

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA**  
**FACULTE DES SCIENCES AGROVETERINAIRES**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme  
De Master Académique en Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Sciences Alimentaires  
Spécialité : Sciences Alimentaires

Thème :

Enrichissement du yaourt brassé en germe de blé tendre

Présenté par :

AHMED MESSAOUD NIHED

Devant le jury composé de :

Mr <b>HADJ-SADOK T.</b>	MCB	USDB	Président de jury
Mme <b>ACHEHAB .H</b>	MCB	USDB	Promotrice
Mme <b>ABDALAOULZ</b>	MAA	USDB	Examinatrice
Mme <b>OUTALAB.T</b>	MAA	USDB	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012-2013

## Remerciements

Avant toute chose, je remercie Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donné la force, la patience, et la volonté pour achever ce modeste travail

La présente étude n'aurait pas été possible sans le bienveillant soutien de certaines personnes.

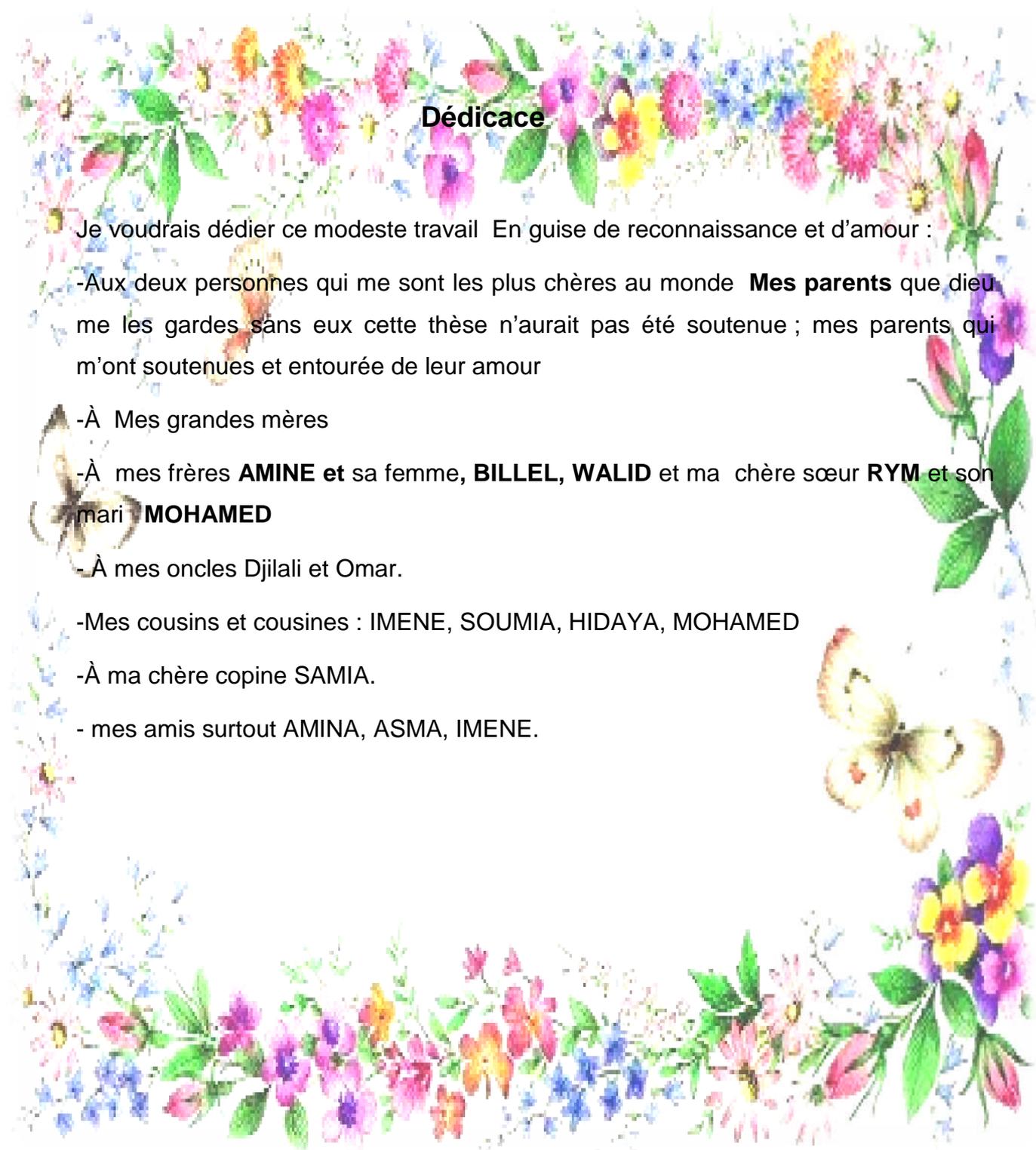
Mes premiers remerciements vont d'abord à ma promotrice **M<sup>me</sup> ACHEHAB.H.** Pour avoir accepté d'encadrer et diriger ce travail, et pour m'avoir permis de bénéficier de ses conseils tout au long de la réalisation de ce travail.

J'exprime mes profonds respects et chaleureux remerciements à tout le personnel de la laiterie trèfle, et plus particulièrement à Mr. **ANIS** et pour la grande aide qu'il m'a portée, pour son grande générosité, son gentillesse ; et à M<sup>elle</sup> Karima, Ismaïl, M<sup>me</sup> Soumia qui par leurs aide technique a contribué au bon déroulement de mes expériences.

Je tiens à exprimer ma gratitude à M<sup>me</sup> **KAWTER** de m'avoir accueilli dans son laboratoire de ma minoterie de AMOUR et pour le soutien et l'aide qu'elle ma attribué.

Je remercie aussi M<sup>lle</sup> **DIAF Soumia** de nous avoir autorisés à suivre notre travail au sein du laboratoire central de Baba Ali, ainsi que, **Mme Samia** laborantines de laboratoire pour leurs disponibilités et leurs orientations.

Je tiens à remercier aussi toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.



## Dédicace

Je voudrais dédier ce modeste travail En guise de reconnaissance et d'amour :

-Aux deux personnes qui me sont les plus chères au monde **Mes parents** que dieu me les gardes sans eux cette thèse n'aurait pas été soutenue ; mes parents qui m'ont soutenues et entourée de leur amour

-À Mes grandes mères

-À mes frères **AMINE** et sa femme, **BILLEL, WALID** et ma chère sœur **RYM** et son mari **MOHAMED**

- À mes oncles Djilali et Omar.

-Mes cousins et cousines : IMENE, SOUMIA, HIDAYA, MOHAMED

-À ma chère copine SAMIA.

- mes amis surtout AMINA, ASMA, IMENE.

## RESUME

Notre étude a consisté en la formulation et l'enrichissement d'un yaourt brassé avec différentes du germe de blé tendre (0.5, 1 ,1.5%), les résultats obtenus nous ont permis de mettre en évidence la conformité des paramètres par rapport aux normes internes fixées par la laiterie trèfle et les normes JORA .

Une série d'analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été faites sur le germe de blé tendre et le produit fini.une évaluation sensorielle du yaourt a été également réalisé au sein du laboratoire de contrôle de qualité TREFLE, de la minoterie AMOUR et, de l'institut technique d'élevage BABA ALI. Un suivi de la stabilité du yaourt a été établi au cours de sa conservation à une température (10°C) pendant 21 jours .

Les résultats des paramètres physico-chimiques du germe, matières premières et produits finis, sont stables et conformes aux normes internes de la laiterie TREFLE.

Les résultats des analyses microbiologiques indiquent une absence totale des germes pathogènes, germes de contamination fécale ainsi les germes responsables d'altérations, avec une bonne acceptabilité du yaourt par les dégustateurs.

Mots clés : germe de blé, yaourt, incorporation, doses de germe,valorisation.

## SUMMARY

Our study is a formulation and an enrichment of stirred yogurt with wheat germ different doses (0.5, 1, 5%), the results allowed us to demonstrate compliance parameters studied in relation to the standards set with the standards settings internal fixed by clover dairy and JORA standards.

For this, a series of analyzes physico-chemical and microbiological testing focused on the germ and yogurt. Sensory evaluation of yoghurt was also conducted in the laboratory quality control of dairy TREFLE BLIDA, technical institute BABA ALI. And the mill of AMOUR, Thus a monitoring of the stability of the yogurt was established during its storage at a temperature (10 ° C) in 14 days.

The results of the physicochemical parameters of the germ finished product and those of raw materials are stable and compliant with internal standards and the JORA 1998.

The results of the microbiological analyzes indicate a complete absence of the pathogenic germs, fecal germs of contamination thus the germs responsible for deteriorations. with a good acceptability of yoghurt by the taster.

Key words: wheat germ, yoghurt, incorporation, different doses, valorization.

## ملخص

دراستنا تتمثل حول تطوير وإثراء الياغورت مع جنين القمح بنسب مختلفة مختلفة (0.5، 1، 1.5%)، حيث سمحت لنا النتائج الامتثال للمعايير الداخلية لملمبة ترافل و الجريدة الرسمية الجزائرية .

اجريت سلسلة من التحاليل الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية لجنين القمح و المنتج النهائي و تقييم حسي في مختبر مراقبة النوعية لملمبة ترافل ,مطحنة عمور, و المعهد التقني بابا علي. مع مراقبة استقرار الياغورت أثناء مدة التخزين عند درجة حرارة 10 م .

النتائج الفيزيائية والكيميائية و و الميكروبيولوجية للمواد الأولية و المنتجات النهائية مستقرة و مطابقة للمعايير الداخلية للملمبة مع قبول جيد للياغورت من قبل المتذوقين .

كلمات المفتاحية: جنين القمح،الياغورت ،خلط، نسب من جنين القمح، تنمية

## Liste des abréviations :

MS : Matière Sèche

G : Gramme

FAO : *Food Agriculture Organisation* (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

g/L : Gramme/ Litre

h : Heure

°C : Degrés celcius

Pa : Pascal

Min : Minutes

pH : potentiel d'Hydrogène

Mm : *millimètre*

µm : Micromètre

DPD : Diéthyle Paraphéline Diamine

TFI : Troubles fonctionnels intestinaux

ITELV : Institut de technique d'élevage

Kg : Kilogramme

NF : Normes françaises

ISO : *International Standard Organisation* (Organisation internationale de normalisation)

M : Mètre.

NaOH: Hydroxyde de sodium.

V : Volume

Hg : Mercure

N : Normal

TSE : Treptone -Sel- Eau

TGEA : Gélose glucose tryptonnée à l'extrait de levure

G.A.M.T : germes aérobies mésophiles

MI : Millilitre

Mm : Millimètre

VBL : Bouillon lactose au vert brillant

NPP : Nombre le plus probable

E. Coli : *Escherichia coli*

EPEI : L'eau peptonnée exempte d'indole  
O.G.A : Gélose glucosée à l'oxytétracycline  
DLC : Duré limite de consommation  
EST : L'extrait sec total  
TA : Titre alcalimétrique  
TAC : Titre alcalimétrique complet  
TH : Titre hydrométrique  
EDTA : Acide éthylène-diamine -tétra- acétique  
N : Normalité  
NET : Noir d'erichrome T  
OH : alcalis libres  
CO<sub>3</sub> : Ions carbonates  
M17 : milieu d'isolement de lactobacillus  
MRS : gélose de Man , Rogosa, Sharpe  
HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Bicarbonate  
F° : Degré français  
Ca<sup>2+</sup> : Calcium  
Mg<sup>2+</sup> : Magnésium  
Cl : Chlorure  
A : L'acidité  
MG : Matière grasse  
H% : Teneur en eau  
PCA : Plat Count Agar  
VRBL : Gélose Lactosée Biliée au cristal Violet et Rouge neutre  
VF : Viande foie  
SFB : Milieu au Sélénite acide de sodium et cystine  
BCPL : Boullion Lactosé au pourpre de promocrésol  
J : Jour  
UFC : Unité Formant des Colonies  
D/C : Double/Concentration  
S/C : Simple/Concentration  
CO<sub>2</sub> : Gaz carbonique  
GC : Giolitti Cantoni  
EPT : Eau peptonnée tamponnée

SFB : Milieu au Sélénite acide de sodium et cystine

ABS : Absence.

ND : Non Déterminé

JORA : *Journal Officiel de la République Algérienne*

°D : Degré Dornic

UV : Ultra-violets

FAM : flore aérobie mésophile

T : Témoin

LM : Levures et Moisissures

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: composition et propriétés physiques du lait de vache.....	3
Tableau 2: composition biochimique de divers lait (g/100g de lait).....	4
Tableau 3: flore indigène du lait.....	7
Tableau 4 : les défauts de fabrication.....	23
Tableau 5 : compositions biochimique de grain de blé.....	30
Tableau 6 : Composition biochimique des différentes parties du grain de blé.....	31
Tableau 7 : Composition du germe de blé en éléments minéraux.....	35
Tableau 8 : Composition des protéines du germe de blé en acides aminés indispensables en g par 100 g de protéines et pourcentage de déficit par rapport aux protéines de l'œuf entier.....	36
Tableau 9 : Caractéristiques vitaminiques de germe et son intérêt nutritionnel.....	37
Tableau 10 : composition des fractions céréalières du blé en lysine en g par 100g de protéines (N x 6.25) et pourcentage de déficit.....	38
Tableau 11 : Répartition des enzymes dans le germe de blé.....	39
Tableau 12 : la composition du yaourt enrichis à différentes doses de germe de blé .....	49
Tableau 13 : Les analyses microbiologiques sur les matières premières et les produits finis.....	60
Tableau 14 : composition biochimique de germe de blé.....	77
Tableau 15 : résultats des analyses physicochimiques de l'eau de process.....	78
Tableau 16 : résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait.....	79
Tableau 17 : Résultats des analyses physicochimiques du sucre .....	80
Tableau 18 : les résultats de variation de l'extrait sec total .....	81

Tableau 19 : les résultats de variation du pH.....	82
Tableau 20 : les résultats de variation de l'acidité titrable .....	83
Tableau 21 : résultats de la variation du pH au cours du stockage au froid à 10°C.....	84
Tableau 22 : résultats de la variation de l'acidité titrable au cours du stockage au froid à 10°C.....	85
Tableau 23 : résultats de la variation de l'extrait sec total au cours du stockage au froid à 10°C.....	86
Tableau 24 : résultats des analyses microbiologiques sur le germe de blé tendre.....	87
Tableau 25 : résultats des analyses microbiologiques sur l'eau de process .....	88
Tableau 26 : résultats des analyses microbiologiques sur la poudre de lait .....	89
Tableau 27: résultats des analyses microbiologiques sur le sucre.....	90
Tableau 28 : résultats des analyses microbiologiques sur les différents produits finis.....	91
Tableau 29 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour la dose 5g/L de germe de blé.....	92
Tableau 30 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour la dose 10 g/L de germe de blé.....	93
Tableau 31 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour la dose 15g/L de germe de blé.....	93

# SOMMAIRE

Résumé

Liste des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

## Partie 1 : la synthèse bibliographique

### Chapitre I : le lait

I. Généralité sur le lait.....3

I.1.Définition.....3

I.2.Composition biochimique du lait.....3

I.3.Paramètres physico-chimiques du lait.....5

I.4.Microflore du lait.....6

I.5.Différents types de lait.....9

II. Produits laitiers.....11

### Chapitre II: le yaourt

III. Fabrication et caractéristique du yaourt.....12

III.1historique.....12

III. 2 Définitions.....12

III.3. Matières premières et ingrédients du yaourt.....13

III.4. Intérêts nutritionnels du yaourt.....13

III.5 les différents types de yaourt.....14

IV.la technologie du yaourt.....14

V. Les bactéries spécifiques du yaourt.....	20
VI. Défauts de fabrication.....	23

### **Chapitre III : les céréales**

VII. Généralités sur les céréales.....	27
VIII. Le grain de blé.....	28
VIII.1.Structure de grain.....	28
VIII.2.Composition biochimique de grain de blé.....	30

### **Chapitre IV : le germe de blé tendre**

IX. Généralités.....	32
X.la structure du germe de blé.....	32
XI. Extraction de germe en mouture du blé tendre.....	33
XII. Composition biochimique du germe et sa valeur nutritionnelle.....	34
XIII. Valorisation de germe de blé.....	40

## **Partie 2 : partie expérimentale**

### **Chapitre V : matériels et méthodes**

I-lieu de stage.....	45
II. Objectif.....	45
III. Matériel.....	45
III-1. Matériel biologique.....	45
III.2. Matériel non biologique.....	46
IV. Méthodes.....	46
IV.1Le germe de blé tendre .....	46
IV.1.1Choix de la variété.....	46

IV.1.2	Obtention du germe de blé.....	46
IV.2.	Le produit fini (masse blanche et le germe de blé tendre).....	48
IV.2.1.	Le yaourt (la masse blanche).....	48
IV.2.2	Le taux d'incorporation du germe de blé dans le yaourt.....	48
IV.2.2.1	Formulation.....	48
IV.2.2.2	La composition du yaourt enrichi en germe de blé.....	49
IV.2.3	Méthodes d'analyse.....	49
IV.2.3.1	Analyses physicochimiques.....	49
IV.2.3.1.1	Matières premières.....	50
IV.2.3.1.1.1	germe de blé tendre.....	50
IV.2.3.1.1.2	l'eau de process.....	53
IV.2.3.1.1.3	la poudre de lait.....	56
IV.2.3.1.1.4	le sucre.....	59
IV.2.3.1.5	Les produits finis.....	59
IV.2.3.2.	les Analyses microbiologiques.....	60
IV.2.3.2.1	Matières premières.....	60
IV.2.3.2.1.1	le germe de blé tendre.....	62
IV.2.3.2.1.2	l'eau de process.....	65
IV.2.3.2.1.3	la poudre de lait.....	70
IV.2.3.2.1.4	le sucre.....	70
IV.3.2.2.	Produits fini.....	70
IV.2.3.3.	Analyses organoleptiques.....	76
IV.2.3.4.	les analyses statistiques.....	76

## **CHAPITRE VI : Résultats et discussion**

I. Les résultats des analyses physico-chimiques.....	77
I.1. Matières premières.....	77
I.1.1.le germe de blé tendre.....	77
I.1.2 l'eau de process.....	78
I.1.3 la poudre de lait.....	79
I.1.4 le sucre.....	80
I.2.Produits finis.....	80
I.3.Suivi de la stabilité physico-chimique des différents produits finis.....	84
I.3.1le PH.....	84
I.3.2le l'acidité titrable .....	85
I.3.3l'extrait sec total.....	86
II. Analyses microbiologiques.....	87
II.1Matières premières.....	87
II.1.1 le germe de blé tendre.....	87
II.1.2l'eau de process.....	88
II.1.3 la poudre de lait.....	89
II.1.4 le sucre.....	90
II.2.produits finis.....	91
III. Résultats des analyses organoleptiques.....	92

## **Conclusion**

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**



## Introduction

Bien que la fabrication et la consommation des laits fermentés remonte à la plus haute antiquité, les progrès réalisés dans l'élaboration, la standardisation et la diversification des yaourts correspondent pour la plupart aux efforts de recherches entreprises au cours du siècle dernier

Le yaourt est un lait fermenté qui a subi des transformations grâce à l'emploi des microorganismes particuliers ayant la capacité de faire coaguler les protéines (caséines) (François, 1986).

Les yaourts sont des aliments intéressants d'un point de vue nutritionnel (richesse en calcium et en vitamines, équilibre entre les fractions glucidiques, protéiques et lipidiques) et aussi quasi thérapeutique.

Toute fois, l'objectif que nous nous somme assigné à travers cette étude consiste en premier lieu à un enrichissement du yaourt brassé avec « le germe de blé tendre » vue ses propriétés thérapeutiques et nutritionnelles. Les vitamines, les minéraux, les protéines et les huiles essentielles sont en concentration très élevées. Le germe de blé est un antioxydant naturel et les vitamines et minéraux qui contient le font un parfait allié contre le vieillissement. et en deuxième lieu une valorisation d'un sous-produit d'une industrie agro alimentaire

le germe de blé prévient l'accumulation de cholestérol dans les artères par son contenu en lipides phosphorés, idéal pour la grossesse, allaitement, croissance et états post-opératoires. et dans le domaine alimentaire (enrichissement par le germe de blé : Petit déjeuners au germe de blé, Farine composée, Pates au germe de blé, potage, pain au germe de blé ,Farine au germe de blé, biscuits au germe de blé et galettes) .

Le germe de blé un sous-produit d'une industrie agroalimentaire qui peut être valorisé et devenir une matière première importante pour la préparation de différents produits (enrichissement des produit alimentaires, extraction de l'huile de germe et l'utilisation dans le domaine pharmaceutique). De grands progrès ont été réalisés à ce sujet, au cours de ces dernières années par la majeure partie des pays développés, et plusieurs industries sont parvenues à utiliser, régénérer, revivifier ce produit.

l'inclusion et l'incorporation de germe dans le yaourt brassé sera-t-elle admise par le consommateur ? Va-t-elle influencer sur le produit ? Est-ce quelle modifie les caractéristiques sensorielle du produit ? Quelle qualité microbiologique et physicochimique fournit cette nouvelle formulation, afin qu'il soit sans danger pour le consommateur.

Toutes ces questions posées nous ont amenés à réaliser des essais d'incorporation à différentes pourcentages du germe de blé tendre dans un yaourt avec un suivi de l'évolution de ce produit sur le plan physicochimique, microbiologique et organoleptique en se référant à la réglementation algériennes .

Le travail présenté dans ce mémoire a été structuré comme suit ;

- Une synthèse bibliographique dans laquelle des généralités sur le lait, le yaourt, les céréales et le germe de blé ont été exposé.
- Une partie expérimentale consacrée à l'étape de formulation de yaourt enrichis au germe de blé.
- Analyses physico-chimiques et microbiologiques sur (du germe de blé, la matière première du yaourt et produit finis yaourt enrichi au germe de blé)
- Fabrication du yaourt.
- Analyse sensorielle.
- Une conclusion générale qui clôture cette étude, elle expose les différents résultats qui se sont dégagés.

