéries lactiques: aspects fondamentaux et technologiques: Lorica.

**De Salins, M. L. (2012).** «laits fermentés et définition des yaourts». Matière à débattre et décider: 95-112.

**De león, Héctor-Ricardo Hernández., (2006).** Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable. Thèse de doctorat.

**Debry, G., (2001).** Lait, nutrition et santé. ( Ed Tec et Doc, Lavoisier. ed.).

**Desma, Zeaud KJ., (1989).** Influence des traitements technologiques sur les bactéries lactiques, implication technologiques. In : Les laits fermentés. Actualité de la recherche. John Libbey Eurotext Ltd, London.

## Références bibliographiques

---

- Faye, B., et Loiseau, G., (2002).** Gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement actes de l'atelier international CIRAD on sources de contamination dans les filères laitières et exemples de démarches qualité, Montpellier: 11-13.
- Fredot, (2005).** Connaissance des aliments: Tec & Doc Lavoisier 397.
- Frédot, E. (2005).** Connaissance des aliments: bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Technique et Documentation: Lavoisier.
- Grappin, R., (1979).** Méthodes de routine pour le dosage de la matière grasse et des protéines du lait de chèvre. *Le Lait*, 59(587), 345-360.
- Guerzani, J., (2003).** Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic bacteria in (fermented milk).
- Hassainya, J., et Padilla, M et Tozanli, S. (2006).** Lait et produits laitiers en Méditerranée.
- Hoden, A., Coulon, J.B., Faverdin, Ph., (1988).** Alimentation de la vache laitière. In : Alimentation des bovins, ovins et caprins (R. Jarrige).
- Jacques, M., 1998.** Initiation à la physicochimie du lait. Guides technologiques des IAA. Ed Tech & Doc Lavoisier. Paris. PP (13-199).
- Jeanet R, C. T., Mahaut M, Schuck P, Brulé G., (2008).** Les produits laitiers (Technique et documentation. Lavoisier (Ed.), Paris. ed.).
- Lapointe-Vignola, C. (2002).** Science et technologie du lait: transformation du lait: Presses inter Polytechnique.
- Kirat, (2007).** Les conditions d'émergence d'un système d'élevage spécialisé en engraissement et ses conséquences sur la redynamisation de l'exploitation agricole et la filière des viandes rouges bovines - Cas de la Wilaya de Jijel en Algérie. Montpellier (France): CIHEAM-IAMM.
- Kons, K., (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Rome: F.A.O.-XXL.
- Lamoureux, (2000).** Exploitation de l'activité  $\beta$ -galactosidase de culture de bifidobactéries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides. Mémoire de maîtrise, Université de Laval, Canada.
- Lapointe-Vignola, (2002).** Science et technologie du lait: transformation du lait: Presses internationales Polytechnique.
- Loones, A., (1994).** Lait fermenté par les bactéries lactiques. In : Bactéries lactiques vol II, De Roissart H et Luquet F.M. Ed : Lavoisier. Paris, pp 37-151.
- Luquet, (1985)a.** Lait de la mamelle à la laiterie et produits laitiers: 1- les Lavoisier, Paris ed.

## Références bibliographiques

---

**Luquet, (1985)b.** Lait et produits laitiers: vache, brebis, chevre. v. 1: Les laits: de la mamelle a la laiterie.-v. 2: Les produits laitiers: transformation et technologies.-v. 3: Qualite, energie et tables de composition.

**Luquet, F. M., (1985)c.** lait et produit laitiers vache, brebis, et chévre. .

**Luquet, F. M., (1990).** lait et produits laitiers. Tec et Doc : lavoisier-paris.

**Luquet, F. M. (1985).** Lait et produits laitiers: vache, brebis, chevre. v. 1: Les laits: de la mamelle a la laiterie.-v. 2: Les produits laitiers: transformation et technologies.-v. 3: Qualite, energie et tables de composition.

**Magnusson M., (2007).** Bcillus cereus spore during housing of dairy cows : factor affecting contamination of raw milk.Journal of dairy Sciences.n°90.: 2745-2754.

**Mahaut, et al., (2000).** les produits industriels laitiers Tec et doc lavoisier 26-40.

**Mahaut, M., Jeantet, R., Schuck, P.,et Brulé, G., (2000).** Les produits industriels laitiers: Éditions TEC & DOC.

**Marty, Teyssset, e. a., (2000).** Increased production of hydrogen peroxide by lactobacillus delbruekii ssp bulgaricus upon aeration: involvement. Appliedand Environmental Microbiolog. 66(1): 262-267.

**Mathieu, J., (1998).** Initiation à la physicochimie du lait: Lavoisier Tec & Doc.

**Mazoyer, (2002).** Larousse agricole, le monde agricole au XXIème siècle. Mathilde: 767.

**Paci kora, E., (2004).** Interaction physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassearomatise : quels impact respectifs sur la perception et de la texture et de la flaveur ; Thèse dedoctorat présentée à l'Institut National Agronomique. Paris. Grignon.