## I. Généralités

Le germe est la partie vivante du grain de blé : c'est l'embryon du grain qui deviendra la plante. Donc c'est « centre de vie » du grain. Le germe ne représente que 3 % du grain, il est enfermé dans une membrane protectrice :

**L'épiblaste**, il comprend l'embryon de la plante et le Scutellum (Bourson, 2009). Son odeur est caractéristique, il présente une saveur sucrée et grasse, avec un goût de noisette.

Les germes des céréales réunissent un nombre de substances biologiquement actives, indispensables à l'édification et la croissance de la plante, dans la texture naturelle. Du fait de leur teneur en huile et leurs fractions de substances actives oléosolubles, le germe de blé constitue une matière première précieuse. (Chaban Et Terrache, 2000).

Le germe dans son ensemble, est un produit riche en matière protéique (35 à 40 % de M.S), en matière grasse : 15 % et en matière minérale (5 à 6 % de M.S). Il est également riche en vitamine du groupe B et en vitamine E, (Bourson, 2009).

Les nutritionnistes ont pris conscience de sa valeur et encouragent l'utilisation du germe de blé comme complément nutritionnel. Saupoudré quotidiennement sur les salades, yaourts, potages ... il vous apporte tous les éléments qui sont souvent déficients dans notre alimentation moderne.

L'extraordinaire valeur biologique du germe de blé ne s'explique pas seulement par l'addition des propriétés des éléments qui le constituent mais par l'interaction entre ces éléments, par l'harmonie qui préside à leur somme, par la symbiose de leurs pouvoirs propres. Même si elle échappe à notre entendement, nous devons reconnaître cette synergie qui caractérise la germination du blé. Pendant cette germination, en effet interviennent des enzymes, des ferments, des diastases, des catalyseurs dont l'action facilite l'assimilation par l'organisme des principaux éléments du germe (Darrigol, 1978).

## II. la structure du germe de blé

Le germe de blé comprend deux parties essentielles : le scutellum et l'embryon (Ayroy Et Doughty, 1970).

## **II.1 Le scutellum**

Il entoure l'embryon et le sépare de l'amande. Il constitue moins de 2% du poids total du grain, riche en thiamine (60% de thiamine total du grain) ; le scutellum est riche en phosphore

## **II.2 L'embryon**

Il est formé d'une :

- radicule qui fournit la racine
- tigelle qui donnera la future tige
- et gemmule qui est un petit bourgeon dont la croissance pendant la germination fournira les feuilles .

## **III. Extraction de germe en mouture du blé tendre**

Le germe de blé, de part sa teneur en huile et sa consistance plastique est aplati lors de son passage entre les cylindres lisses. De nombreux moulins disposent d'équipements spécialisés permettant de séparer le germe du son et des remoulages (Boudreau et Menard, 1993).

Sans système approprié, on ne peut séparer qu'une petite proportion des germes dont la grosse partie s'en va dans le son et les remoulages, après avoir été refusé avec les gros produits de broyage (Nuret, 1989).

Une faible proportion de germe est brisée par les cylindres de broyage en particules suffisamment fines pour traverser les garnitures des appareils de blutage .Ce germe, qui se retrouve dans les semoules sassées, peut atteindre les cylindres lisses qui l'aplatissent, permettant ainsi de le séparer par blutage .Une quantité limitée de germe peut donc être recueillie par ce moyen.

Le taux d'extraction du germe dépend de plusieurs paramètres:

- Du Conditionnement.
- Des Appareils à cylindre: (nombres, inclinaison, épaisseur ...).
- Du Diagramme de mouture.
- Des caractéristiques physiques du blé.
- Des caractéristiques dimensionnelles du blé.
- Des appareils et des méthodes d'extraction utilisés.

#### **IV. Composition biochimique du germe et sa valeur nutritionnelle**

Le germe de blé est un produit à valeur biologique élevée, très riche en protéines, en matière grasse ainsi qu'en vitamines, minéraux et en enzymes, par rapport aux autres parties du grain de blé. Il représente 3% du poids pondéral du grain.

Sa composition biochimique varie en fonction de la technique d'extraction (Bass, 1988). Au laboratoire il est possible de recueillir le germe en tant que fraction anatomique du grain, de même que son annexe le scutellum. Cette façon d'opérer aboutit à l'obtention du germe pur ; son analyse sert en quelque sorte de donnée de référence.

Au cours de la mouture du blé tendre par voie sèche, parmi les produits issus des premiers broyeurs, une fraction correspondant au germe peut être séparée de l'ensemble de la mouture. Il s'agit du germe meunier, qui présente des différences sensibles avec le produit expérimental en raison de la présence inévitable de fragments étrangers provenant des autres fractions du grain ; d'albumen, de couches sous-corticales et de péricarpe.

Dans le germe meunier, les spécificités biochimiques sont donc atténuées en raison de la présence d'éléments étrangers, ce qui se traduit par des différences d'ordre qualitatif et quantitatif. Le germe pur est, avant tout, une matière protidique et secondairement glucidique une de ses particularités est de ne contenir pratiquement que des oses ou oligosides, hormis un faible pourcentage de cellulose brute correspondant aux glucides pariétaux.

Le germe pur offre un taux de lipides modeste (environ 15 %). A l'inverse, il contient une quantité importante de cendres totales et dont l'intérêt nutritionnel sera précisé plus loin.

Sur le plan énergétique, le germe de blé offre un potentiel de 400 Kcal/100 g, c'est à dire un peu plus élevé que celui de la farine blanche (330 Kcal). Dans le germe meunier outre les sucres simples du germe, ces glucides sont largement constitués de fibres «insolubles» (18,5 %).

Cette teneur découle de la proportion élevée de péricarpe et de couches sous corticales associés au germe issu de la meunerie. Ces particules étrangères expliquent également les taux faibles en protéines (27 % au lieu de 39 %) et des lipides (9,5 % au lieu de 16,5 %).

#### IV.1 teneur en eau

La teneur en eau est un facteur déterminant lors de la conservation. D'après (Barnes, 1983 ; Al Kahtani , 1989) le germe contient environ  $9 \pm 1,70$  g d'eau par 100g, alors que (Adrian Frangne 1995 ; Nessah 1998) ont trouvé des teneurs plus élevées soit ; 12.0 % et 13 % respectivement. (Sudha et Al, 2007 ; Srivastava et Al, 2007) rapportent 11,4% en teneur alors que (Adrian, 2004) ne trouve que 11, 5 % Les différences enregistrées sont essentiellement dues, à la condition de récupération, ainsi que le conditionnement du blé (préparation a la mouture).

#### IV.2 Composition minérale et vitaminique

Le germe de blé est fortement minéralisé, toutefois dans ce domaine il souffre d'un handicap du fait d'une forte accumulation d'acide phytique, lequel constitue une réserve de phosphore.

La teneur en cendre du germe de blé se situe dans un intervalle de 4 à 6% (Ibanoglu, 2002 ; Adrian, 2004 ; Bourson, 2009). Ce qui est affirmé par les teneurs trouvées par (Barnes ,1983 ; Al Kahtani, 1989, et Nessah ,1998) avec respectivement : 4% ,5.09 % et 5.3 %, alors que pour (Srivastava et al, 2007) la teneur est de 3,3 à 4 %.

On constate que le germe est riche en phosphore, en potassium et en magnésium, et en zinc moyennement riche en calcium, pauvre en fer. La variation dans les concentrations peut être due à la différence variété et/ou à la contamination du germe par le son. (Al Kahtani, 1989).le tableau 7

#### Tableau 07 : Composition du germe de blé en éléments minéraux.

La composition des éléments minéraux sont présent dans le tableau 8 suivant

Eléments minéraux (mg/100g)	CA	Ph	Fe	MG	Zi	I	Se
Teneur du germe de blé	40 mg	1030 mg	8.59mg	256mg	12. 3m	0.3ug	2ug
Apport journalier	800 mg	800mg	14mg	375mg	10mg	150ug	55ug

(Anonyme, 2012)

La situation est bien différente dans le domaine vitaminique malgré l'absence de vitamines A et D. les tocophérols sont très abondants .La forme majoritaire étant la forme  $\alpha$ , qui est totalement suffisant pour couvrir le besoin nutritionnel

Le niveau de l'ensemble des vitamines B à l'exception de la vitamine B12 rivalise avec celui des meilleures sources alimentaires, telles que la levure sèche et le foie.

D'une manière générale, les vitamines se répartissent uniformément entre le germe et le scutellum. Celui-ci se distingue cependant par une richesse extraordinaire en thiamine : 5 à 10g par jour couvriraient le besoin de l'homme adulte (Tableau 8). Deux autres points méritent d'être soulignés : la richesse du germe en pyridoxine (vitamine B6) et en acide folique (vitamine B9). Le corps médical fait classiquement appel à ces facteurs dans deux situations précises : la vitamine B6 est une arme efficace contre la spasmophilie, et une supplémentation en vitamine B9 est pratiquée couramment lors des grossesses. Il est aisé d'en déduire la place que le germe pourrait occuper en alimentation humaine (Adrian, 2004).

**Tableau 08 : Caractéristiques vitaminiques de germe et son intérêt nutritionnel**

Vitamines	Teneur du germe de blé pour (100g)	Apport journalier recommandé
Vitamine B <sub>5</sub>	1.7mg	6mg
Vitamine E	14.7mg	12mg
Vitamine B <sub>1</sub>	1.91mg	1.74 mg
Vitamine B <sub>2</sub>	0.53mg	3.8mg
Vitamine B <sub>3</sub> (PP)	6.27mg	16mg
Vitamine B <sub>5</sub>	1.7mg	6mg
Vitamine B <sub>6</sub>	1.4mg	1.38mg
Vitamine B <sub>9</sub>	190ug	200 ug

(Anonyme, 2012)

### IV.3 Fraction protéique

Le germe de blé est considéré comme la partie la plus riche en protéines comparé aux autres constituants du grain. Il renferme, en effet, approximativement 25 % à 40 % de

protéine (Ibanoglu, 2002 ; Zhu et Zhou, 2005 ; Arshad, 2007 ; Sudha et Al, 2007 ; Bourson, 2009). Il contient deux grande familles ; les protéines globulaires (albumine et globuline) et le gluten (Gliadines et Gluténines) (Adrian, 2004), Selon ce même auteur ces protéines sont composées pour une large part d'albumines (30 %) et de globulines (19 %), ayant un très bon équilibre en acides aminés indispensables. Les Gluténines ne sont qu'à un taux insignifiant, alors que les Gliadines constituent 15% de l'ensemble. Il reste près du tiers des composés protidiques dont la nature est difficile à déterminer et dont la structure se rapproche de celles des Gliadines et des Gluténines.

L'ensemble aboutit à un équilibre satisfaisant en acides aminés puisque le plus grand déficit en acides aminés soufrés se situe à 40 % (**Tableau 09**) et que les déficits secondaires sont de l'ordre de 30 %.

Sa richesse correspond à des proportions harmonieuses de toutes les acides amines nobles. (Hettiarachy et al, 1996).

**Tableau 09 : Composition des protéines du germe de blé en acides aminés indispensables en g par 100 g de protéines et pourcentage de déficit par rapport aux protéines de l'œuf entier.**

	Protéines	Déficit %
Arginine	6.95	-
Cystine	1.55	-
Histidine	2.9	-
Isoleucine	4.65	29
Leucine	7.2	14
Lysine	6.2	12
Méthionine	1.7	50
Phénylalanine	3.9	32
Thréonine	4.75	8
Tryptophane	1.1	27
Valine	5.1	28
Somme acides soufrés	3.25	42

(Adrian, 2004).

A partir de ce tableau, on observe la richesse quantitative et qualitative du germe de blé en acides aminés, ce qui rend le germe de blé un concentré protéique plus équilibré en acides aminés

Le germe de blé se classe donc parmi les produits qui apportent des protéines de bonne qualité, et se rapproche de celle des viandes. La richesse en lysine mérite d'être aussi soulignée: Contrairement aux protéines des autres fractions céréalières, celles du germe ne sont pas déficientes en lysine aussi, le germe de blé est-il un facteur de correction azotée pour les dérivés céréalières entrant en alimentation humaine (farine blanche, semoules, gluten) : son introduction améliore inmanquablement la qualité azotée du produit (tableau 10)

**Tableau 10 : composition des fractions céréalières du blé en lysine en g par 100g de protéines (N x 6.25) et pourcentage de déficit.**

		<b>Lysine</b>	<b>Déficit %</b>
<b>Référence</b>	Œuf	7.05	0
<b>Blé</b>	Grain entier	2.8	60
	Farine blanche	2.1	70
	Gluten	1.55	78
	Son	4.15	41
	<b>Germe</b>	<b>6.05</b>	<b>14</b>

(Adrian, 2004).

#### **IV.4 les glucides**

La teneur en glucide totaux dans le germe varie dans l'intervalle de 16 % à 34 % d'après certains auteurs. Le taux des glucides pour (Adrian ,1995) ont trouvé des valeurs plus élevées : 33,9% et 24,11% respectivement. Ces différence en teneur son liés a la contamination par l'endosperme et le son (Sudha et Al, 2007). Le germe est aussi riche en polysides (cellulose 3,3 %) et en pentosanes 8,2% et amidon 23%

#### **IV.5 les enzymes**

Les enzymes sont des protéines spécialisées dans la catalyse des réactions biologiques .Leur action est extrêmement spécifique d'une part, à l'égard du type de réaction à effectuer (hydrolyse, réduction, oxydation) et d'autre part de la structure et de la géométrie des substances concernées (Arnaud, 1985).

Les enzymes, se localisent en grande partie dans la couche périphérique et particulièrement dans la couche à aleurone et dans le germe. (Drapron, 1969).

Parmi les enzymes disponibles au niveau du germe on a surtout les lipoxygénases, lipases et les protéases (Taylor, 1980 ; Sjövall et al, 2000 ; Sudha et al, 2007 ; Srivastava et al, 2007 ; Rizzello et al, 2010). Le tableau 11

**Tableau 11 : Répartition des enzymes dans le germe de blé.**

Enzymes	GERME
<b>β- amylase</b>	(Scutellum) + +
<b>α- amylase</b>	+ +
<b>Lipase</b>	+ + +
<b>Protéase</b>	+ + +
<b>Phytase</b>	(Scutellum) +
<b>Lipo-oxygénase</b>	+ + +
<b>Oxydase</b>	+ + +
<b>Estérase</b>	+ +

(NURET, 1991)

Présence importante. + + +

Présence notable. + +

Présence. +

#### **IV.6 les lipides**

La teneur en lipides est élevée dans le germe (15 %), un peu plus faible (7-8%) dans les couches externes de la graine et elle est nettement plus faible dans tous les autres tissus dont l'endosperme (Godon, 1991).

Le germe de blé renferme des acides gras tels que l'acide linoléique, l'acide linolénique ainsi que des acides gras essentiels.

L'huile de germe de blé bénéficie des propriétés importantes grâce à sa teneur insaponifiable, particulièrement riche en stérol. Elle présente aussi une activité anti-oxydante du fait de son contenu naturel en vitamine E, et elle présente une somme importante des acides gras essentiels. Selon (Barnes, 1983) la variation des teneurs lipidiques de germe peut être due à plusieurs facteurs :

-variation de blé

-degré de contamination du germe par le son

#### **V. Valorisation de germe de blé :**

La valorisation de germe de blé, sous produit de meunerie, présente un double intérêt : sur le plan économique ainsi que sur le plan nutritionnelle et qualitatif. En effet, la récupération du germe de blé permet,

- La fabrication d'aliment diététique à haute teneur en protéines pour les enfants en croissance
- La fabrication d'aliments de régime et d'aliment à finalité thérapeutique
- La fabrication d'aliment à haute valeur énergétique
- L'enrichissement de certains aliments afin de constituer un produit de haute valeur énergétique
- Les huiles obtenues après délipidation sont des huiles très demandées que ce soit par les industries cosmétiques et pharmaceutiques et de traitement de cuirs
- Le tourteau récupéré peut lui aussi servir à l'enrichissement de certains produits tels que les biscuits, les pâtes alimentaires et les farines lactées.
- Donc le germe de blé peut être utilisé dans plusieurs domaines(Anonyme 2011)

La figure 6 suivante illustre les différentes voies de valorisation du germe de blé

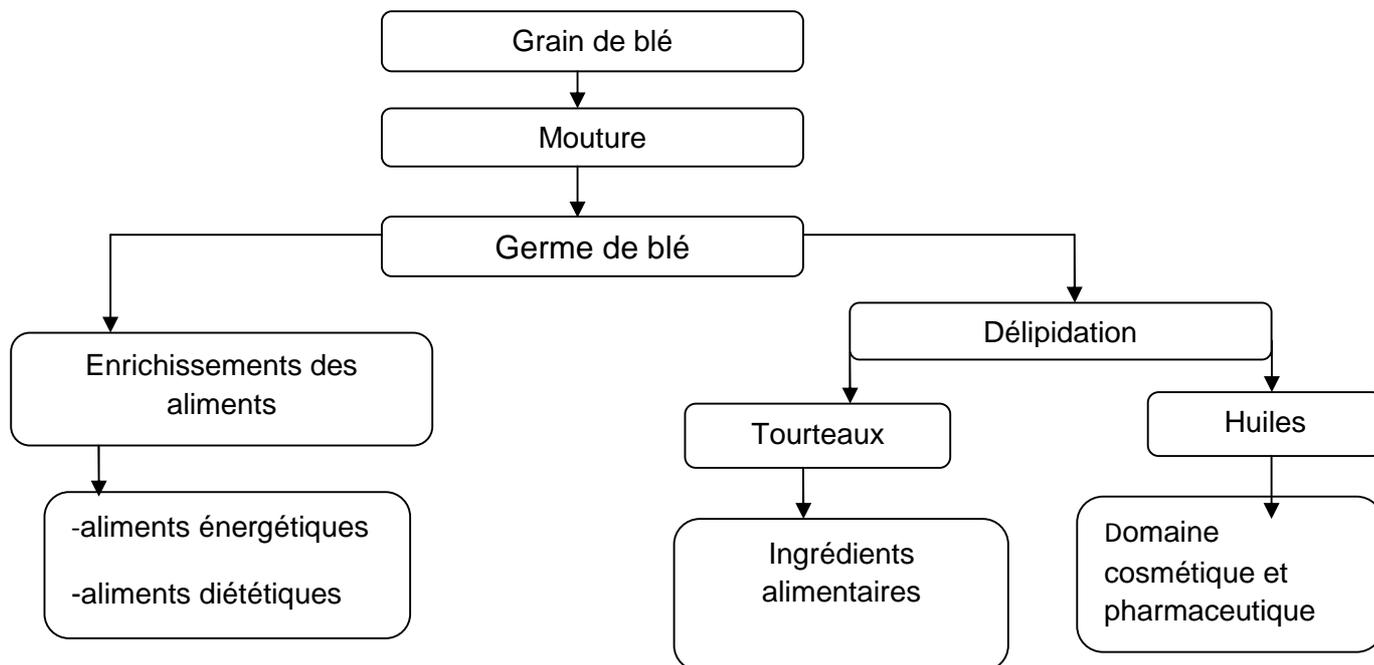


Figure 6 : schéma récapitulatif des différentes utilisations de germe de blé (Anonyme, 2011)

## V.1 Domaines d'applications

### V.1.1 Domaine cosmétique :

C'est surtout l'huile de germe de blé qui peut être utilisée dans tous les produits cosmétiques fini, comme actif ou support de la phase grasse, sans limitation de proportion. Son intérêt dans ce domaine est dû à ses propriétés régénérantes résultant de sa forte teneur insaponifiable et surtout en vitamine E. elle est restructurant et renforce par conséquent la barrière cutanée. Elle participe ainsi un maintien d'une bonne hydratation de l'épiderme. L'huile de germe de blé est encore un excellent conditionneur cutané et participe, en formulation, à l'élaboration de la phase grasse.

L'ensemble de ces propriétés en fait un ingrédient particulièrement recommandé dans :

- Des shampoings pour cheveux abimés et fragiles
- Des soins restructurant pour les contours des yeux
- Des crèmes de jour pour peaux sèche et abimes
- Des crèmes anti- rides
- Des produits régénérant pour peaux mature
- Des huiles corporelles
- Des crèmes émoullients pour les mains
- Des baumes à lèvres
- Des soins pour bébé

### **V.1.2Le domaine thérapeutique :**

A l'énoncé des propriétés multiples et remarquables des nombreux éléments qui constituent le germe de blé, on peut avoir la tentation de considérer celui-ci comme une panacée capable de guérir de certaines maladies.

En effet, il est conseillé la consommation régulière de germe de blé dans les cas suivants : allaitement, anémie, Croissance, décalcification, déminéralisation, fatigue, frigidité, grosses, impuissance, lymphatisme, rachitisme(J.L.Darigol 1978).

### **V.1.3Dans le domaine alimentaire :**

L'enrichissement par le germe de blé :

Dans la santé mondiale d'aujourd'hui la nutrition aide à vendre de nouveaux produits alimentaires préparés à partir des nouvelles sources protéiques. Le germe de blé est l'un de suppléments protéiques potentiels pour la diète humaine. Son importance est surtout à dû ses supérieures qualités nutritionnelles. Il offre 3 fois plus de protéines de haute valeur biologique, des gras, des sucres et des minéraux. En outre, le germe de blé est connu comme la plus riche source en tocophérol et aussi une source de B1, B2, B6, B9.

Du point de vue des hautes valeurs nutritives et son goût, le germe de blé offre une excellente source en protéines et vitamines pour la fortification des produits alimentaires (Anonyme, 2011).

Le germe de blé est commercialisé soit en farine ou paillettes (saveur douceâtre peu agréable) soit sous forme de produits enrichis.

Exemples d'aliments enrichis par le germe de blé :

- Petit déjeuners au germe de blé
- Farine composée
- Pates au germe de blé, potage.
- Pain au germe de blé
- Farine au germe de blé
- Biscuits au germe de blé, galettes.

Donc on peut considère le germe de blé comme un ingrédient largement utilisé dans plusieurs types d'aliments.

- ❖ Les repas froids : le germe de blé est une source économique de haute qualité et de bonne valeur protéique. Il peut être servi comme un précieux composant dans quelques aliments ou dans les repas froids. En effet, différents genre de biscuits, déjeuners céréaliers .... etc.
- ❖ Les pates alimentaires : le germe de blé est utilisé pour enrichis les macaronis, Ce qui permet le développement de nouveaux spécialités alimentaires (Garuda internationale 1998).
- ❖ Les aliments infantiles : le germe de blé à une haute valeur biologique, une bonne digestibilité, une couleur et une saveur agréable, l'ensemble de ces attributs rend le germe de blé un ingrédient acceptable pour les aliments infantiles.
- ❖ Les produits diététiques spéciaux : la couleur et la saveur du germe de blé biologique rendent celui-ci comme un idéal supplément dans les formulations alimentaires. Sa basse teneur en sodium le rend favorable pour les régimes à faible teneur en sodium.

- ❖ Les aliments cuits : le germe de blé délipidé est un additif nutritionnel parfait pour les pains, les brioches, les gâteaux ..... etc. (Garuda international 1998)

### **V.2. Autre forme de germe de blé**

En outre de l'utilisation du germe de blé comme un ingrédient alimentaire, on peut bénéficier de ses propriétés nutritionnelles en consommant un autre produit « le blé germé », en faisant germer nous même le blé et. En effet pour les raisons que nous venons de développer il existe une synergie du produit naturel dans sa mystérieuse totalité et cette synergie propre au fruit de la germination du blé doit nous inciter à consommer le blé germé plutôt que le germe seul (J.L.Darrigol, 1978).

## I- Généralité sur le lait :

### I.1.Définition :

Le lait est défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant : « 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 doit pas contenir de colostrum », le lait est un fluide aqueux, opaque, blanc, légèrement bleuté, d'une saveur douceâtre et d'un pH (6.6 à 6.8) légèrement acide, proche de la neutralité (Gérard D, 2001).

Le lait est complexe en raison de son organisation, des interactions existent entre ses divers constituants, et de la variabilité de sa composition ; qui dépend de l'espèce, de la race, du régime alimentaire et de la période de lactation (Jeantet et al, 2007).

### I.2.Composition biochimique du lait :

Le lait est un milieu multiphasique : une phase aqueuse contenant essentiellement le lactose des minéraux, des éléments dispersés de nature lipidique (globules gras) et de nature protéique (micelle de caséines) (Mahaut et al, 2000).

La composition typique de lait de vache et ses propriétés physiques sont présentées sur le (tableau 1)

**Tableau 1** : composition et propriétés physiques du lait de vache.

Éléments	Composition (g/l)	Etat physique des composants
<b>Eau</b>	905	Eau libre (solvant) + Eau liée (3,7%)
<b>Glucides (lactose)</b>	<b>49</b>	Solution
<b>Lipide</b> -Matière grasse proprement dite. -Lécithine (phospholipides).	<b>35</b> 34	Emulsion des globules gras (3 à 5 µm)

-Partie insaponifiable (stérols, carotènes, tocophérol)	0,5 0,5	
<b>Protides :</b>	<b>34</b>	
-Caséines	27	-Suspension micellaire de phosphocaseinate (0,08 à 0,12 µm)
-Protéines « soluble » (Globulines, albumine)	5,5	-Solution (colloïdale)
-Substance azotique non protéique	1,7	-Solution (vraie)
<b>Sels</b>	<b>9</b>	
De l'acide citrique	2	Solution en état colloïdal (P et Ca) (sels de K, Ca, Na, Mg...)
De l'acide phosphorique (P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2,6	
De l'acide chlorhydrique	1,7	
<b>Extrait sec total</b>	<b>95</b>	
<b>Extrait sec non gras</b>	<b>92</b>	

(Luquet et Corrieu, 2005).

La composition du lait varie d'une espèce à une autre, le tableau 2 résume la composition biochimique de divers lait (g/100g de lait).

**Tableau 2:** composition biochimique de divers lait (g/100g de lait).

	<b>Extrait sec total</b>	<b>Matière grasse</b>	<b>Lactose</b>	<b>sels</b>	<b>Matière azotée (total)</b>
<b>Monogastrique</b>					
-Femme	11,7	3,5	6,5	0,2	1,5
-Jument	10	1,5	5,9	0,4	2,2
<b>Polygastrique</b>					
-Vache	13,6	4,3	4,5	0,8	4
-Chèvre	9,1	7,5	4,5	1,1	6
-Brebis	17,8	7,5	4,7	0,8	4,8

(Alais C et al. 2003).

### **I.3.Paramètres physico-chimiques du lait :**

Le lait constitue un édifice chimique et physico-chimique très complexe (Vignola et al, 2002). En raison de son organisation et des interactions existants entre ses divers constituants (Jeantet et al, 2007), il est caractérisé par les paramètres physico chimiques suivants :

#### **I.3.1Aspect**

Le lait est un liquide opaque blanc mat, plus ou moins jaunâtre. Cette couleur est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène, à la caséine et la vitamine B pour la phase hydrique (Bourgeois et al, 1990 ; Debry, 2001 et Vierling, 2008).

Sa saveur est douceâtre, son odeur est caractéristique, plus prononcée à chaud et capable de fixer d'autres odeurs animales (Sablonnière, 2001).

#### **I.3.2.Densité du lait**

On entend par la densité du lait entier, le rapport des masses d'un même volume de lait et d'eau à 20°C. Les valeurs moyennes concernant le lait de vache se situent entre 1,030 et 1,034, celles des laits de grand mélange sont voisines de 1,030 (Mathieu, 1998).

#### **I.3.3.viscosité**

Elle correspond à la résistance d'un liquide à l'écoulement, elle est due à la présence des protéines et des matières grasses dans le lait. Elle tend à diminuer lorsque la température augmente et augmente lorsque le pH est inférieur à 6 (Fredot, 2005).

#### **I.3.4.pH du lait**

Le pH est une propriété physique qui varie avec la richesse du lait en phosphate, citrate et caséines ; celui du lait normal de vache est de l'ordre de 6.7 (Mathieu, 1998).

### **I.3.5.Extrait sec du lait**

C'est l'ensemble des composants du lait, à l'exception de l'eau et des gaz dissouts. Il constitue la matière sèche totale du lait (MST). Un litre de lait contient de 125 a130g.

#### ➤ **Matière sèche dégraissée**

C'est la différence pondérale de la matière sèche totale et la matière grasse.les laits contiennent de 90 à 96g/l, la moyenne est de l'ordre de 93g/l. La matière sèche dégraissée est beaucoup plus constante que la teneur en matière sèche.

La Matière grasse étant le constituant dont le taux varie le plus. On admet que la quantité de matière Sèche dégraissée ne peut être inférieure à 85g/l ; une valeur plus faible laisse supposer que le lait a été Mouillé (Mathieu, 1998).

#### ➤ **Matière grasse**

Le lait est une émulsion d'huile dans l'eau. La matière grasse est dispersée sous forme de globules de tailles comprises entre 0.1 et 15 µm. Le lait de vache en contient environ 35g/l (Luquet et Corrieu, 2005).

### **I.4.Microflore du lait**

#### **I.4.1 Flore originelle :**

Le lait contient peu de micro-organismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions (hygiène de la traite) a partir d'un animal sain (moins de  $10^3$  germes / ml) (Guiraud, 1998).

Les genres dominants de la flore indigène sont principalement des micro-organismes mésophiles (Tableau 3)

**Tableau 3:** flore indigène du lait

Micro-organismes	Pourcentages%
<i>Micrococcus sp</i>	30-90
<i>Lactobacillus</i>	10-30
<i>Streptococcus</i> ou <i>lactococcus</i>	<10
Gram négatif	<10

(Vignola et al, 2002).

D'autres micro-organismes peuvent se trouver dans le lait lorsqu'il est issu d'un animal malade ; ils sont généralement pathogènes et dangereux du point de vue sanitaire.

Il peut s'agir d'agents d'infections générales tels que les salmonelles, *Brucella* agent de la fièvre de Malte, *Listeria monocytogènes* agents de la listériose, *Micobacterium* agent de la tuberculose (Guiraud, 1998).

#### **I.4.2.Flore contaminante :**

C'est l'ensemble des micro-organismes ajoutés au lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogènes capable de provoquer des malaises chez les personnes qui consomment ces produits laitiers (Vignola et al, 2002).

##### **❖ Flore d'altération :**

Nombreuses sont les espèces bactériennes du lait cru capables des dégrader le lactose, les protéines ou les lipides de cette matière première.

D'une façon générale, dans le lait cru très pollué (plus de 10<sup>6</sup>baceteries/ml) et du fait d'une prolifération microbienne a température supérieur à 15°C, la flore dominante peut comprendre : les bactéries coliformes, les bactéries psychotropes (*pseudomonas*) et les streptocoques lactique (Anonyme, 1987).

##### **➤ Levures**

Souvent présentes dans le lait, elles s'y manifestent rarement, peu d'entre elles sont capables de fermenter le lactose et sont utilisées dans la production de laits fermentés (kéfir, koumis) ; d'autres sont responsables de quelques défauts de

production tels que le gonflement de l'emballage, fermentation gazeuse dans les crèmes fermières et les caillés frais, comme elles peuvent être un indice de pollution qui déprécie l'aspect et le goût des produits (FAO, 1995).

➤ **Moisissures :**

Les moisissures peuvent se rencontrer dans les milieux de l'industrie agroalimentaires, ou elles sont considérées sous l'angle de pollution indésirable. Ces moisissures se développent sur divers produits, diminuent leur qualité organoleptique et les rendent ainsi impropres à la consommation. Il existe cependant des exceptions, notamment en industrie laitière où certaines espèces fongiques utiles sont volontairementensemencées comme dans le cas de certains fromages type roquefort ou camembert qui possèdent des moisissures à l'intérieur du caillé ou en surface (Botton et al, 1990 et FAO ,1995).

➤ **Coliformes et coliformes fécaux**

Parmi les entérobactéries, Gram négatif vivant dans l'intestin humain et animal, les coliformes sont caractérisés par leur aptitude à fermenter plus ou moins le lactose en présence des sels biliaires (Bourgeois et Leveau, 1991).

❖ **Flore psychrotrophe**

Le maintien du lait et des produits laitiers à basse température, en vue de prolonger la durée de conservation est une technique utilisée depuis très longtemps ; cependant, l'existence de germes psychrotrophe capable de se développer à basse température inférieure ou égale à 7°C peut conduire à de graves accidents de conservation.

L'activité biochimique des psychrotrophes est intense et intéresse essentiellement la dégradation des lipides et des protéines, l'activité sur les glucides étant faible et souvent nulle.

L'activité lipolytique et protéolytique des germes psychrotrophes est à l'origine de mauvaises saveurs et d'odeurs constatés sur les laits refroidis de qualité bactériologique douteuse (gout de rance, putride...), ces mauvais goûts sont grave car ils ne disparaissent pas lors des traitement ultérieurs du lait cru (Veisseyre , 1979).

**❖ Flore pathogène :**

Le lait cru et les produits laitiers avec même ceux ayant subi un traitement d'assainissement et l'homme peuvent être à l'origine de cette contamination, ces micro-organismes sont responsables de la détérioration du lait (FAO, 1995).

**➤ Staphylococcus aureus :**

Les staphylocoques se développent bien dans le lait avec un taux de contamination maximum de quelques dizaines de milliers de bactéries par millilitre. Cette bactérie provient le plus souvent de la glande mammaire provoquant ainsi une infection latente ou clinique et contaminant le plus souvent le matériel de traite. Les staphylocoques provoquent par leurs toxines thermostables des intoxications de gravités variables chez l'enfant (FAO, 1995).

**➤ Salmonella**

Les bactéries du genre salmonella appartiennent à la famille des entérobactériaceae (Bourgeois et al, 1990).

Elles sont responsables de toxi-infections, de fièvres typhoïdes et paratyphoïdes qui ont pour origine la consommation de produits laitiers n'ayant pas subi un traitement d'assainissement (FAO, 1995).

**➤ Listeria :**

L'origine alimentaire de la listériose n'est pas toujours facile à démontrer, on rencontre la listeria chez les animaux présentant des signes d'infections (les mammites). Le lait, les fromages et en particulier les pâtes molles peu acides peuvent être des vecteurs de cette maladie. Chez l'homme et les animaux, elle est responsable de graves troubles pathologiques qui se manifestent par des méningites, des avortements et des septicémies périnatales (Guiraud, 1998).

**I.5. Différents types de lait****• I.5.1 Selon la teneur en matière grasse**

Par mélange de lait non écrémé et de lait écrémé, les laitiers produisent 3 types de laits standardisés dont les teneurs en matière grasses sont fixés par la norme AFNOR 2006 :

- Le lait entier qui contient au moins 3,5% de MG.
- Le lait demi écrémé contenant au moins 1,5 et au plus 1,8 % de MG.
- Le lait écrémé qui ne contient au maximum que 0,3% de MG.

## **I.5.2 Selon le traitement thermique**

### **I.5.2.1 Lait cru**

La définition réglementaire du lait cru est donnée par l'article 2 de la directive (CEE 92 /46à, il s'agit d'un lait non chauffé au-delà de 40°C, et n'ayant subi aucun traitement d'effet équivalent. Le froid ne tue pas les micro-organismes ; ils les empêchent de se développer (Béguin, 1994).

### **I.5.2.2 Lait pasteurisé**

Il s'agit d'une méthode de conservation qui doit son nom à son inventeur : Lois PASTEUR. La pasteurisation consiste à chauffer le lait pendant 15 secondes à une température inférieure à 100°C puis à le refroidir. Ce procédé de chauffage modéré permet au lait de conserver son goût originel tout en le débarrassant des germes pathogènes (Béguin, 1994).

### **I.5.2.3 Lait stérilisé**

Ce traitement s'effectue en deux étapes Le lait d'abord chauffé à une température inférieure ou supérieure à 135°C, après refroidissement il est mis en bouteille puis chauffé à nouveau pendant 10 à 20 minutes, à une température oscillant entre 110°C et 120°C.

### **I.5.2.4 Lait UHT (Ultra Haute Température)**

C'est le procédé le plus moderne et le plus courant de nos jours. Il consiste à chauffer le lait pendant 2 à 5 secondes de 135°C à 150°C puis à le refroidir quasi instantanément. La température est suffisante pour débarrasser de tous germes nuisibles à sa conservation. Ce temps de chauffage très réduit ne permet d'altérer ni le goût ni la valeur nutritive du lait.

- **I.5.3 Autres types de lait**

**I.5.3.1 Lait aromatisé**

L'industrie laitière moderne commercialise un éventail de laits aromatisés afin de satisfaire les goûts de chacun : lait chocolatés .... etc, ces boissons stérilisés sont constituées exclusivement de lait écrémé ou non : et additionnées de dérivés de fruit.

**I.5.3.2 Lait concentré**

Lait concentré non sucré obtenu par pasteurisation puis par concentration sous-vide après addition de stabilisateur destiné à éviter le caillage, le goût sucré obtenu par l'addition de saccharose. (Aguilera, 1988).

**I.5.3.3 Lait en poudre**

Le lait en poudre est un lait dans lequel on a enlevé la quasi-totalité de son eau pour n'en conserver que l'extrait sec, de deux manières, soit par atomisation ou par séchage sur cylindres (Carole, 2002).

**I.5.3.4 Laits infantiles**

Ce sont des laits en poudre spécialement conçus pour s'adapter aux besoins des nourrissons, leur dénomination légale est : aliment lacté diététique pour nourrissons.

**II. Produits laitiers**

Les produits laitiers (*ou laitages*) sont des produits alimentaires ou industriels dérivés du lait. Ils sont utilisés essentiellement dans l'alimentation humaine, soit directement, soit comme ingrédients dans la pâtisserie, biscuiterie, charcuterie, fromagerie ;.... Ainsi que dans l'alimentation animale (lait en poudre pour les veaux) la caséine a aussi des utilisations industrielles (matières plastiques, papiers, textiles)(**Carol,2002**). Les produits laitiers sont nombreux et diversifiés et portent beaucoup d'intérêts dans l'alimentation humaine tant par leur apport nutritionnel que par leur intérêt thérapeutique. On peut citer quelques uns et surtout les plus consommés : yaourt, fromage, beurre, crème glacé....etc.

## Liste des figures

Figure 1 : Le diagramme général de fabrication des yaourts des lait fermentés.....	19
Figure 2 : <i>Streptococcus thermophilus</i> en chaînettes.....	20
Figure 3: <i>Lactobacillus bulgaricus</i> en bâtonnets.....	21
Figure 4 : schéma des interactions métaboliques de <i>streptococcus thermophilus</i> et <i>lactobacillus bulgaricus</i> en culture mixte dans le lait.....	22
Figure 5 : schéma d'un grain de blé en coupe longitudinale.....	30
Figure 6 : schéma récapitulatif de la différente utilisation du germe de blé.....	41
Figure 7 : le germe de blé tendre.....	48
Figure 8 : méthode de recherche de <i>clostrdiums sulfito- réducteurs</i> dans les échantillons.....	64
Figure 9 : teneur en EST des produits finis.....	81
Figure10 : valeurs des pH des différents produits finis.....	82
Figure 11 : valeurs de l'acidité titrable des produits finis.....	83
Figure 12 : variation de pH des produits finis au cours de stockage.....	85
Figure 13 : variation de l'acdité titrable des produits finis au cours de stockage...	86
Figure 14 : variation de l'extrait sec total des produits finis au cours de stockage...	87
Figure 15 : profils sensoriels des essais d'enrichissement du yaourt en germe de blé tendre.....	93
Figure 16 : Le dessiccateur :.....	(Annexe I)
Figure 17 : le pH-mètre.....	..(Annexe I)
Figure 18 : La Balance à précision :.....	(Annexe I)
Figure 19 : Centrifugeuse.....	(Annexe I)
Figure 20 : Butyromètre.....	(Annexe I)

Figure21 :Bain-marie .....	(Annexe I)
Figure21 : bec benzène :.....	(Annexe I)
Figure 22 : Autoclave.....	(Annexe I)
Figure23 : Four à moufle :.....	(Annexe I)
Figure 24 : Etuve à 25°C.....	(Annexe I)
Figure25 : Etuve à 37°C.....	(Annexe I)
Figure26 : Etuve d'incubation à 45°C :.....	(Annexe I)
Figure27 : Etuve d'incubation à 55°C :.....	(Annexe I)

## **I. Généralités sur les céréales**

Dans tous les pays du monde, les céréales, constituent la base de l'alimentation humaine en tant que source protéique et énergétique. La culture de blé est universellement répandue dans le monde. Les principaux producteurs sont localisés dans les zones tempérées entre le trentième et le soixantième parallèle, dans la région des plaines et des plateaux où la végétation naturelle serait la prairie ou la steppe. En plus de l'apport des protéines et glucides les céréales apportent des vitamines et des fibres alimentaires. Leurs protéines sont déficientes en certaines acides aminées essentielles lysines et méthionine. Certaines céréales contiennent une protéine particulière, le gluten, qui permet d'élaborer du pain et des biscuits. (Feillet, 2000; Gauvard et al, 2002) Actuellement, les céréales fournissent une bonne partie (45 %) des calories alimentaires de l'humanité.

### **I.1. Situation de la culture de blé en Algérie**

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, en effet elles fournissent plus de 60 % de l'apport calorique et 75-80 % de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (Talamali, 2000).

Les céréales sont vraisemblablement la spéculation prédominante de l'agriculture algérienne, en raison de l'importance stratégique des produits céréaliers qui constituent l'essentiel de la ration alimentaire quotidienne de la population malgré les superficies occupées, la production nationale continue à stagner avec des rendements moyens de 7 Qx / Ha. Cette situation laisse le pays fortement dépendant du marché extérieur. Les rendements sont variables en fonction de la région, du climat, de la variété et des techniques culturales. (Achem Et Hadjari, 2000).

La faiblesse de la production céréalère en Algérie découle en majeure partie des faibles potentiels des rendements. Il est impératif de faire accroître les rendements à l'hectare parce qu'il n'est plus possible d'augmenter les superficies consacrées aux céréales.

La production nationale a fait des progrès pendant les trois dernières années grâce aux programmes de développement, d'intensification et de soutien à cette filière et qui commence à porter ses fruits. L'Algérie n'a pas eu besoin de recourir à l'importation des blés dur et tendre pour la deuxième année consécutive (2009 et 2010), avec une production céréalère record de près de 61,5 millions de quintaux. Les rendements sont passés de 8 quintaux par hectare vers la fin des années 1980 à 17 quintaux par hectare en 2009. (Kehal, 2010).

## I.2 Importance des céréales dans l'alimentation des algériens

### I.2.1 Importance économique

Près d'un milliard de tonnes de céréales sont produits annuellement dans le monde, le blé et le riz en sont les plus importants. En **2005** la production mondiale des céréales est **2 239,400** millions de tonnes (FAOSTAT 2008).l'Algérie se classe cinquième comme pays importateur de céréales au monde (FAO, 2012). Cette consommation directe du blé augmente avec la démographie mais aussi avec la diversification des modes de consommation d'aliments à base de céréales (pain, Pâtes, pizzas, galettes, biscuits etc.....).

### I.2.2. Importance nutritionnelle

Les céréales constituent l'essentiel de la ration alimentaire de l'algérien. Le régime alimentaire en Algérie reste largement déterminé par la disponibilité des produits fabriqués localement ou importés et par l'accessibilité de leur prix au consommateur. Ceci explique la prédominance des produits céréaliers dans le total calorique dont bénéficie le citoyen algérien. C'est tout dire de l'importance socioéconomique que représente la production céréalière en Algérie. Les blés sont surtout des aliments glucidiques d'où leur rôle principalement énergétique La teneur en protéines varie selon les céréales considérées.

## II.Le grain de blé

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre *Triticum aestivum*) et le blé dur *Triticum durum* (Feillet 2000)

### II.1 Structure de grain

Le grain de blé (Figure 05) est un caryopse de petite taille. Il se compose de trois régions anatomiques bien distinctes (Feillet, 2000 ; Surget Et Barron, 2005) l'enveloppe (13%). le germe (3%).l'albumen (84%).

#### II.1.1- Les enveloppe : elles ont un rôle de protection

Sont formées de trois groupes de téguments soudés :

- **Le péricarpe ou tégument du fruit** : il constitue 4% du poids du grain ; formé de trois assises cellulaires :

Épicarpe, mésocarpe, et endocarpe.