**Pelletier, Claude., (2009).** Mesure de turbidité. Techniques de l'ingénieur. Mesures et contrôle, R2355.

**Raimbault, G. (1986).** Diffusivite et conductivite hydrauliques de materiaux ou sols non saturés en eau-mesure en laboratoire. Bull Liaison Lab Ponts Chauss, (145)

**Salins, M. L., (2012).** Lobbying de l'agroalimentaire et normes internationales: Le cas du codex Alimentarius: Quae.

**Schleifer, K. H. et Ludwing, W., (1995).** Phylogeny of the genus Lactobacillus andrelated genera.

**Scientifique de Syndifrais, M. (1997).** Yaourts, laits fermentés. Le Lait, 77(3): 321-358.

**Tétreault, J. (1992).** La mesure de l'acidité des produits volatils. Journal of the International Institute for Conservation-Canadian Group: J. IIC-CG, 17, 17-25.

**Thapon, (2005).** Sciences et technologie de lait.

## **Références bibliographiques**

---

**Treillon, (2000).** L'alimentation santé: Enjeux et déchiffrages. Industries alimentaires et agricoles, 117(6): 39-46.

**Trémolières, Y.S., R., J., et H., e. D., (1984).** manuel d'alimentation humaine (ESF ed.).

**Vignola Carol, L., (2000).** sciences et technologie du lait. Ecole polytechnique Montréal.

**Vignola, C., (2002).** Science et technologie du lait: transformation du lait: Ecole polytechnique Montréal.

**Zouari A., R. S., Chabanet C., et MI., D., (1991).** Caractérisation de bactéries lactiques thermophiles isolées de yaourts artisanaux grecs. I. souches de *Streptococcus salivarius* subsp *thermophilus*. Elsevier / INRA, vol.71,p. 445-461.

### **Réglementation**

**AFNOR. (1995).** Détermination de l'acidité titrable en chimie VII 3 B. Edition : Paris. P 7896.

**AFNOR. (1989).** Détermination des paramètres physico-chimiques, PP : 89-10.

## Annexes

---



**01** : Mesure de pH.



**02**: Test de stabilité thermique.



**03**: Butyromètre.



**04** : Dessiccateur.



**05** : Unité de la reconstitution.



**06** : Dégazeur.



**07** : Homogénéisateur.



**08** : Ajout de l'arôme.



**09**: L'ajout des ferments



**10** : La conditionneuse



**11** : prélèvement des échantillons.

## **Résumé :**

Ce travail réalisé dans la laiterie HODNA-LAIT de M'sila, a permis d'étudier l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques de quatre produits de yaourt à boire aromatisé, durant la préparation, et cours de conservation. La qualité physico-chimique de la matière première était évaluée également. Les résultats d'analyse de la matière première étaient conformes aux normes exigées. L'évolution des paramètres physico-chimiques aux cours de la préparation, présente une augmentation progressive de l'acidité accompagnée par une diminution de pH. Une stabilité de la teneur en matière grasse était observée, avec une faible variation de l'extrait sec total. L'évolution des paramètres physico-chimiques aux cours de la conservation des produits, présente une faible variation de pH et une augmentation de l'acidité.

**Mots clés :** lait en poudre, ferment lactique, yaourt à boire aromatisé, conservation, analyses physico-chimique.

## **ملخص:**

هذا العمل انجز في ملبنة الحضة للحليب, يسمح بدراسة تطور بعض المعلمات الفيزيائية والكيميائية (درجة الحموضة, الحموضة المعيارية, المحتوى الدهني و المستخلص الجاف الكلي) في سياق صنع الزبادي المنكه, وأيضا اثناء عملية الحفظ. الجودة الفيزيائية والكيميائية للمادة الأولية (الماء والحليب المجفف) تم تقييمها أيضا في هذا العمل. أجريت الدراسة من خلال تحاليل مخبرية على اربع عينات من الزبادي المنكه بنكهات مختلفة (نكهة المشمش, نكهة الفراولة, نكهة الخوخ مع الايجاص, نكهة الموز) النتائج المتحصل عليها لتحاليل المادة الأولية تتوافق مع المعايير الداخلية للملينة وهي ذات جودة عالية. نتائج تطور المعلمات الفيزيائية و الكيميائية في سياق الصنع تظهر زيادة تدريجية في الحموضة المعيارية للعينات الأربعة من صنع الحليب الى التعليب مع اختلافات نظامية لي عينتين (نكهة الايجاص مع الخوخ والموز) وبدون اختلافات نظامية للنكهات المتبقية (المشمش والفراولة) هذا الارتفاع في الحموضة المعيارية يرفق بانخفاض في درجة الحموضة مع اختلافات نظامية للعينات الأربعة. بعد النتائج المتحصل عليها نلاحظ ثبات في كمية محتوى الدهن و تغير ضعيف في المستخلص الجاف الكلي بدون اختلافات نظامية ملاحظة. نتائج تطور في سياق الحفظ تظهر اختلاف ضعيف في درجة الحموضة و ارتفاع في الحموضة المعيارية بدون اختلافات نظامية.

**الكلمات المفتاحية:** الحليب المجفف, خميرة اللبن, زبادي للشرب منكه, حفظ, التحاليل الفيزيائية والكيميائية.