-**Le tégument séminal ou testa** : constitué de deux couches cellulaires et représente 1 à 2% du poids du grain.

**C-L'épiderme ou couche à aleurone** : il constitue 7 à 9% du poids du grain (Rossel Et Hurbert, 2002).

### **II.1.2 L'amande ou l'albumen amylicé**

Il représente 82% à 85% du poids total du grain de blé, il est constitué de cellules à parois cellulosiques minces remplies essentiellement de grain d'amidon entourées par un réseau protéique spécial dénommé « le gluten » (10 à 20%) et de faible proportion d'éléments minéraux (0,3 à 0,6%) et de vitamines (Parabhasankar et al, 1999).

C'est la partie centrale de la graine. Elle est constituée par une succession de couches :

- **Assise protéique** (couche à aleurone) elle est très riche en protéines
- **Cellules de l'albumen** avec granule :

-Vitreux (cas de blé dur) semoule

-Farineux (cas de blé tendre) farine

### **II.1.3- Le germe**

Il est responsable de la perpétuation de la vie. De par sa richesse en nutriments (vitamines, protéines, lipides), il est particulièrement intéressant du point de vue nutritionnel le germe est riche en vitamines et en matières minérales, il renferme également des matières grasses et azotées. Le germe est une partie du grain composé par l'embryon protégé par le scutellum, le scutellum : un tissu de réserve riche en protéines et lipides. (Figure 5)

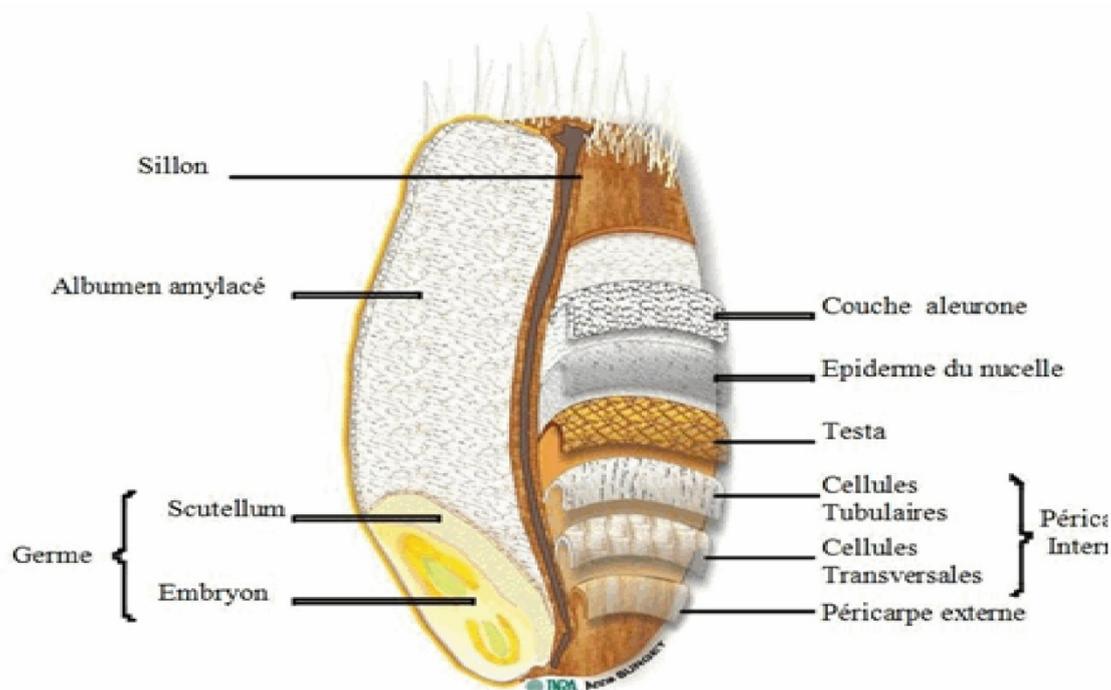


Figure 5 : Schéma d'un grain de blé en coupe Longitudinale (Surget Et Barron, 2005)

## II.2 Composition biochimique du grain de blé

Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 18%) et de pentosane (8 à 10%). Les constituants, pondéralement mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Feillet 2000). (Tableau 5)

Tableau 5 : compositions biochimique de grain de blé :

Nature des composants	Teneur (%) MS
Protéines	10-15
Amidon	67-71
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucres simple ethanolosolubles	2-3
Lipides	2-3
Matières minérales	1.5-2.5

(Feillet, 2000).

La composition biochimique des différentes parties du grain de blé est donnée sur le tableau 6 suivant

**Tableau 6** : Composition biochimique des différentes parties du grain de blé

Partie du grain (%de la masse du grain)	Matière azotées (protéines)	Matière minéral	Matière grasse (lipides)	Matières cellulosique	pentosan	amidon
Péricarpe (4%)	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Germe (3%)	34-40	63-65	15	1	20	20
Amande centrale (70%)	6-9	0,3-0,4	-	-	-	72-88
Tégument séminal (1%)	15-20	10-15	3-5	30-35	25-30	0
Grain entier (10%)	10-14	1,6-2,1	1,5-2,5	2-3	5-8	60-75
Epiderme (7-9%)	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Endosperme (82-85%)	8-13	0,35-0,6	1	0,3	0,5-3	70-80
Amande périphérique (10%)	10-15	0,4-1	-	-	-	65-72

(Dubois, 1995)



## I. Fabrication et caractéristique du yaourt

### I.1 historique

Les premières preuves de l'existence des produits laitiers fermentés remontent à 8000 ans avant Jésus Chris dans le croissant fertile au moyen orient (plaines de Nil, Jourdain) époque où les végétaux et les animaux sont domestiqués (Fox, 2003). Le yaourt fait sa première apparition en France grâce à François le premier qui, souffrant des problèmes digestifs, fait appel au sultan Soliman qui lui envoie d'Istanbul un médecin qui le guérit le soumettant à une cure de lait de brebis fermenté (Anonyme, 2011). Depuis 1960 la production industrielle de yaourt connaît un développement international et le yaourt est devenu aujourd'hui un produit de consommation en occident (Anonyme, 2011).

### I.2 définitions

Les termes yoghourt ou yogourt moins utilisés, sont aussi corrects. Selon la définition de la FAO (Food and Agriculture Organisation/ OMS (Organisation Mondiale de la santé) en 1977, le yaourt est un lait fermenté avec ses ferments spécifiquesensemencés simultanément, *Lactobacillus delbuekii subsp.bulgaricus* et *streptococcus salivarius subsp.thermophilus*( dont l'ancienne appellation *Lactobacillus bulgaricus* et *streptococcus thermophilus*). Ces bactéries doivent se retrouver vivantes à la concentration de  $10^7$  de bactéries par gramme et la teneur en acide lactique doit être au moins de 0.7% à la vente du yaourt (Vierling, 2008).

Selon le club international des fabricants de yaourt, le yaourt ou yoghourt est un lait fermenté obtenu par la multiplication de deux bactéries lactiques spécifiques associées : *Lactobacillus bulgaricus* et *streptococcus thermophilus* qui sont cultivées sur du lait préalablement pasteurisé, dans le but d'éliminer la plus grande partie ou la totalité de la flore microbienne préexistante. Après la fermentation, le yaourt est refroidi à une température thermique. Il est alors prêt à être consommé (Keilling et De Wilde ,1985).

### **I.3. Matières premières et ingrédients du yaourt**

La principale matière première pour la fabrication des yaourts est le lait essentiellement le lait de vache, il est constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche contenant des glucides, protéines, des lipides et des minéraux.

D'autre part, il est possible d'utiliser soit du lait entier soit du lait partiellement ou totalement écrémé ou les taux en matière grasse de l'ordre 3.5%, 1% et 0%(Keilling et De Wilde 1985).

### **I.4. Intérêts nutritionnels du yaourt**

#### **I.4.1 Amélioration de la digestibilité du lactose**

La présence de bactéries lactiques vivantes permet une meilleure assimilation du lactose chez les sujets déficients en lactase. La lactase bactérienne est en effet toujours active lors du passage des bactéries dans le tractus intestinal, elle hydrolyse le lactose résiduel contenu dans le yaourt (30 g/L). Il a été établi que les bactéries doivent être vivantes dans le yaourt au moment de sa consommation pour que cette fonctionnalité soit active.

#### **I.4.2 Amélioration de la digestibilité des protéines**

L'assimilation des protéines du lait est meilleure s'il est consommé sous forme de yaourt ou de lait fermenté. En effet, du fait de l'activité protéolytique des bactéries lactiques, les produits fermentés contiennent plus d'acides aminés libres que le lait avant la fermentation. De plus, les protéines contenues dans ces produits sont plus digestes que celles du lait. Leur structure, plus ouverte après le traitement thermique et la coagulation, facilite l'action des enzymes protéolytiques pendant le transit intestinal (Béal et Sodini, 2003).

#### **I.4.3 Amélioration de la digestibilité de la matière grasse**

La teneur en acide gras libres dans le yaourt est supérieure à celle du lait, ce qui donne une meilleure digestibilité des matières grasses (Loones, 1994).

#### **I.4.4 Richesse en sels minéraux**

Le yaourt est riche en calcium, l'acidité et le lactose qui l'accompagne améliorent l'absorption du calcium et les oligoéléments (phosphore et magnésium). Le calcium

assimilé assurent une très bonne déminéralisation osseuse (Barthelemy et Rathe ,1993)

#### **I.4.5 Action sur les vitamines**

Certaines vitamines sont consommé par les bactéries lactiques (vitamine B12), d'autres sont produits (acide folique) (Loones, 1994)

#### **I.5 les différents types de yaourt**

Il existe trois types de yaourt selon le procédé de fabrication

##### **I.5.1. yaourt traditionnel, ferme ou étuvé**

Après l'ensemencement, la fermentation et le conditionnement ont lieu en pots qui passent à l'étuve. Les bactéries se reproduisent par millions et s'attaquent au lactose qui est transformé partiellement en acide lactique. Ce dernier modifie la structure des protéines. Qui forment alors un gel, lorsque les yaourts ont atteint le degré d'activité voulu (80-90°Dornic), ils passent en chambre froide ventilée ou en tunnel de refroidissement, et sont stockés à 2-4°C. Ce sont généralement des yoghourts nature et aromatisé (Anonyme, 2009).

##### **I.5.2. yaourt brassé**

Les yoghourts a caillé brassé ou les yaourts bulgares sont plus liquides. En effet, la fermentation s'effectue dans les cuves, en vrac lorsque l'acidité atteint 100°Dornic, le caillé est brassé puis refroidi avant d'être conditionné en pots, qui sont stockés en chambre froide (Anonyme, 2009). Ce sont généralement des yaourts veloutés natures ou à la pulpe de fruit ou yaourt avec morceaux de fruits.

##### **I.5.3 Yaourt à boire**

Il se différencie du yaourt brassé par son état liquide qui l'assimile à une boisson. Sa fluidité est obtenue par une diminution en matière sèche. Il peut être nature ou aromatisé (FAO, 1995).

#### **II – la technologie du yaourt :**

la fabrication du yaourt comporte 4 étapes principales (keilling et De Wilde, 1985) :

- ✓ Préparation et traitement thermique du lait
- ✓ La fermentation
- ✓ Brassage pour le yaourt brassé
- ✓ Conditionnement

## **II.1 préparation et traitement thermique du lait :**

### **II.1.1 Enrichissement en matière sèche**

La matière sèche ou l'extrait sec du lait mis en œuvre est un facteur important dans la fabrication car il conditionne la consistance et la viscosité du produit. Les protéines améliorent la texture, masquent l'acidité, alors que les matières grasses donnent une saveur plus douce et crémeuse, un arôme meilleur, et masquent aussi l'acidité (Keilling et De Wilde, 1985).

Pour augmenter l'extrait sec du lait on peut faire l'adjonction de poudre de lait , qui se fait dans le cas d'utilisation de poudre de lait écrémé, à des taux de 2% à 3% pour arriver à un E.S.D ( extrait sec dégraissé) final de l'ordre de 12% ,mis à part le lait de vache on peut utiliser le lait des brebis dont la teneur en extrait sec en caséine et en matière grasse est beaucoup plus élevée ce qui donnait des produits plus consistants et plus crémeux (Keilling et De Wilde,1985)

### **II.1.2 Standardisation en matières grasses :**

Le lait est tout d'abord écrémé, puis mélangé avec la crème dans les proportions souhaitées. (Béal et Sodini ,2003). Les yogourts peuvent avoir un contenu en gras se situant entre 0,1 et 10% .Toute fois on trouve sur le marché des yogourts ayant un contenu entre 0,1 et 3,5 % de matière grasse (Carole et al ,2002).

### **II.1.3 Addition de sucre :**

Le lait peut être additionné de sucre avant la fermentation, à hauteur de 5% à 10%. Cette addition conditionne le choix des ferments, car certaines souches sont sensibles à la diminution de l'activité de l'eau qui résulte de cette opération.

Le sucre est généralement constitué de saccharose, cristallisé ou sous forme liquide (sirop). Dans le cas des produits allégés le sucrage est effectué par addition d'édulcorants (aspartame ou polyols). Comme ces produits sont sensibles au chauffage, ils sont toujours ajoutés après le traitement thermique

(Béal et Sodini ,2003) mais dans le cas du sucre il est préférable de l'ajouter avant la pasteurisation du lait, car le traitement thermique du lait sucré détruit les levures et les moisissures osmophiles présentes dans le sucre ; par ailleurs, la consistance du yaourt s'en trouve améliorée (Vignola et al, 2002)

#### **II.1.4 Enrichissement en protéines :**

Le lait standardisé en matière grasse doit être enrichi en protéines laitières pour former un yaourt consistant. L'addition des protéines peut se faire de façon plus directe par l'addition des caséinates, de poudre de lactosérum, de substances laitières modifiées ou de protéines hydrolysées. Les quantités de protéines ajoutées sont variables et dépendent de la texture recherchée (yaourt à boire, yaourt ferme, yaourt brassé, yaourt à sucre). Les taux protéiques finaux sont compris entre 3,2 et 5%. (Vignola et al, 2002 ; Beal et Sodini, 2003)

#### **II.2 traitement thermique**

Le lait enrichi, éventuellement sucré, subit un traitement thermique. Le barème de traitement thermique le plus couramment utilisé est de 90°-95° C pendant 3 à 5 minutes (Mahaut et al, 2000 ; Boudier, 1990). Ce traitement a de multiples effets sur la flore microbienne ainsi que sur les propriétés physique-chimique et fonctionnelle du lait. Tout d'abord, il crée des conditions favorables au développement des bactéries lactiques, il détruit les germes pathogènes et indésirables (Boudier, 1990) et inactive les inhibiteurs de croissance tels que les lactoperoxydases (Farkye et Imafidon, 1995), de même, il réduit les sulfures toxiques et entraîne la production d'acide formique qui est un facteur de croissance pour *L. bulgaricus* (Loones, 1994). Le traitement thermique a également un effet sur la conformation tridimensionnelle des protéines de lactosérum 85% qui se fixe ainsi sur les molécules de caséines. Enfin il modifie les équilibres salins, en entraînant une augmentation de la taille de caséine, de leur stabilité et de la quantité d'eau liée (Mahaut et al, 2000).

#### **II.3 homogénéisation**

L'homogénéisation a pour but de réduire la taille des globules gras dans le lait, cette opération est indispensable pour éviter la remontée des matières grasses pendant la fermentation, elle permet aussi d'augmenter la viscosité du yaourt et elle confère un aspect plus blanc au lait et par conséquent du yaourt (Sodini et Béal ,2001).

#### II.4 la fermentation :

Le lait enrichi et traité thermiquement, est refroidi à la température de fermentation, 40-45°C. Cette température est refroidi correspond a l'optimum de développement symbiotique des bactéries lactiques (Loones, 1994). Leur inoculation se fait a un taux assez élevé , 1% a 7%, pour un ensemencement indirect a partir d'un levain avec un ratio *streptococcus thermophilus* – *lactobacillus bulgaricus* de 1,2 a 2 pour les yaourts nature, et pouvant atteindre 10 pour les yaourts aux fruits (Boudier, 1990 ; Mahaut et al ; 2000) . L'ensemencement direct a partir des bactéries lactiques concentrées se fait à des taux de 0,03%, les deux espèces *streptococcus thermophilus* et *lactobacillus bulgaricus* vivent en symbiose et en synergie, lors de leur croissance, elles dégradent le lactose en acide lactique, entraînant une baisse de pH et la gélification du milieu avec des modifications structurales irréversibles. En outre, ces bactéries produisent des composés des composées carbonylés volatiles (l'acétaaldéhyde, le diacétyl, l'acétoine, l'acétate d'éthyle, l'acétoine)(Imhof et al, 1994 ;Ott et al, 1997) et des expolysaccharides (Cerning et al,1990) qui participent respectivement a l'élaboration de l'arome et de la texture des yaourts.

Lorsque le pH atteint une valeur comprise entre 4,3 et 4,7 un refroidissement en deux temps (rapide jusqu'à 25°C, puis plus lent jusqu'à 5°C) est appliqué afin de stopper la fermentation (Tamine et Robinson, 1985). Pour les yaourts brassés, le refroidissement est effectué par passage dans des échangeurs-refroidisseur à plaques, tubulaires ou même à surface raclée, car en tant le refroidissement serait trop lent et conduit à une sur acidification (Keilling et De Wilde, 1985).

#### II.5 Brassage pour le yaourt brassé

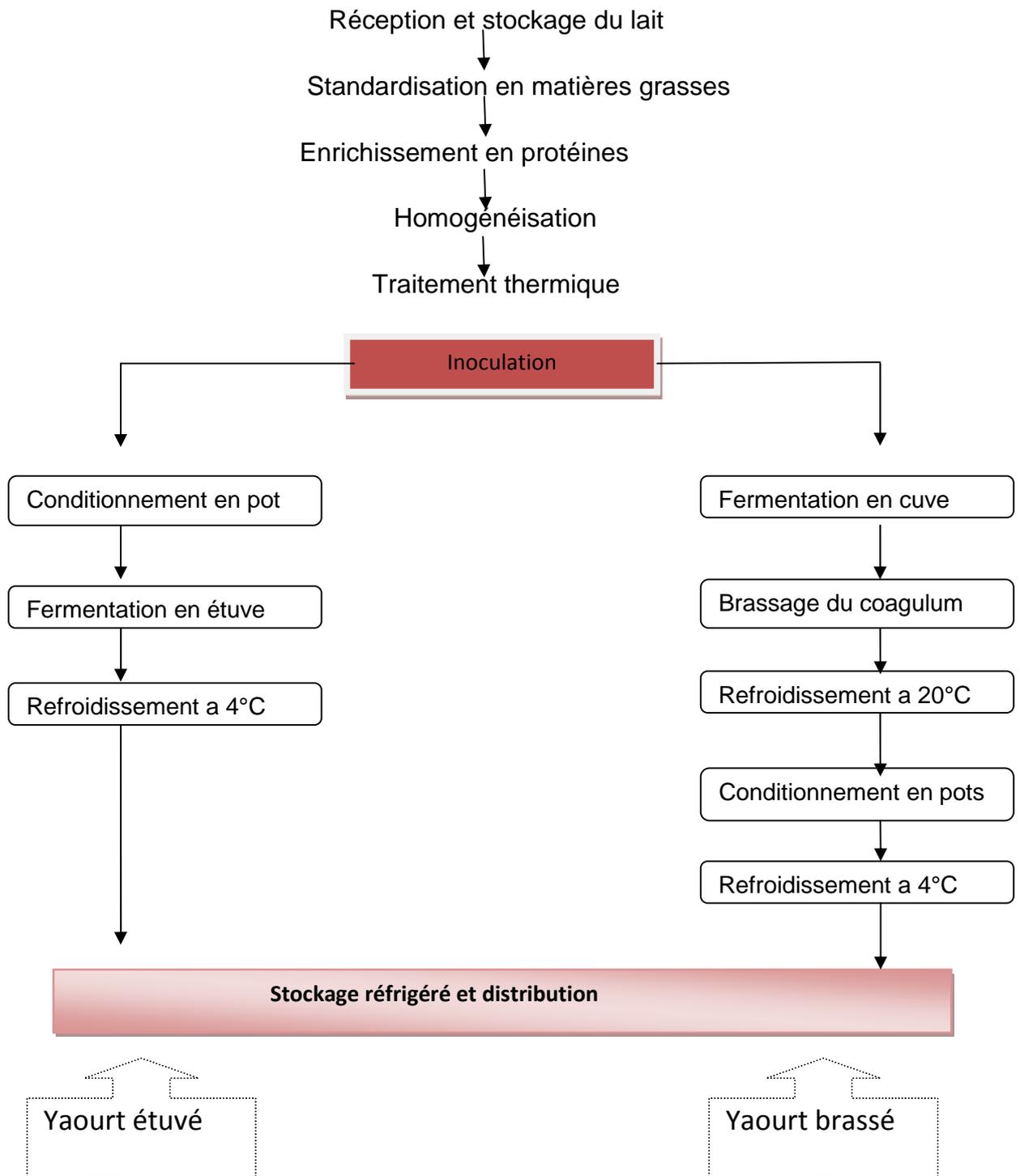
Dans les cas des yaourts brassés avant le refroidissement, on procédé à un brassage du caillé. Ce brassage confère au produit son onctuosité.il est réalisé soit par la technique de lamellation, le gel passe a travers un filtre ou tamis soit par agitation mécanique soit par homogénéisation à basse pression (inférieure à 50atmosphère). Le brassage normalement réduit synérèse, cependant si l'agitation est trop poussée et l'incorporation d'air est trop importante on a un risque de déstabilisation avec apparition d'une couche inférieure de sérum (Keilling et De Wilde, 1985).

## **II.6 Conditionnement et stockage**

Les yaourts sont généralement conditionnés dans deux types de matériaux d'emballage : le verre, réservé aux produits haut de gamme, ou le plastique. Le remplissage et le dosage des pots sont effectués par des pompes volumétriques, sous air filtré. Les pots sont fermés de façon hermétique par thermo-scclage, en utilisant des opercules décontaminés par rayonnement infrarouge.

Les pots sont ensuite imprimés d'une date limite de consommation et d'un code permettant d'assurer leur traçabilité. Les lots, de 2 à 16 pots, sont confectionnés grâce à une sur-emballeuse (Béal et Sodini ,2003). Après leur fabrication, les yaourts doivent être maintenus à une température maximale de + 6°C pendant leur transport, stockage ainsi que lors de la mise en vente au consommateur. (Arrêté algérienne, 1990).

Le procédé de fabrication du yaourt est résumé sur le diagramme suivant (figure 1):



**Figure 1** : Le diagramme général de fabrication des yaourts des lait fermentés (Béal et Sodini ,2003)

### III. Les bactéries spécifiques du yaourt :

#### III.1 *Streptococcus thermophilus*

Elles sont utilisées dans l'industrie laitière en tant que ferments dans la fabrication des produits laitiers tels que le yaourt (Chausson et al, 2002).

*Streptococcus thermophilus* une bactérie à gram positif, coccus sphérique à ovoïdes immobiles, en paires et des chaînes. La température optimale de croissance est de 40-45°C , cette bactérie croit rapidement dans le lait donnant un coagulum ferme, sans gaz, elle dégrade le lactose par une B-galactosidase en produisant de l'acide lactique sous forme d'isomère(+) (Larpen, 1991).

Ces bactéries des micro-organismes thermophiles formant des colonies lenticulaires de 1 à 2mm de diamètre, leur aspect microscopique montre des cellules sphériques ou ovoïdes « cocci » 0,7-0,9µm de diamètre par paire ou en chaîne longues (JORA n° 26 daté septembre 2004). voir figure 2

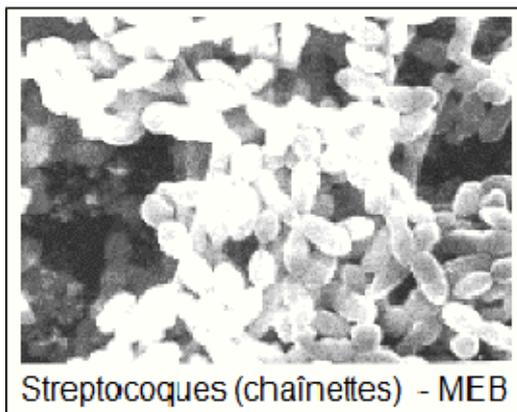


Figure 2 : *Streptococcus thermophilus* en chaînettes

#### III.2 *Lactobacillus bulgaricus*

Ce sont des bâtonnets Gram positif fins, incurvés en paire ou en chaîne, elles produisent jusqu'à 18g/l d'acide lactique au cours de la fermentation du lactose sous forme d'isomère D(-) (Larpen, 1991 ; Guiraud ,1998). Ce sont des thermophiles qui se développent à 45°C mais pas à 15°C (Guiraud, 1998).

Ces micro-organismes forment des colonies lenticulaires souvent en forme d'étoile de 1 à 3 mm de diamètre sur milieu acidifié MRS, leur aspect microscopique révèle

des bâtonnets généralement court mais quelque fois de forme allongé, non sporulé, non mobile, catalase négatif (JORA n° 26 daté septembre 2004).voir figure 2

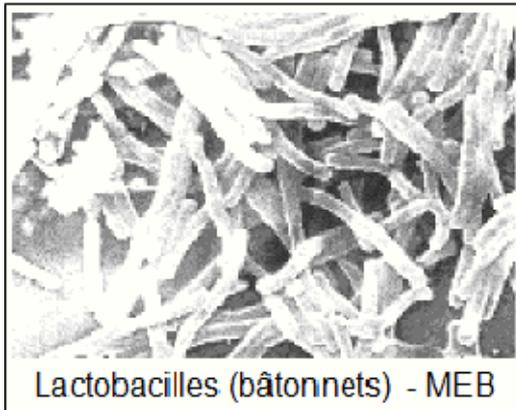


Figure 3: *Lactobacillus bulgaricus* en bâtonnets

### III.3 Les interactions métaboliques entre les deux espèces microbiennes :

Les deux espèces microbiennes vivent en symbiose et il existe une synergie entre elles qui porte sur une stimulation mutuelle concernant principalement la croissance, l'acidification et la production des composés aromatiques (Driessen, 1981).

Elles vivent en symbiose : les *Lactobacillus bulgaricus* libère ainsi des acides aminés à partir de la caséine qui seront alors utilisés par les *Streptococcus thermophilus* qui libérera à son tour des acides aminés nécessaires aux croissances des *Lactobacillus bulgaricus* (Frédot, 2005).

Plus précisément, *Lactobacillus bulgaricus* présente une activité protéolytique plus élevée que *Streptococcus thermophilus* qui lui permet de libérer des acides aminés comme la valine, glycine, leucine, isoleucine, méthionine et des dipeptides qui stimulent la croissance de *Streptococcus thermophilus* (Courtin et al., 2004). Cette forte activité protéolytique fait intervenir la protéase de paroi de *Lactobacillus bulgaricus* qui permet de fournir aux streptocoques les composés azotés nécessaires à leur croissance (Courtin et al., 2002).

*S. thermophilus* stimule la croissance de *L. bulgaricus* par la production de certains métabolites comme l'acide formique, le  $\text{CO}_2$ , l'acide pyruvique et l'acide formique (voir la Figure 4).

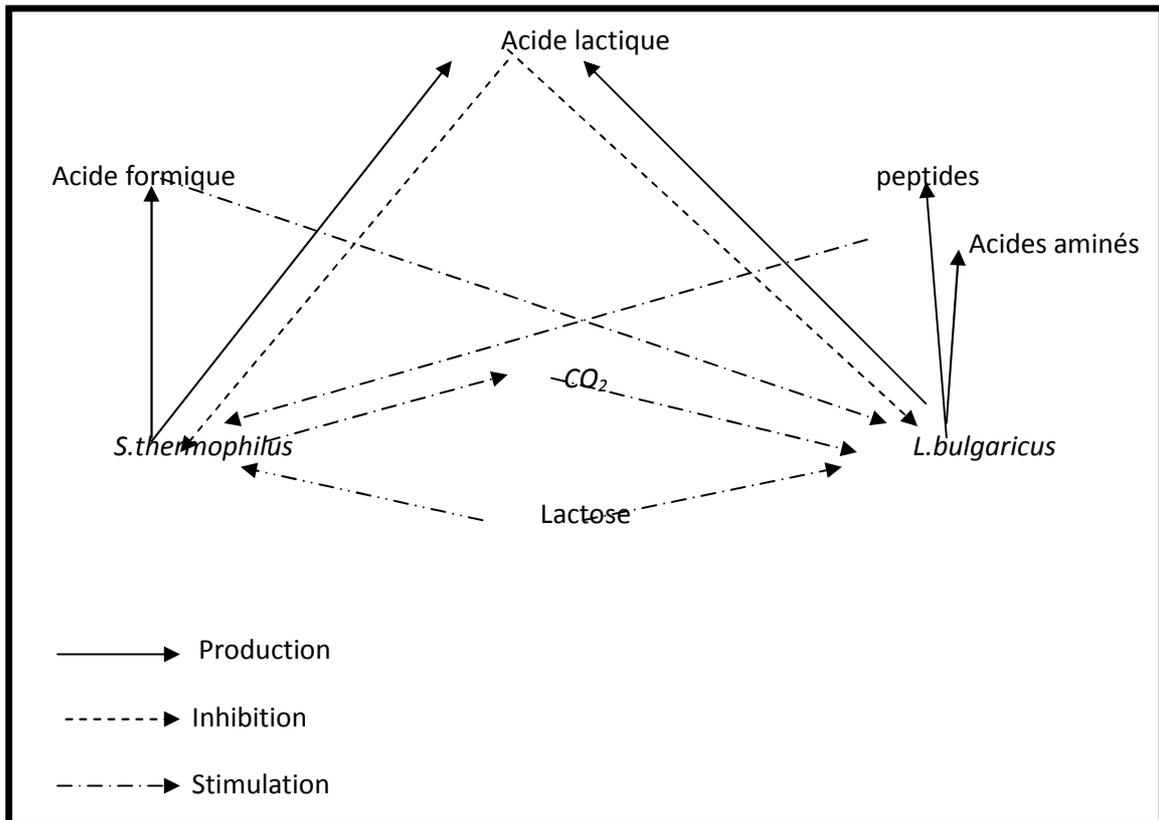


Figure 4:schéma des interactions métaboliques de *streptococcus thermophilus* et *lactobacillus bulgaricus* en culture mixte dans le lait (Mahaut et al, 2000).

**IV. Défauts de fabrication :**

Les défauts de fabrication sont présents dans le tableau 4 suivant

Tableau 4 : les défauts de fabrication

Défaut	Nature	Origine
Goût	Amertume	-Une très longue conservation -Une activité protéolytique forte des ferments. -une contamination par des Germes protéolytiques.
	Levuré ; fruité et alcoolé	Contamination par des levures.
	Gout moisi	-contamination par des moisissures -Fruits de mauvaise qualité pour les yaourts aux fruits.
	Goût plat ; absence d'aromes	-Mauvaise activité des levains (déséquilibre de la flore de Streptococcus ; incubation très courte ou à basse température). -Matière sèche trop faible.

	Manque d'acidité	-Mauvaise activité des levains (taux d'ensemencement trop faible; incubation courte ; ou à très courte ou à basse température).
	Acidité trop élevée	-Mauvaise conduite de la fermentation (taux d'ensemencement fort. incubation longue, ou à température élevée).  -Refroidissement pas assez poussé, trop lent.  -Conservation à haute température.
	Rancidité	-Contamination par des germes lipolytiques et traitement thermique faible.
	Goût farineux ; de poudre	-Poudrage très important.
	Goût oxydé	-Mauvaise protection contre la lumière (pots en verre surtout).  -Présence des métaux (Fer, Cuivre).
	Goût cuit de brûlure	-Traitement thermique sévère.
	Goût gras	-Teneur en matière grasse trop élevée.
	Décantation, synérèse	-Sur acidification en post-acidification (mauvaise conduite de

Apparence		<p>la fermentation.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Température élevé pendant le stockage (conservation longue).</li> <li>-Refroidissement faible.</li> <li>-Agitation et admission exagérée d'air (pou les yaourts brasées) utilisation de pompe centrifuges.</li> <li>-Mauvaise adjonction de fruits ou de pulpes de fruits-Agitation des yaourts (yaourt ferme), teneur en Matière sèche faible.</li> </ul>
	Production de gaz	-Contamination par les levures ou les coliformes.
	Couche en surface	-Contamination par des levures ou des moisissures.
	Couche en crème	-Mauvaise ou absence d'homogénéisation.
	Produit sur les couvercles	-Mauvaise de manutention.
	Produit non homogénéisé	-Mauvaise agitation (dans le cas de yaourt aux fruits).
	Décallotage	-Agitation ou vibration pondant le transport faisant suite à un refroidissement mal conduit en chambre froide.

Texture	Trop filant	-Mauvaise fermentation (trop filant) -Température d'incubation faible
	Manque de fermenté	-Taux de levain faible, mauvaise incubation -Agitation avant la coagulation complète. -Matière sèche trop faible.
Texture	Trop liquide (yaourt brassé)	-Brassage violent. -Mauvaise incubation - Matière sèche très faible -Fruits ou arômes pas assez concentré.
	Texture sableuse	-Chauffage du lait important. -Homogénéisation à température élevée –Poudrage fort. -Mauvaise brassage -Acidification irrégulière et trop faible.
	Texture granuleuse	-Mauvais brassages. -Teneur en matière grasse élevée. -Mauvais choix de ferment.

(Luquet, 1985)

## I-lieu de stage

Notre travail a été réalisé durant une période de 3 mois, du mois de Mars au mois Mai 2013 au niveau du :

- Laboratoire de qualité de laiterie de TREFLE
- Meunerie AMOUR (MOUZAIA)
- Laboratoire physico-chimique de L'ITELV de BABA ALI

Le travail a été réalisé au niveau du laboratoire central de l'Institut Technique D'élevage (ITELV) de **Baba Ali (la wilaya d'Alger)** où nous avons réalisé les analyses concernant le germe de blé et au niveau de laboratoire de l'unité de la laiterie de trèfle pour la formulation du yaourt avec le germe de blé et effectuer des analyses physiques et chimiques et microbiologiques de produit fini et dans la meunerie de AMOUR pour la récupération de germe de blé

Le travail a duré une période de 3 mois allant de Mars jusqu'au Mai de l'année 2013

## II.Objectif

Le but de notre travail est une élaboration et une étude de la qualité physicochimique, microbiologiques et organoleptiques d'un yaourt avec germe de blé tendre. Ce travail vise à réaliser une formulation d'un nouveau produit qui est le yaourt avec le germe de blé tendre, montrant ainsi les bienfait du germe de blé dans les différents domaines d'utilisations et ses multiples effets thérapeutiques, pour diversifier la gamme des yaourt .

Valorisation d'un sous-produit d'une industrie agro alimentaire pour élargir le spectre d'utilisation du germe de blé tendre.

## III-Matériel

Le matériel utilisé dans notre étude est constitué par :

### III-1. Matériel biologique

La matière première constitué par : la poudre du lait, l'eau de procès, le germe de blé tendre, et la masse blanche.

### **III.2. Matériel non biologique**

Représente l'appareillage, la verrerie, les milieux de culture, et les solutions (voir l'annexe).

## **IV. Méthodes**

### **IV.1 Le germe de blé tendre**

#### **IV.1.1 Choix de la variété**

L'étude a porté sur une variété de céréales locales, de blé tendre qui nous a été fournie par meunerie d'AMOUR Mouzaia.

Cette variété a été cultivée en milieu producteur récoltée lors de la campagne 2011-2012, le choix s'est porté sur une céréale n'ayant pas subi de traitement chimique, et stockées dans de bonnes conditions (HR et T°).

#### **IV.1.2 Obtention du germe de blé**

##### **IV.1.2.1 Echantillonnage**

Prélèvement d'environ 20Kg de blé tendre et effectuée manuellement en godet à l'ouverture des portes du camion lors de l'écoulement des grains.

##### **IV.2.1.2 Recherche des impuretés (Norme NF V03-706)**

Le principe de la détermination des impuretés d'un lot de blé comprend trois étapes principales :

- le tamisage de l'échantillon pour extraire les grains cassés et les petits grains ;
- le triage manuel de toutes les autres impuretés après examen visuel de l'échantillon
- la pesée des différentes catégories d'impuretés

Les impuretés indésirables qui peuvent exister dans le blé doivent être éliminées, car elles déprécient la qualité du produit fini.

##### **IV.1.2.3 Nettoyage**

Le nettoyage de l'échantillon a été fait manuellement à l'aide de cribles appropriés pour éliminer les poussières, les gros et fins déchets. Tous les grains suspects ont été éliminés pour éviter de contaminer le germe.

#### **IV.1.2 .4 Conditionnement**

Le conditionnement a pour but d'amener, dans nos conditions expérimentales, l'échantillon dans des conditions optimales d'humidité et de dureté dans le but de faciliter la mouture, augmenter le rendement et pouvoir séparer l'amande de l'enveloppe .L'humidité à atteindre est généralement de 16% pour la majorité des céréales (Hoseney ,1986).

Nous avons procédé à une simple humidification du blé avant la mouture pour ramollir les enveloppes (Kiger, 1967).

#### **IV.1.2.5 Mouture expérimentale**

L'extraction du germe de blé est une opération très délicate, car il a la même forme et la même densité que les débris d'enveloppe du grain(les sons).

Pour l'isoler, il faut donc procéder à des opérations supplémentaires.

En terme de meunerie ; il faut faire un passage supplémentaire ; c'est-à-dire aplatir le mélange germes et sons. Les germes s'aplatissent plus que les sons ; on peut donc ensuite les séparer par tamisage. Tout l'art de meunerie réside dans la possibilité d'isoler le germe le plus pur ; sans trop l'aplatir afin d'éviter de chasser l'huile riche en vitamine, qu'il contient. Ce travail est très délicat et les rendements sont très faibles.

Après le nettoyage et le conditionnement, les grains de blé tendre, passent par les cylindres cannelés des broyeurs ou ils seront fragmentés en particules plus ou moins grosses. Les grosses et moyennes particules du grain contenant le germe et provenant des trois premiers broyeurs (B1, B2, B3) passent par le séchage pour être par la suite envoyés vers les sasseurs pour être envoyés à nouveau vers les claqueurs afin de subir un aplatissement par les cylindres lisses. Puis enfin, vers le claqueur R3 ou il atteint la limite maximale d'aplatissement pour constituer un refus par des tamis d'ouverture des mailles 1250 micromètre.

Le germe se présente sous formes de plaquettes écrasées minces de formes plus ou moins arrondies avec une odeur caractéristique, une saveur sucrée, grasse et une teinte jaunâtre. (Figure 07)



Figure 07 : photo originale (2013) du germe de blé tendre

#### **IV.1.2.6 Conservation**

Juste après la mouture le germe de blé tendre est conservé dans un sac Kraft à une température de + 4°C pour permettre sa bonne conservation.

#### **IV.1.2.7 Prélèvement de l'échantillon**

Le prélèvement de germe de blé se fait par une louche stérile dans le laboratoire.

L'échantillon est placé dans un récipient stérile et destiné à subir les différents examens physico-chimiques et microbiologiques.

#### **IV.1.2.8 Traitement thermique**

Le jour de la fabrication nous avons effectué un traitement thermique par une pasteurisation à cœur appliqué sur le germe dans le but de garantir la qualité hygiénique et microbiologique.

Nous avons réalisé cette opération dans le laboratoire de contrôle qualité de l'unité « TREFLE ». Dans un bain marie et deux paramètres sont mis en évidence : le temps et la température (pasteurisation à 75°C pendant 15 minutes).

### **IV.2. Le produit fini (masse blanche et le germe de blé tendre)**

#### **IV.2.1. Le yaourt (la masse blanche)**

C'est un produit semi fini .Elle nous a été fournie par l'unité de Trèfle(Blida), le choix s'est porté sur le yaourt nature brassé. Il se justifie par sa facilité lors de l'homogénéisation et l'absence des additifs alimentaires.

#### **IV.2.2 Le taux d'incorporation du germe de blé dans le yaourt:**

Nous avons réalisé à l'incorporation de germe de blé dans le yaourt à différents pourcentage (1,5%, 1%, 0,5%).

##### **IV.2.2.1 Formulation :**

Le yaourt est constitué de masse blanche et de germe de blé contenus dans un pot de 100g. (Flacons stériles) pour une très bonne homogénéisation

**IV.2.2.2 La composition du yaourt enrichi en germe de blé :**

- poudre de lait 70g/L (26% MG)
- l'eau traitée : 77 ml/L
- sucre 94g/L
- Ferments lactiques : 0,1g/l.
- Amidon 26g/l
- germe de blé 5g/L, 10g/L, 15g/L (tableau 12)

**Tableau 12:** la composition du yaourt enrichis à différentes doses de germe de blé :

ingrédients	Témoin	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Poudre de lait(26%MG)	70g/L	65g/L	60g/L	55g/L
Eau traitée	77 ml/L	77 ml/L	77 ml/L	77 ml/L
Sucre	94g/L	94g/L	94g/L	94g/L
Ferments lactiques	0,1g/l	0,1g/l	0,1g/l	0,1g/l
Amidon	26g/l	26g/l	26g/l	26g/l
Germe de blé tendre	0g	5g/L	10g/L	15g/L

**IV.2.3 Méthodes d'analyse :****IV.2.3.1 Analyses physicochimiques :**

Le contrôle physicochimique a une grande importance, car il offre souvent la possibilité d'évaluer la stabilité du produit durant la conservation.

Les analyses physicochimiques réalisées au niveau du laboratoire de l'unité Trèfle ont été portées sur la matière première et le produit fini.

**IV.2.3.1.1 Matières premières :****IV.2.3.1.1 Analyses physiques et chimiques de germe de blé :****IV.2.3.1.1.1. Détermination de l'humidité****➤ Principe**

L'humidité est déterminée sur une partie de 5 g d'échantillon étalée dans une capsule en Porcelaine puis séchée dans une étuve, à pression atmosphérique, à une température de 130 et 133°C,

**➤ Mode opératoire**

- Sécher des capsules vides à l'étuve durant pendant 1h30 à pression atmosphérique. à une température comprise entre 130 et 133°C
- Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur
- Peser dans chaque capsule 10 g d'échantillon de germe de blé à une précision de
- $\pm 0,001$  g, et les placer dans l'étuve réglée pendant une heure et demi à 130 et 133°C
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur, et après refroidissement les peser. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 mn) (Audigie et al, 1978).

**➤ Expression des résultats :**

$$H\% = \frac{M_i - M_f}{P} \times 100$$

**H%** : Teneur en eau ou humidité.

**M<sub>i</sub>** : Masse initiale « avant dessiccation » « Matière fraîche + capsule ».

**M<sub>f</sub>** : Masse finale « après dessiccation » « Matière sèche+ capsule ».

**P** : Masse de la prise d'essai.

La teneur en matière sèche est calculée selon la relation suivante :

$$\text{Matière sèche}\% = 100\% - \% \text{Humidité}$$

#### IV.2.3.1.1.2. Détermination de la teneur en cendres: (Norme AFNOR NF V 03-720,1981)

La connaissance de la teneur en matières minérales (ou teneur en cendres) permet aux meuniers de régler leurs moulins et de déterminer les taux d'extraction des farines. Elle est utilisée pour déterminer le degré de pureté réglementaire des farines. Il est préconisé d'utiliser la méthode par incinération à 900°C pour les céréales et leurs produits de mouture destinés à l'alimentation humaine.

##### ❖ Principe :

Le principe repose sur l'incinération du produit dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C (céréales et produits de mouture) jusqu'à combustion complète de la matière organique durant 1h15 min à 2 heures. La teneur en cendres est déterminés par la pesée du résidu et les résultats sont exprimés à 0,01% près et rapportés à la matière sèche.

$$\text{Teneur en cendre (\%)} = m_1 \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{100-H}$$

Où:

$m_0$  : masse de la prise d'essai (en gramme)

$m_1$ : masse du résidu (en gramme)

H : teneur en eau de l'échantillon (en pour-cent)

#### IV.2.3.1.1.3. Détermination de la teneur en matière grasse: (Norme NF V 03-713, 1980)

Le principe consiste à extraire les lipides libres par un solvant organique apolaire tel que l'hexane à la température du laboratoire pendant une durée de 3 heures dans un Soxhlet. L'épuisement de l'échantillon est terminé au bout de trois heures et le solvant contenu dans le ballon préalablement taré est distillé à l'aide d'un évaporateur rotatif sous vide. La différence du poids constitue la matière grasse.

La teneur en matières grasses totales, exprimée en masse du produit tel quel est égale à :

$$S = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100$$

Où :

$m_0$  : est la masse, en grammes, de la prise d'essai

$m_1$ : est la masse, en grammes, du ballon

$m_2$ : est la masse, en grammes, du ballon et du résidu

#### IV.2.3.1.1.4.Détermination de la teneur en protéines: (Norme NF V G3-050, 1970)

Les teneurs en azotes total des échantillons étudiés sont déterminées selon la méthode de KJELDAHL, la teneur en protéines se calcule à partir de la teneur en azote total multiplié par le coefficient 5,7 pour le germe de blé.

##### ➤ Principe :

Les composants organiques de l'azote chauffés dans l'acide sulfurique concentré en présence de catalyseur de minéralisation sont décomposés et transformés en sulfates d'ammonium.

Les réactions suivantes résument les principales étapes de cette méthode :

N organique----- S04 (NH4)

L'ammoniac est ensuite déplacé de son sel par la soude, et il

$SO_4 (NH_4) + 2 NaOH$ ----- $SO_4 NH_3 + 2H_2 O$

Est entraîné par la vapeur d'eau recueillie dans une solution d'acide borique. puis titré par une solution d'acide sulfurique

$2 NH_3 + H_2SO_4$  -----  $SO_4 (NH_4)_2$

##### ➤ Expression des résultats :

La teneur en azote exprimée en pourcentage en masse est donnée par la formule suivante :

Teneur en azote rapportée à la matière sèche :

$$X = (0,0014 \times V \times 100/m) \times (100/100-H)$$

Où:

V : volume en ml, de la solution d'acide, verse à la burette lors du titrage.

m : masse en gramme, de la prise d'essai

H : teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse de l'échantillon pour essai.

1 ml d'Hg SO<sub>4</sub>, 0, 1 N correspond à 0,0014g d'azote.

#### **IV.2.3.1.1.5.Détermination de la teneur de la cellulose brute : (Norme NF V O3-040, 1977) Méthode de WEENBE (1953)**

L'échantillon est soumis à deux hydrolyses (30min chacune) en milieu acide et alcalin. Après neutralisation, le résidu insoluble est lavé, séché à poids constant à 105°C. Le produit obtenu est incinéré dans un four à moufle à 600°C et pesé.

La différence entre les deux pesées représente la matière cellulosique brute

#### **IV.2.3.1.2 Analyses effectuées sur l'eau de process**

##### **IV.2.3.1.2.1. Détermination du pH (AFNOR, 1986)**

###### **❖ Mode opératoire**

On fait plonger les deux sondes du pH-mètre dans notre produit, et lire directement la valeur indiquée par l'appareil du pH-mètre.

##### **IV.2.3.1.2.2.Détermination du Titre Alcalimétrique (TA) et Titre Alcalimétrique Complet**

###### **1. Titre alcalimétrique :**

###### **❖ But:**

Le titre alcalimétrique ou TA permet de connaître la teneur de l'eau à analyser en Hydroxydes et seulement la moitié de la teneur en carbonates et un tiers des phosphates présents.

###### **❖ Mode opératoire :**

Dans un bêcher, on met 50ml d'eau à analyser puis 1 à 2 gouttes de phénophtaléine comme indicateur coloré. Une coloration rose doit se développer si la réaction est positive. Dans le cas contraire le TA est nul.

Dans le cas où la réaction est positive on verse doucement l'acide sulfurique (0,1mol/l) dans un bêcher à l'aide d'une burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution.

❖ **Expression des résultats :**

$$TA = V$$

Où :

**TA** : Titre alcalimétrique en °F.

**V** : Volume d'acide sulfurique en ml pour obtenir le virage.

1°F correspond à 10mg de carbonate de calcium ou 0,2mEq/l.

**2-Titre alcalimétrique complet ou TAC :**

❖ **But:**

Le titre alcalimétrique complet (TAC) permet de connaître la teneur totale en hydroxydes, carbonates, hydrogénocarbonates alcalino-terreux.

❖ **Mode opératoire :**

On utilise l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration auquel on ajoute 2 gouttes de solution de méthyle orange et on titre de nouveau avec la même solution acide jusqu'au virage du jaune au jaune orange

❖ **Expression des résultats:**

Le résultat du TAC est donné par lecture directe sur la burette du volume de l'acide sulfurique utilisé pour le titrage.

$$TAC = V$$

Où :

**TAC** : titre alcalimétrique complet en °F.

**V** : volume de l'acide sulfurique en ml versé depuis le début du dosage.

**IV.2.3.1.2.3.Détermination du titre hydrométrique ou TH de l'eau :**

Cette méthode permet de doser rapidement les trois ions de calcium et de magnésium.

❖ **But :**

Le titre **TH** représente la dureté totale de l'eau exprimée par la présence des sels de calcium et de magnésium.

**❖ Principe :**

C'est une méthode qui consiste à doser un volume d'eau avec le sel disodique d'acide éthylène diamine tétra acétique (**EDTA**), en présence d'indicateur coloré : le Noir Ericochrome T (**NET**), à 0,5% et la solution tampon ammoniacal.

**❖ Mode opératoire :**

On prend 50ml d'eau auxquels on ajoute 5ml de solution tampon ammoniacal et quelques gouttes de l'indicateur coloré **NET** ; le mélange est titré par la solution **EDTA**

(0,01N) jusqu'à virage de la couleur du violet au bleu.

**❖ Expression des résultats :**

$$TH = V \times 2$$

Où :

**TH** : titre hydrométrique en °F.

**V** : volume de la solution **EDTA** utilisé pour titrage en ml.

**IV.2.3.1.2.4. Dosage de chlorure (Cl<sup>-</sup>) (Manuel trèfle, 2005)****❖ Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium.

Le résultat est indiqué par l'apparition d'une couleur rouge caractéristique du chromate d'argent.

**❖ Mode opératoire**

- Prélever 100 ml d'eau dans un bécher.
- Ajouter 4 à 5 gouttes de chromate de potassium (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) : coloration jaune.
- Titrer la solution avec nitrate d'argent à (0,1N) jusqu'au virage du jaune au rouge brique.

**❖ Expression des résultats**

La concentration en ions chlorés est donnée par les formules suivantes :

$$Cl^- (\text{mg} / \text{L}) = (V - 0,9) \times 35,5$$

V : volume d'AgNO<sub>3</sub> (0,1N) sert au titrage.

0,9 : volume d'AgNO<sub>3</sub> (0,1N) nécessaire pour l'obtention de la même teinte rouge dans un essai à blanc avec 100 ml d'eau distillée.

35,5 : masse moléculaire du chlore.

#### **IV.2.3.1.2.5. Dosage de chlore libre (Cl<sub>2</sub>) (Méthode par comparateur palintest)**

(Manuel trèfle, 2005)

##### **❖ Principe**

Le comparateur palintest fonctionne avec des disques colorés interchangeable, Il sert à comparer la couleur obtenue dans le test avec des cellules (couleurs) du disque coloré.

##### **❖ Mode opératoire**

- Remplir l'échantillon dans un tube de 10ml puis ajouter la pastille DPD.
- Placer le tube traité sur le coté droit du compartiment au dos du comparateur.
- Placer un deuxième tube ne contenant que l'échantillon à analyser sur le coté gauche à fin de tenir compte de la couleur éventuelle de l'échantillon.
- Positionner face à une source de lumière blanche, et faire tourner le disque jusqu'à l'obtention de deux couleurs identiques.

##### **❖ Expression des résultats**

Le résultat apparait directement dans le trou sur le devant du boitier.

#### **IV.2.3.1.3. Analyses effectuées sur La poudre de lait**

##### **IV.2.3.1.3.1. Détermination de l'acidité titrable (AFNOR, 1969)**

##### **❖ Principe**

Il consiste à titrer l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur limitant la neutralisation par changement de couleur.

##### **❖ Mode opératoire**

- A l'aide d'une pipette de 10 ml on prélève 10 ml de l'échantillon à analyser (dans le cas de la poudre de lait, on dilue 2g de poudre dans 20 ml d'eau distillée).
- On ajoute deux gouttes de phénolphtaléine.
- Puis on titre avec la soude (N /9) jusqu' au virage au rose qui persiste environ 10 secondes.

### ❖ Expression des résultats

L'acidité (A) est exprimée en degré Dornic elle est donnée par la relation suivante

$$A = 10.V$$

V : volume en ml de la solution sodique utilisé pour le titrage.

10 ml: la prise d'essai.

#### IV.2.3.1.3.2.Détermination de l'extrait sec total (AFNOR, 1970)

##### ❖ Principe

Il repose sur la dessiccation par évaporation de l'eau que contient l'échantillon à analyser sous l'effet d'une source de chaleur qui est la lumière de l'infrarouge.

##### ❖ Mode opératoire

La teneur en extrait sec total est déterminée par une méthode simple, rapide donnant des valeurs approximatives et répondant aux exigences de l'unité par la remise des résultats en espace de quelques minutes.

Elle répond au mode opératoire suivant :

- Peser 2 g du produit à analyser dans une coupelle en aluminium (ou inox).
- Puis étaler le à l'aide d'une spatule sur toute la surface de la coupelle, en faisant attention à ne pas toucher les bords.
- Mettre le tout dans un dessiccateur électronique afin d'absorber l'humidité et attendre 10 mn.

##### ❖ Expression du résultat

Après 10 mn, le résultat s'affiche directement sur l'écran de l'appareil en pourcentage massique de matière sèche par rapport au totale

#### IV.2.3.1.3.3.Détermination de la matière grasse (AFNOR, 1975)

##### ❖ Principe

La détermination du taux de la matière grasse se fait selon la méthode de Gerber basée sur l'utilisation de l'acide sulfurique pour la dissolution des protéines et l'addition d'alcool iso-amylique pour la séparation de la matière grasse.

**❖ Mode opératoire**

Dans le butyromètre on introduit :

- 10 ml de l'acide sulfurique.
- 10 ml d'eau distillée.
- 2,5 ml de la poudre de lait.
- 1 ml d'alcool iso-amylque.
- Fermer le butyromètre avec un bouchon propre et sec.
- Tourner le, 3 à 4 fois en position verticale, jusqu'à la dissolution des éléments de l'échantillon et enfin centrifuger à 1200 tours/mn pendant 10 à 15 mn à température de 55°C.

**❖ Expression du résultat**

La teneur en matière grasse du produit exprimé en pourcentage massique est déterminée par l'expression suivante :

$$\text{MG \%} = n_1 - n_2$$

- ❖ MG : Matière grasse en %.
- $n_1$  : Valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne grasse en %.
- $n_2$  : Valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse en %.

**IV.2.3.1.3.4. Détermination du taux d'humidité (AFNOR, 1975)****❖ Mode opératoire**

Elle se fait suite au calcul de l'EST dans un dessiccateur, suivant le mode opératoire précédemment décrit et est exprimée en pourcentage de masse et donnée par la formule suivante :

$$\text{H\%} = 100\% - \text{EST}$$

H% : teneur en eau en%.

EST : extrait sec total.

#### **IV.2.3.1.4. Analyses effectuées sur le sucre**

##### **IV.2.3.1.4.1. Détermination du taux d'humidité (AFNOR, 1975)**

Elle se fait par la même méthode que celle de la poudre de lait.

##### **IV.2.3.1.4.2. Détermination de l'extrait sec total (AFNOR, 1970)**

Elle se fait par la même méthode que celle de la poudre de lait.

#### **IV.2.3.1.5. Le produit finis et la masse blanche**

##### **IV.2.3.1.5.1. Détermination de pH**

Ces analyses se font de la même manière que celle de l'eau.

##### **IV.2.3.1.5.2. Détermination de l'acidité titrable**

Elle se fait par la même méthode que celle de la poudre de lait

##### **IV.2.3.1.5.3. Détermination de l'extrait sec total**

Elle se fait par la même méthode que celle de la poudre de lait

##### **IV.2.3.1.5.4. Détermination de la matière grasse (AFNOR, 1975)**

###### **❖ Principe**

La détermination du taux de la matière grasse se fait selon la méthode de Gerber basée sur l'utilisation de l'acide sulfurique pour la dissolution des protéines et l'addition d'alcool iso-amylque pour la séparation de la matière grasse.

###### **❖ Mode opératoire**

- Introduire 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre à l'aide d'un doseur, sans mouiller le col avec l'acide.
- Peser 20g de produit à analyser à l'aide d'une balance analytique, puis ajouter 20mL de l'eau distillée et mélanger bien.
- Ajouter 11ml du produit dilué au long des parois du butyromètre pour éviter la brulure du produit.
- Verser doucement à la surface 1mL d'alcool iso-amylque.
- boucher avec soin, puis secouer d'abord horizontalement le butyromètre initialement maintenu dans une position verticale.
- Secouer le butyromètre à plusieurs reprises afin de rendre le liquide homogène.

- Maintenir le butyromètre (lorsque le lait est complètement dissout) de façon que le bouchon vers le haut et attendre que le mélange est entièrement rempli l'ampoule terminale.
- Mettre le butyromètre dans une centrifugeuse réglée à 1200 tours/mn pendant 10 mn à température de 55°C.
- Retirer le butyromètre de la centrifugeuse et ajuster le bouchon si nécessaire pour ramener la colonne de la matière grasse dans la partie graduée.

#### ❖ Expression du résultat

La teneur en matière grasse du produit exprimé en pourcentage massique est déterminée par l'expression suivante :

Ou :

$$MG = n_1 - n_2$$

MG : Matière grasse en %.

$n_1$  : Valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne grasse en %.

$n_2$  : Valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse en %.

#### IV.2.3.2.les Analyse microbiologique

L'analyse microbiologique comportera la recherche et le dénombrement des Microorganismes contaminant le yaourt tels que : les coliformes totaux et fécaux, les Staphylococcus aureus, salmonelle, levures et moisissures (13)

Tableau 13 : Les analyses microbiologiques sur les matières premières et les produits finis

Tableau13 : Les analyses	Milieux	Poudre de lait	Eau de procédé	sucre	produit fini	Germe de blé
Germes Totaux	PCA	-	+	-	-	-
Coliformes totaux et fécaux	BCPL- VRBL	+	+	+	+	-
<i>Salmonelles</i>	SFB (Enrichissement)Hektoène	+	-	-	+	-
Clostridium sulfito-réducteur	VF	+	+	+	+	+

Germes aérobies - mésophiles	PCA	-	+	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	Giolitti Cantonii, Chapman	+	-	+	+	-
<i>Streptocoques fécaux</i>	Rothe + milieu Eva-Litsky	-	+	-	-	-
Levure et moisissure	OGA	+	-	+	+	+

(+) les analyses effectuer

(-) les analyses non effectuer

#### IV.2.3.2.1 matières premières

**IV.2.3.2.1.1. Préparation des dilutions décimales et solution mère :** ( JORA n° 26 daté septembre 2004)

##### **-Solution mère :**

Introduire aseptiquement 25g de produit à analyser dans un flacon stérile contenant au préalable 225ml de diluant (TSE), homogénéiser pendant 6 à 8 minutes pour obtenir la dilution mère correspondant à la dilution  $10^{-1}$  (1/10).

##### **-Dilution décimale :**

Il est impératif d'effectuer des dilutions décimales à fin d'éviter de surestimer le nombre de germes pouvant être présents dans les échantillons :

Il est à noter que les échantillons de germe de blé tendre sur les quelles les analyses microbiologiques ont porté, n'ont pas subi un broyage, c'est-à-dire que chaque échantillon de germe a été mis tel quel en solution dans le diluant TSE (annexe 1).

On pèse alors, 25g de l'échantillon qu'on mélange à 225ml de diluant TSE dans un flacon stérile pour obtenir la solution mère de 250 ml, qui est la dilution ( $10^{-1}$ ). Le contenu du flacon est homogénéisé manuellement.

On nécessite pour la préparation des dilutions décimales trois tubes à essais dont chacun contient 9 ml de TSE.

Aseptiquement et à l'aide d'une pipette pasteur, on prélève 1 ml de la solution mère  $10^{-1}$  qu'on introduit dans le premier tube contenant le diluant TSE. On homogénéise

et on obtient la dilution ( $10^{-2}$ ) ; ensuite à partir de cette dilution, on prélève 1 ml qu'on introduit dans un deuxième tube, ceci nous donne la dilution ( $10^{-3}$ ). On effectue les analyses suivantes :

#### **IV.2.3.2.1.2. Les analyses microbiologiques de germe de blé tendre**

Le but du contrôle microbiologique vise à déceler les germes présents dans le germe du blé après le traitement thermique

Avant tout contrôle microbiologique, il est impératif de réunir toutes les conditions d'hygiène et nettoyer la paillasse et les outils d'analyses

##### **IV.2.3.2.1.2.1. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (Joffin, 1999)**

La microflore aérobie mésophile totale est l'ensemble des micro-organismes aptes à se multiplier à l'air et aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre 25° et 40°C.

On peut dire que le dénombrement de la flore totale reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique générale des aliments (Bourgeois, 1980).

#### **❖ Principe**

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles est réalisé sur gélose PCA par un ensemencement en masse, et comptage des colonies lenticulaires obtenus.

#### **❖ Mode opératoire**

- A partir des dilutions décimales allant de  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement 1 ml dans chacune des boîtes de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées, puis ajouter environ 15 ml de gélose PCA préalablement fondue et maintenue en surfusion.
- Faire ensuite des mouvements circulaires en forme de « 8 » et de va-et-vient, pour permettre le mélange de l'inoculum à la gélose utilisée, laisser les boîtes solidifier sur la paillasse environ 30 mn.
- Les boîtes sont incubées couvertes en bas de 30°C pendant 24 à 48 heures jusqu'à 72 heures.

#### **❖ Lecture**

A prés 24 h d'incubation, dénombrer les colonies lenticulaires en masses (blanchâtres).

❖ **Dénombrement**

La lecture s'effectue par comptage visuel.

Le dénombrement est effectué seulement sur les boites contenant entre 30 à 300 colonies et le résultat final est exprimé en UFC / g de produit analysé.

**IV.2.3.2.1.2.2. Recherche des clostridium sulfito-réducteurs** : (Norme AFNOR V08-019)

❖ **Principe**

La plupart des milieux de culture utilisés pour dénombrer les *clostridium perfringens* Utilisent leur propriété de sulfito-réduction. En effet, presque tous ces milieux contiennent des sulfites et des sels de fer, la réduction des sulfites génère le dégagement d'H<sub>2</sub>S qui réagit avec les sels de fer pour former un précipité de sulfure de fer, noir, insoluble, qui se dépose autour des colonies, et permet ainsi de les caractériser.

❖ **Mode opératoire :**

La figure (8) résume la technique de recherche des Clostridium sulfito-réducteurs dans les échantillons de germe.

❖ **Préparation du milieu :**

- Au moment de l'emploi faire fondre un flacon de gélose viande foie, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C puis ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium,

- Mélanger soigneusement et aseptiquement ;

- le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à + 45°C.

❖ **Ensemencement :**

Les tubes contenant les dilutions 10<sup>-1</sup> et 10<sup>-2</sup>, seront soumis, d'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes, puis à un refroidissement immédiat et brutal sous l'eau de robinet.

A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double, dans deux tubes à vis stériles, puis ajouter environ 15 ml de gélose viande foie prête à l'emploi, dans chaque tube. En fin, Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.

#### ❖ Incubation:

Les tubes ont été incubés à 37°C pendant 16, 24 ou au plus tard 48h.

#### ❖ Lecture :

La première lecture doit se faire immédiatement à 16 heures, car :

- d'une part, les colonies de *Clostridium* sulfito-réducteur sont envahissantes et on se trouve en face d'un tube complètement noir ce qui rend l'interprétation impossible et l'analyse à refaire.

- D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm.

Dans le cas où il n'y a pas de colonies caractéristiques, réincorporer les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24h voire 48h.

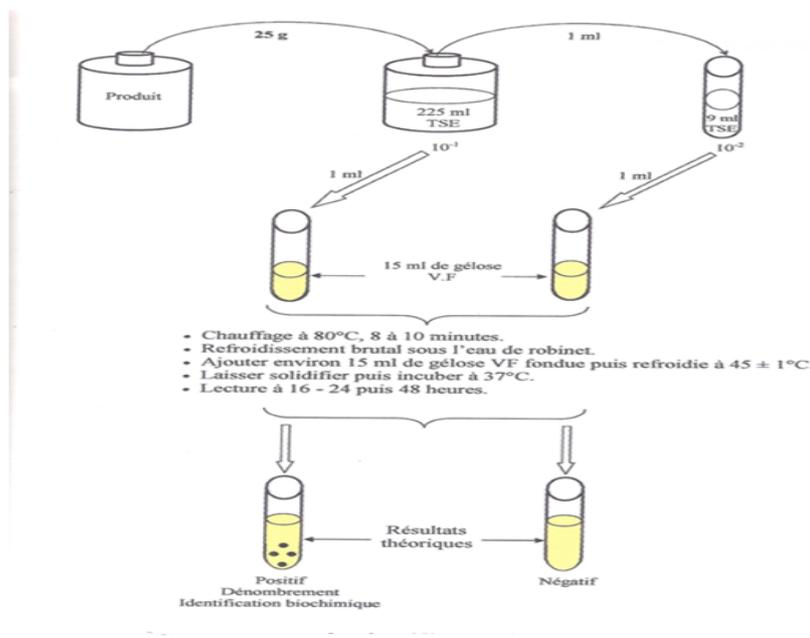


Figure8 : méthode de recherche de *clostrdiiums sulfito- réducteurs* dans les échantillons.

#### **IV.2.3.2.1.2.3. Recherche de la flore fongique (levures et moisissures)** (NA.758/1990)

##### **❖ Principe :**

Le principe repose sur l'emploi d'un milieu de culture solide rendu sélectif par acidification et par addition d'un antibiotique qui est l'oxytétracycline.

##### **❖ Mode opératoire :**

##### **> Ensemencement :**

A partir dilutions décimales préparées,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  porter aseptiquement 4 gouttes par dilution sur une boîte de pétri contenant le milieu O.G.A (gélose glucosée à l'oxytétracycline) préalablement solidifié, puis les étaler à l'aide d'un râteau stérile en commençant par la plus grande dilution.

##### **❖ Incubation :**

L'incubation de ces boîtes se fait à 22°C donc à température ambiante, couvercle en haut, pendant 5 jours.

##### **❖ Lecture :**

La première lecture doit se faire à partir de la 48<sup>ème</sup> h d'incubation.

Dénombrer les colonies de levures à part et les colonies de moisissures à part.

#### **IV.2.3.2.1.3.L'eau de process :**

##### **IV.2.3.2.1.3.1. Recherche des germes totaux : (NA8287)**

Les germes totaux sont des micro-organismes capables de se multiplier en aérobiose, à des températures optimales de croissances comprises entre 20°C et 40°C (Leyral et al, 2001).

##### **❖ Technique**

A partir des dilutions décimales allant de  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$  porter aseptiquement 1ml dans une boîte de Pétri vide, compléter en suite avec environ 15ml de Gélose « PCA » fondue puis refroidie à 45°C, faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme de « 8 » pour permettre l'inoculum de se mélanger à la Gélose. Les boîtes sont mises à la température ambiante pour solidification.

### ❖ Incubation

Les boîtes seront incubées, Dans le cas de l'eau, les boîtes sont incubées à 22°C et 37°C pendant 72h.

### ❖ Lecture

La lecture se fait par comptage des colonies lenticulaires, jaunes ou blanchâtres en masse compris entre 30 et 300. On multiplie le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.

Les résultats finals sont exprimés en gramme ou millilitre de produit analysé.

## IV.2.3.2.1.3.2. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux (ISO 9308/2, 1990)

### ❖ Principe

La recherche et le dénombrement des *Coliformes* dans l'eau, se font en milieu liquide sur BCPL (Bouillon Lactosé au pourpre de promocrésol) de couleur violet par la technique du NPP (Nombre le plus probable).

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs :

#### ➤ Le test de présomption

Réservé à la recherche des *coliformes* totaux.

#### ➤ Le test de confirmation

Appelé encore test de Mac Kenzie, réservé à la recherche des *coliformes* fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

### ❖ Mode opératoire

Selon Guiraud, 1998 et Rodier, 1996, la technique de recherche et dénombrement des *coliformes* totaux et fécaux dans l'eau est la suivante :

#### ➤ Le test de présomption

A partir de l'eau du process à analyser, porter aseptiquement :

- Un flacon contenant 50 ml de BCPL (D/C) + la cloche de Durham par 50 ml d'échantillon à analyser.
- 5 tubes contenant chacun 9 ml de BCPL (D/C) + la cloche de Durham par 10 ml d'échantillon à analyser.

- 5 tubes contenant chacun 9 ml de BCPL (S/C) + la cloche de Durham par 1 mL d'échantillon à analyser.

Homogénéiser et incuber les tubes dans une étuve à 37°C pendant 24 à 48h.

#### ❖ Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10<sup>ème</sup> du volume de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe.

#### ❖ Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche des *coliformes* thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les *coliformes* thermotolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les *coliformes* mais à 44°C.

*Escherichia coli* est un coliforme thermotolérant qui entre autre produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C.

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

Homogénéiser et incuber les tubes dans une étuve à 44°C pendant 24 à 48h.

#### ❖ Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux,
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli*

Après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en (Annexe III).

#### IV.2.3.2.1.3.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (ISO 7899/1,1990)

##### ❖ Principe

La technique de numération des *Streptocoques* est basée sur la succession d'un milieu sélectif présomptif (milieu Rothe) et d'un milieu sélectif de confirmation (milieu liquide de Litsky et au cristal violet).

##### ❖ Mode opératoire

D'après Rodier, 1996, cette recherche est réalisée en deux tests :

###### • Le test de présomption

L'ensemencement se fait par une série de tubes :

- 50 ml d'eau à analyser dans 50 ml de Rothe D/C.
- 5 tubes contenant 10 ml d'eau à analyser dans 10 ml de Rothe D/C.
- 5 tubes contenant chacun 1 ml d'eau à analyser additionnés à 9 ml de milieu Rothe S/C.
- Incuber à 37°C pendant 24 à 48h

##### ❖ Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien.

###### • Le test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des *Streptocoques fécaux* éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Eva Litsky ;

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait 37°C pendant 24h.

##### ❖ Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien,
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon ses prescriptions de la table du NPP (Annexe IV).

#### **IV.2.3.2.1.3.4. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfitoréducteurs**

(ISO 6461/1,1990)

##### **❖ Principe**

Les anaérobies sulfitoréducteur (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram positif, se développent en 24h jusqu'à 48 heures sur une gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{2+}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire.

##### **❖ Mode opératoire**

- A partir de l'eau du process à analyser prendre 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à l'échauffement à 80 °C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes :
- Après chauffage ; refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau du robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 mL par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose VF, fondue puis faire refroidir à 45°C.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures.

##### **❖ Lecture**

- La première lecture doit absolument être faite après 16 heures car, très souvent les colonies des ASR sont envahissantes, auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voir impossible.
- La deuxième lecture se fait après 24 heures.
- La dernière et la troisième après 48 heures.
- Dénombrer les colonies caractéristiques de couleur noire et de 5 mm de diamètre.

- Le résultat est exprimé en nombre de spores / 20 ml d'eau à analyser.

#### **IV.2.3.2.1.4. La poudre de lait, le sucre et le produit fini**

##### **IV.2.3.2.1.4.1. Préparation des dilutions et solution mère (J.O.R.A, 2004)**

###### **-Préparation de la solution mère**

- Introduire aseptiquement 25g de produit à analyser à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile dans un flacon stérile contenant au préalable 225 ml de TSE (Tryptone, Sel, Eau).
- Homogénéiser par des mouvements de va et vient pendant 3 à 5 minutes, afin d'obtenir une suspension homogène.

Cette suspension correspond à la dilution  $10^{-1}$ .

###### **-Préparation des dilutions décimales**

- A partir de la solution mère  $10^{-1}$  prélever aseptiquement à l'aide d'une pipette graduée un volume de 1mL et l'introduire dans un tube stérile contenant 9 ml de TSE.
- Homogénéiser pour obtenir la dilution  $10^{-2}$ .
- Prélever ensuite aseptiquement 1 ml de la dilution précédente ( $10^{-2}$ ) qu'on introduit dans un autre tube stérile contenant de TSE.
- Bien homogénéiser pour obtenir la dilution  $10^{-3}$ .

##### **IV.2.3.2.1.4.2. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (ISO 6222, 1998)**

La microflore aérobie mésophile totale est l'ensemble des micro-organismes aptes à se multiplier à l'air et aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre 25° et 40°C.

On peut dire que le dénombrement de la flore totale reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique générale des aliments (Bourgeois, 1980).

###### **❖ Principe**

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles est réalisé sur gélose PCA par un ensemencement en masse, et comptage des colonies lenticulaires obtenus.

**❖ Mode opératoire**

- A partir des dilutions décimales allant de  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement 1 ml dans chacune des boîtes de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées, puis ajouter environ 15 ml de gélose PCA préalablement fondue et maintenue en surfusion.
- Faire ensuite des mouvements circulaires en forme de « 8 » et de va-et-vient, pour permettre le mélange de l'inoculum à la gélose utilisée, laisser les boîtes solidifier sur la paillasse environ 30 mn.
- Les boîtes sont incubées couvertes en bas de  $30^{\circ}\text{C}$  pendant 24 à 48 heures jusqu'à 72 heures.(figure Annexe)

**❖ Lecture**

A prés 24 h d'incubation, dénombrer les colonies lenticulaires en masses (blanchâtres).

**❖ Dénombrement**

La lecture s'effectue par comptage visuel.

Le dénombrement est effectué seulement sur les boîtes contenant entre 30 à 300 colonies et le résultat final est exprimé en UFC / g de produit analysé.

**IV.2.3.2.1.4.3. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux (NA n°93-164 ,1993)**

Ce groupe contient toutes les bactéries aérobies ou anaérobies facultatives, gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnets, mobiles ou non.

Ces bactéries disposent d'un métabolisme respiratoire et fermentaire les rendant capables de fermenter le lactose en produisant de l'acide et du  $\text{CO}_2$  à  $35^{\circ}\text{C}$ .

**❖ Principe**

Sur le gélose VRBL (Gélose Lactose au Biliée Cristal Violet et au Rouge neutre), le développement de la plupart des bactéries n'appartenant plus à la famille des entérobactéries est inhibé par le cristal violet et les sels biliaires.

La fermentation du lactose est mise en évidence par le virage de l'indicateur au rouge.

**❖ Mode opératoire**

- A partir des dilutions décimales  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement 2 fois 1 ml de chaque dilution dans deux boîtes de Pétri vide préparées à cet usage.
- Compléter ensuite chaque boîte avec 15 ml de gélose VRBL préalablement fondue et refroidie.
- Faire ensuite des mouvements circulaires en forme de « 8 » et de va-et-vient pour bien mélanger la gélose à l'inoculum.
- Laisser solidifier les boîtes sur la paillasse.
- Les boîtes seront donc incubées couvertes en bas pendant 24 à 48 h à :

\*37°C pour la première série qui servira à la recherche des *coliformes* totaux.

\*44°C pour la deuxième série qui servira à la recherche des *coliformes* fécaux.

**❖ Lecture**

On va dénombrer les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies de couleur rouge foncé, brillantes de 0,5mm de diamètre.

En fin, multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution(AnnexIII).

**IV.2.3.2.1.4.4.Recherche et dénombrement des Clostridium sulfitoréducteur (Joffin, 1999)****❖ Mode opératoire**

- A partir des dilutions  $10^{-2}$  et  $10^{-1}$ , on prépare 2 tubes stériles contenant chacun 1 ml.
- Mettre les tubes au bain thermostaté réglé à 80°C pendant 10 mn et les refroidir immédiatement sous courant d'eau.
- Verser dans chacun des 2 tubes 15 ml de la gélose VF additionnée d'alun de fer et d'une ampoule de sulfite de sodium.
- Homogénéiser sans introduire des bulles d'air.
- Laisser solidifier sur la paillasse puis les incuber à 37°C pendant 24 à 48 h.

**❖ Lecture**

Les colonies, dans la profondeur de la gélose, en anaérobiose, entourées d'un halo noir (réduction des sulfites en sulfure et précipitation du sulfure

de fer) sont des colonies correspondant aux spores thermorésistantes d'ASR. Le résultat exprimé en nombre de spores / mL.

#### IV.2.3.2.1.4.5. Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus* (NA n°93-164 ,1993)

Les *Staphylococcus aureus* se présentent sous forme de cocci, en grappe de raisin, se sont des bacilles gram positifs, possèdent une catalase (+), coagulase (+), se sont des germes pathogènes, toxinogènes que l'on trouve particulièrement dans le pus, le germe n'est pas thermostable, mais sa toxine est thermostable.

##### ❖ Principe

L'enrichissement sur milieu Giolitti Cantonii (GC) permet une vérification idéale des souches stressées par la réduction de téllurite de potassium en tellure responsable de la coloration noire, de plus le téllurite de potassium à un effet inhibiteur sur les autres germes.

L'isolement sur le milieu Chapman sélectionne les *Staphylococcus aureus*.

Sa teneur élevée en chlorure de sodium, permet inhibition des autres germes.

La fermentation du mannitol est mise en évidence par le virage du rouge de phénol au jaune.

##### ❖ Mode opératoire

- A partir des dilutions décimales  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement 1 ml par dilution dans un tube à vis stérile.
- Ajouter par la suite environ 15 ml du milieu d'enrichissement GC, auquel est ajouté du téllurite de potassium.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- Les tubes sont incubés à 37°C pendant 24 à 48 h.(Annexe III)

##### ❖ Lecture

Seront considérés positifs, les tubes ayant virés au noir.

Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de *Staphylococcus aureus*, ces tubes feront l'objet d'une confirmation par isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, coulée en boîte de Pétri séchée. Les boîtes de Chapman ainsiensemencées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48 h.

Après ce délai, repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de tailles moyennes, lisses, brillantes, pigmentées en jaune, entourées d'un halo jaune.

#### **IV.2.3.2.1.4.6. Recherche et dénombrement des Salmonelles** (NA n°93-164 ,1993)

Les *salmonelles* sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de bacilles gram (-), ne fermentent pas le lactose, mais fermentent le glucose avec production de gaz et H<sub>2</sub>S ; Elles se divisent en deux grands groupes : les mineurs et les majeurs (hautement pathogènes).

##### **❖ Principe**

Les *salmonelles* sont des bactéries difficiles à isoler, vu leur nombre, pour cela leur recherche nécessite le passage par de différentes étapes ;

D'abord un pré-enrichissement puis un enrichissement sur le milieu sélectif, et à fin isolement sur milieu Hektoen.

##### **❖ Mode opératoire**

La recherche de *salmonella* comporte plusieurs étapes qui sont les suivantes :

#### **Etape 1: Pré-enrichissement**

Il consiste à préparer une suspension mère en prélevant 25g de produit à analyser que l'on introduit dans 225 ml d'eau peptonée tamponnée (EPT). Cette dernière sera incubée à 37°C pendant 18 à 20 heures.

#### **Etape 2 : Enrichissement primaire**

On ensemence 10 ml du milieu de pré-enrichissement dans 100 ml du milieu liquide SFB D/C (+additif SFB) qui sera incubé à 37°C pendant 24 h.

La présence des salmonelles se traduit par un virage de la solution au rouge brique.

#### **Etape 3: Enrichissement secondaire et isolement sur Héktoén**

Cette étape permet d'une part ; l'isolement du milieu d'enrichissement primaire dans une gélose Héktoén, d'autre part un second enrichissement qui consiste à ensemencer 0,5 ml du milieu d'enrichissement primaire dans un bouillon sélénite cystine contenue dans un tube de 10 ml et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

**Etape 4 : Isolement sélectif**

A partir du milieu d'enrichissement secondaire, un second isolement est réalisé sur gélose Héктоэн et une lecture de la boîte incubée la veille.

-La boîteensemencée est incubée à 37°C pendant 24 heures.

-Les colonies de salmonella se présentent sous forme de colonies gris bleu, gris vert, bleu vert avec ou sans centre noir.( Annexe III)

**IV.2.3.2.1.4.6 Recherche des levures et moisissures (Joffin, 1999).**

Réfrigération jusqu'à 30°C, la présence de cette flore rend le produit impropre à la Consommation, elle peut être essaimée grâce au courant d'air pollué.

**❖ Mode opératoire :**

- Couler dans les boîtes de Pétri 20 ml de la gélose OGA, (utiliser la technique d'ensemencement par étalement).
- Placer 4 gouttes de chaque dilution 10-1 ,10-2 et 10-3 à la surface du milieu solide OGA (3 boîtes par dilution).
- Etaler l'inoculum à la surface du milieu de culture, utiliser un râteau en verre stérile.
- Incuber à une température ambiante (22°C) durant 5 jours, en position renversée (figure Annexe)

**❖ Lecture et expression des résultats**

La lecture et le dénombrement des levures et moisissures se fait quotidiennement et Séparément car les moisissures se développent rapidement et peuvent envahir les colonies des levures. Les colonies des levures sont brillantes, rondes et bombées, de couleur blanche avec une texture crémeuse, tandis que celles des moisissures sont épaisses, filamenteuses, pigmentées à aspect velouté.

En tenant compte de facteur de dilution il faut multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution correspondante, faire ensuite la moyenne arithmétique, puis exprimer le résultat final en ml ou en g de produit à analyser (Lebers, 2002).

**IV.2.3.3. Analyses organoleptiques****IV.2.3.3.1 La qualité sensorielle :**

Les caractéristiques sensorielles d'un aliment sont des critères importants de l'acceptabilité de l'aliment par le consommateur (Eck et Gillis, 1997)

Cette composante essentielle de l'acte alimentaire traduit le côté appétissant d'un aliment, elle reste une notion très subjective car elle résulte de la comparaison entre la perception par rapport au cinq sens (vue, ouïe, odorat, goût, toucher) dans le temps, dans l'espace et en fonction de situation de consommateur propre à chaque individu.

#### **IV.2.3.3.2 Analyses organoleptique :**

Le test de dégustation a été réalisé dans une chambre où les dégustateurs sont loin de toute influence extérieure « odeur, autre aliment »

Les quantités offertes sont suffisantes pour permettre la dégustation plusieurs fois.

L'ensemble des jurys était composé de 7 personnes et qui font partie du personnel de la laiterie de Trèfle et qui sont des experts de qualité de l'unité et qui respectant les conditions :

- Ne pas fumer ni manger avant et pendant la dégustation
- Ne doivent pas avoir faim, ni soif, ni malade
- N'ayant pas mis de parfum fort ni consommer des aliments à parfum persistant comme le café, le thé

Le barème de dégustation est de 1 à 4 respectivement, très bon, bon, acceptable, médiocre.

-Les sujets de dégustation :

Le yaourt avec germe de blé a été dégusté par des consommateurs naïfs et des jurys de dégustation en nombre de 30 personnes ,7 jurys de dégustations de la laiterie trèfle, 13 adultes 20 à 31 ans 2 enfants de 8ans à 15 ans et 5 des personnes âgés de plus de 40 ans.

#### **IV.2.3.4.les analyses statistiques**

Une analyse statistique a été entreprise afin de déterminer la moyenne des résultats des résultats obtenus avec les écarts types en utilisant le logiciel Excel 2007.

Afin de déterminer l'effet significatif ou pas des pourcentages d'incorporation du germe de blé tendre sur les paramètres physico-chimiques nous avons procédé à une analyse de la variance (ANOVA) avec le logiciel STAT ITCF.

## I. Les résultats des analyses physico-chimiques

### I.1.Matières premières

#### I.1.1.Résultats des analyses sur le germe de blé tendre

Toutes les analyses sont effectuées sur le germe de blé. Le tableau 14 représente les résultats des analyses biochimiques du germe de blé tendre.

Tableau 14 : composition biochimique de germe de blé

Paramètres	La teneur(%)
Humidité	10,62±0,88
cendres	4,63±0,05
Lipides	9,30±0,03
Protéines	20±1,55
cellulose	4,32±0,50

-La teneur en eau est de 10,62%, cette valeur est très proche de celles décrites par (BARNES, 1983 ; SRIVASTAVA et *al*, 2007 ; et FAVIER 1999) qui rapportent des teneurs variant entre 9 et 11,4%.

-Pour les cendres, la teneur est 4.63%, elle est légèrement inférieure à celle citée par (AL KAHTANI, 1989) qui est de 5,09% et assez proche de la valeur obtenue par (Adrian et *al*, 1995) qui est de 4,5%. Cette valeur ne présente pas la valeur exacte des sels minéraux contenus dans l'échantillon, car un grand nombre de sels minéraux sont détruits, modifiés ou se volatilisent à la température d'incinération.

-Concernant la teneur en lipides, elle est 9,30%, ce qui confirme les travaux de (ADRIAN, 2000 ; et ZHU et ZHOU, 2005) qui ont trouvé des valeurs allant de 6,5 à 12%. Il est noté qu'il y a d'autres facteurs qui peuvent faire varier la teneur en lipides ; la méthode d'extraction du germe peut être en plus, un facteur pouvant expliquer ces variations.

-Pour la teneur en protéines obtenue (20%) elle est proche à la teneur donnée par (BAJAJ, 1991) qui a trouvé une teneur de 20,48 %.

-Et la teneur en cellulose est 4,32 ce qui confirme le travail de (FEUILLET, 2000) qui est trouvé des valeurs allant de 2 à 4%.

**I.1.2.Eau de procès :**

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau de process sont donnés sur le (tableau 15)

Tableau15 : des résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process

	T°C	pH	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Cl <sub>2</sub> (ppm)
Echantillon	20,1±0,95	7,37±0,06	16,25±0,25	0	25,45±0,31	71,5±0,5	0
Normes interne	20	7à8,5	12à15	0	< 26	< 100	0

- L'eau de process est caractérisée par un pH de(7,37) et une température de 20,1°C ces résultats sont conformes aux normes internes, qui préconisent un pH de 7 et une T° de 20 ce qui va donner une bonne neutralité à l'eau de process à une température ambiante.

-Le TA et le TAC sont respectivement de (0°F et 25,45°F), ces valeurs sont conformes aux valeurs interne (0 et < 26 respectivement), car cette eau et à l'origine d'une eau filtrée, chlorée, déchlorée, et adoucie.

-Pour le TH, la valeur trouvée est de (16,25°F), ce qui n'est pas conforme aux normes interne, qui exige une teneur entre 12 à 15,cette non-conformité est due à la saturation de la résine échangeuse d'ions par le Ca<sup>+2</sup> et Mg<sup>+2</sup> qui doit être régénérée.

-Concernant les taux des Cl<sup>-</sup> et Cl<sub>2</sub> ils sont 71,5mg/L et 0 ppm respectivement, ces valeur conformes aux normes internes, ce qui atteste une fiabilité et la bonne maîtrise de chloration sur l'eau de process, qui préconisent un taux de Cl<sup>-</sup>< 100 et

0 ppm pour le Cl<sub>2</sub>car la présence du chlore libre dans l'eau de process inhibe le processus de fermentation (Sodini et Beal, 2003).

Ainsi les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process représentés dans le tableau procure une conformité de cette eau en comparaison avec les normes interne.

### I.1.3.Poudre de lait :

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur poudre de lait sont donnés sur le (tableau16)

Tableau 16 : Résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait.

	pH	Acidité (D°)	MG(%)	EST(%)	H (%)
Echantillon	6,51±0,11	13,16±0,16	27,5±0,5	96 ,16±0,04	3,84±0,04
Normes interne	6,70	12 à 14	26 à 27	95 à 97	3 à 5

-pour le pH, il est cependant de 6,51 et conforme à la norme interne de laiterie qui préconise un pH de 6,70

-pour l'acidité, elle est de 13,16°D sachant que la norme interne de la laiterie exige une acidité de 12 à 14, on peut dire que la poudre de lait est légèrement acide.

-Le pourcentage de la matière grasse est de (27%), il est conforme aux normes internes qui précisent un pourcentage compris entre 26et 27%, cela s'explique par un bon écrémage du lait lors de sa fabrication et des bonnes conditions de stockage.

-Le taux de l'extrait sec total est de (96 ,16%), il est conforme aux normes internes, cela indique la richesse de lait (protéine, lactose et matière grasse) ce qui va donner une bonne consistance et une bonne texture au yaourt.

-Concernant l'humidité sa teneur est (3, 84%), elle est cependant conforme aux normes exigées par la laiterie, cette conformité est due à une bonne dessiccation du lait, car une mauvaise dessiccation pourrait être à l'origine de développement des microorganismes pathogènes qui provoquerait par conséquent certaines réactions telles que : le rancissement, et la formation des composés volatiles à odeur désagréables (Cheftel, 1976).

Selon (Hempen, 2003) les bonnes conditions de fabrication, de transport et de stockage ainsi que l'hygiène, peuvent avoir un effet positif sur la qualité de la poudre de lait.

Ces résultats indiquent une bonne qualité physico-chimique de la poudre de lait par rapport aux normes interne ce qui lui confère l'aptitude d'une bonne reconstitution et une réduction des grumeaux insolubles.

#### **I.1.4.le sucre**

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur le sucre sont donnés sur le (tableau17)

Tableau 17: Résultats des analyses physicochimiques du sucre

	T (°C)	EST(%)	H(%)
Echantillon	20,1±0,1	99,16±0,04	0,81±0,01
Normes interne	20	99	<1

D'après les résultats des analyses physico-chimiques du sucre, nous constatons que les valeurs du taux d'humidité (0,81%), et celles de l'extrait sec(99,16 %) sont conforme aux normes interne qui préconise une humidité <1% et un EST de 99% ce qui confirme que les conditions de stockage et de conditionnement sont rigoureusement respectées.

#### **I.2.Produits finis**

Les analyses physico-chimiques sur le yaourt enrichis à différentes doses de germe de blé tendre 5g/L, 10g/L, 15g/L, nous ont permis de suivre l'impact de cet enrichissement sur : EST, pH, AC.

##### **I.2.1.Variation d'extrait sec**

Les valeurs de l'extrait sec total du produit fini témoin et des 3 essais d'incorporation du germe de blé tendre a différentes doses sont représentées sur (le tableau 18) et (la figure 9)

**Tableau 18:** les résultats de variation de l'extrait sec total

Doses de germe de blé (g/L)	Extrait sec total (%)	Normes internes
T	21,40±0,01	21-22
5	21,52±0,01	
10	21,54±0,01	
15	21,84±0,01	

D'après les résultats de détermination de l'extrait sec total sur l'échantillon témoin et les 3 essais, il en ressort que les valeurs de l'extrait sec sont de : 21,40% ; 21,52% ; 21,54% et 21,84% respectivement pour l'essai témoin, l'essai 1,2 et 3.

Ainsi on observe une l'augmentation de la valeur de l'extrait sec avec l'augmentation du germe de blé, ces valeurs restent cependant conformes aux normes internes de Trèfle, selon Mahaut et *al* (2000) , les teneurs en matières sèches laitières pour le yaourt se situent entre 14 et 16% avec des valeurs extrêmes de 12 à 20% ,dans notre cas une augmentation de la matière sèche est notée pour l'essai 3. Ainsi plus le pourcentage de germe de blé augmente et plus l'EST augmente.

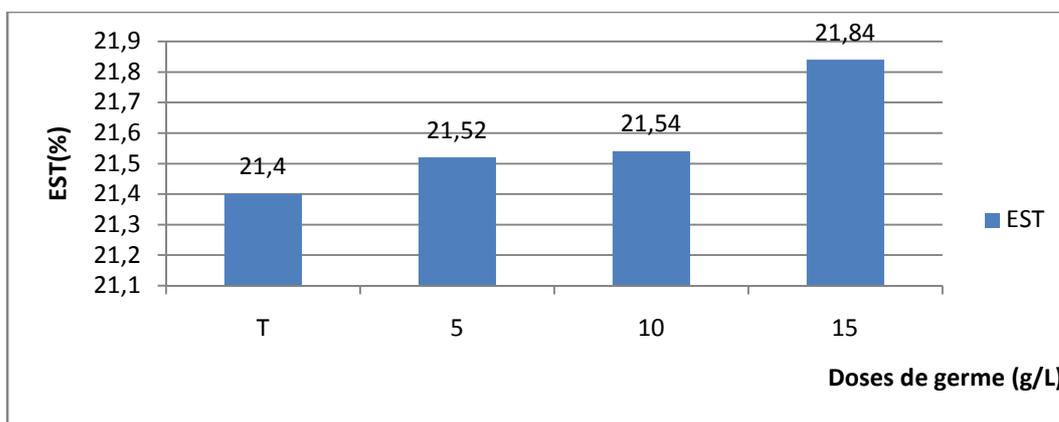


Figure 9 : teneur en EST des produits finis

L'analyse de la variance a révélé un effet hautement significatif ( $P=0,0003 < 0,01$ ) de l'incorporation du germe de blé tendre à différents pourcentages pour la teneur en extrait sec total. (Annexe VI)

### I.2.2.Variation du pH :

Les valeurs de pH du produit fini témoin et 3 essais d'incorporation du germe de blé tendre a différentes doses sont représentées sur le (tableau 19) et (la figure 10)

**Tableau 19** : les résultats de variation du pH

Doses de germe de blé (g/L)	pH	Normes internes
T	4,36±0,01	4,20-4,70
5	4,41±0,01	
10	4,42±0,01	
15	4,45±0,01	

Le pH est de : 4,41, 4,42, 4,45 respectivement pour l'essai 1, 2, et 3. Les résultats des valeurs de pH montrent une légère augmentation du pH avec l'augmentation des quantités de germe (5, 10, 15g/L) mais demeurent conformes aux normes internes de trèfle qui précisent un pH variant entre 4,20 et 4,70

L'élévation de la valeur de pH est en relation avec l'effet du germe de blé, qui a tendance à diminuer l'acidité du milieu ce qui provoque un ralentissement de l'acidité des ferments lactiques.

Selon (Beal et Sodini, 2003) le pH est inversement proportionnel à l'acidité et l'acide lactique est produit à partir du lactose qui à son tour abaisse le pH.

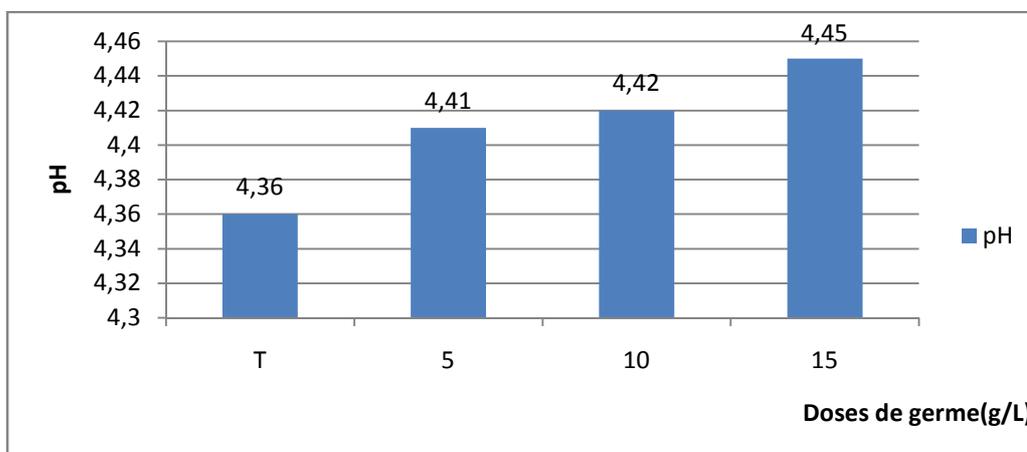


Figure 10 : valeurs des pH des différents produits finis

L'analyse de la variance a révélé un effet significatif ( $P=0,0160 < 0,05$ ) de l'incorporation du germe de blé tendre à différents pourcentages pour les valeurs de pH. (Annexe VI)

### I.2.3. Variation de l'acidité titrable

Les valeurs de l'acidité titrable du produit fini témoin et 3 essais d'incorporation du germe de blé tendre à différentes doses sont représentées sur (le tableau 20) et la (figure 11)

**Tableau 20** : les résultats de variation de l'acidité titrable

Doses de germe de blé (g/L)	Acidité titrable (D°)	Normes internes
T	80±1,41	80-100
5	82±1,41	
10	85±1,41	
15	85±1,41	

Les résultats montrent que l'acidité qui varie de 80° à 85°D, on observe une augmentation de l'acidité suite à l'ajout de germe ce qui est dû à une accélération de l'activité fermentaire (c'est une phase d'adaptation dans le milieu entre le germe de blé et les ferments lactiques).

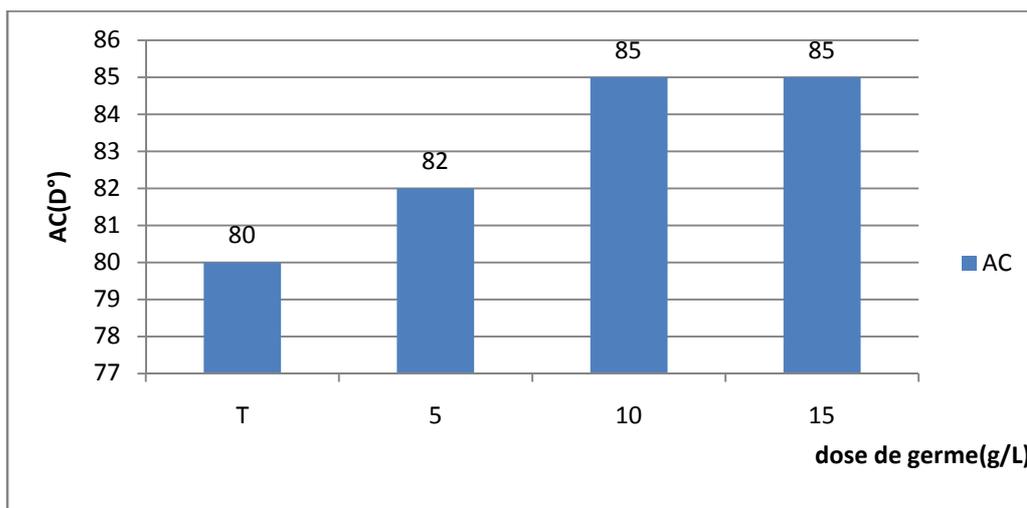


Figure 11 : valeurs de l'acidité titrable des différents produits finis

L'analyse de la variance a révélé un effet non significatif ( $P=0,0597 >0,05$ ) de l'incorporation du germe de blé tendre à différents pourcentages pour les valeurs de l'acidité titrable(Annexe VI)

### I.3.Suivi de la stabilité physico-chimique des différents produits finis

#### I.3.1.Variations du pH

La figure 12 et le tableau 21 , illustre l'évolution du pH des produits finis et de témoin au cours de leurs stockage à 10°C sur une durée de 14 jours

Tableau 21 : résultats de la variation du pH au cours du stockage au froid à 10°C

Doses \ jours	T (g/L)	5(g/L)	10(g/L)	15(g/L)	
J0	4,36±0,01	4,41±0,01	4,42±0,01	4,45±0,01	pH
J7	4,33±0,01	4,34±0,01	4,35±0,01	4,35±0,01	
J14	4,28±0,01	4,29±0,01	4,29±0,01	4,30±0,01	

Au jour J0(jour de production)le pH est de :4,36 ;4,41 ;4,42 et 4,45 respectivement pour le produit fini témoin, l'essai1,l'essai2 et l'essai 3 , au bout de 7jours de stockage à 10°C on a noté d'une diminution de la valeur du pH et qui sont respectivement pour le témoin, l'essai1,l'essai 2 et l'essai 3de :4,33 ;4,34 ;4,35 et 4,35 et au bout de 14 jours , les pH sont respectivement pour le témoin, l'essai1,l'essai 2 et l'essai 3de :4,28 ;4,29 ;4,29 et 4,30.La diminution du PH est due à l'acide lactique produit à partir du lactose et qui augmente la saveur acide au yaourt.

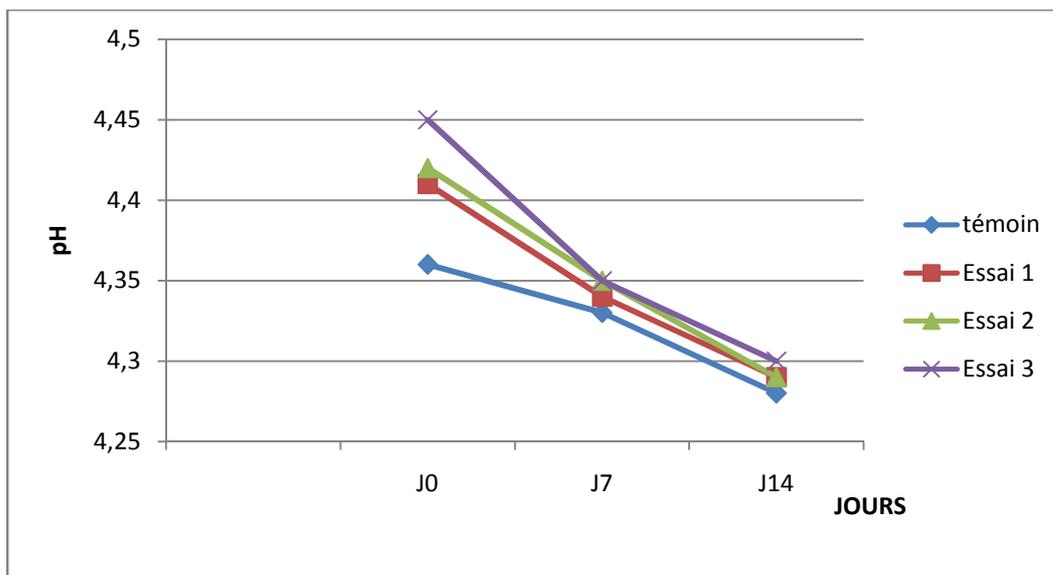


Figure 12 : variation de pH des produits finis au cours de stockage

### I.3.2. Variations de l'acidité titrable

Le tableau 22 et la figure 13, illustre l'évolution de l'acidité titrable des produits finis et de témoin au cours de leur stockage à 10°C sur une durée de 14 jours

Tableau 22 : résultats de la variation de l'acidité titrable au cours du stockage au froid à 10°C

Doses \ jours	T (g/L)	5(g/L)	10(g/L)	15(g/L)	
J0	80±1,41	82±1,41	85±1,41	85±1,41	AC (D°)
J7	90±1,41	88±1,41	95±1,41	90±1,41	
J14	83±1,41	95±1,41	99±1,41	100±1,41	

L'acidité titrable au J0 est de 80°D et atteint après 7 jours de stockage à 10°C, la valeur 90°D pour le témoin puis diminue jusqu'à 83°D.

Par contre pour l'essai 1, au bout de 7 jours de stockage à 10°C l'acidité titrable passe de 82 à 88°D puis atteint la valeur de 95°D après 14 jours.

La même cinétique est observée pour l'essai 2 et 3 avec des valeurs finales après 14 jours de stockage à 10°C, respectivement de 99 et 100°D .

L'acidité du yaourt est due à la formation d'acide lactique à partir de métabolisme de lactose par les ferments lactiques, Il ya lieu de préciser que cette acidité présente un avantage pour le yaourt car « elle permet d'inhiber le développement de la plupart des micro-organismes contaminants. C'est pourquoi le yaourt était considéré comme une forme de conservation de lait (Leyral et Vierling, 2001)

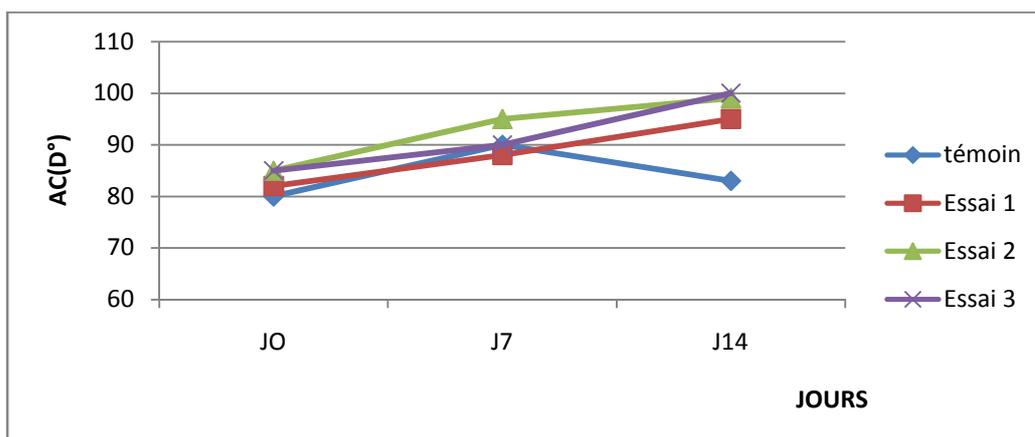


Figure 13 : variation de l'acidité titrable des produits finis au cours de stockage

### I.3.3. Variations de l'extrait sec total

Le tableau 23 et La figure 14, illustre l'évolution de l'extrait sec total des produits finis et de témoin au cours de leur stockage à 10°C sur une durée de 14 jours

Tableau 23 : résultats de la variation de l'extrait sec total au cours du stockage au froid à 10°C

Doses \ jours	T (g/L)	5(g/L)	10(g/L)	15(g/L)	
J0	21,40±0,01	21,52±0,01	21,54±0,01	21,84±0,01	EST
J7	21,37±0,01	21,58±0,01	21,5±0,019	22±0,01	%
J14	21±0,01	22±0,01	22,04±0,01	22,08±0,01	

La valeur de l'EST du produit témoin de 21,40 à 21 après 14 jours de stockage à 10°C ; par contre pour l'essai 1 on note plutôt une augmentation ; ainsi la valeur de l'EST passe de 21,52 à 21,58% après 7 jours de stockage et atteint 22% au bout de 14 jours de stockage.

La même cinétique est observée pour l'essai 2 et 3 avec des valeurs finales après 14 jours de stockage à 10°C, respectivement de 22,04 et 22,08%.

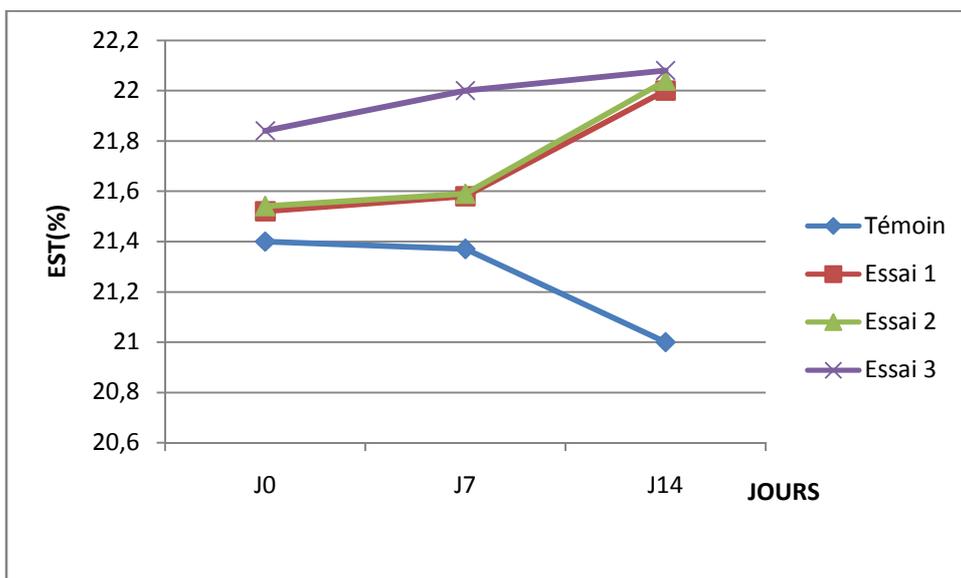


Figure 14 : variation de l'extrait sec total des produits finis au cours de stockage

## II. Analyses microbiologiques

### II.1. Matières premières

#### II.1.1. Le germe de blé tendre

Les résultats des analyses microbiologiques sont illustrés sur (le tableau 24)

Tableau 24: résultats des analyses microbiologiques sur le germe de blé tendre

Germes	Germe de blé tendre	Normes JORA Article n°35 1998
Germes aérobie mésophile	Abs	<b>1000</b>
Clostridium s	abs	$10^2$
Levures	abs	ND
Moisissures	abs	$10^2$

La recherche des germes totaux et fécaux, des *clostridium sulfito-réducteurs*, des levures et moisissures a montré l'absence de l'ensemble de la flore dans le germe de blé tendre.

Ce qui reflète que le germe est de bonne qualité microbiologique, suite à l'efficacité du traitement thermique (pasteurisation à 75°C), étant donné que ces flores microbiennes sont détruites à 65°C (CE365/2010)

### II.1.2.L'eau de process

Les résultats des analyses microbiologiques sont illustrés sur le( tableau 25)

Tableau 25 : résultats des analyses microbiologiques sur l'eau de process

Germes recherchés	Echantillon	Normes (JORA, 1998)
<i>Germes totaux</i>	Abs	20UFC/ ml
<i>Coliformes totaux</i>	Abs	< 10 / 100 ml
<i>Coliformes fécaux</i>	Abs	Abs / 100 ml
<i>Clostridium sulfitoréducteur</i>	Abs	< 5spores / 20 ml
<i>Streptocoques fécaux</i>	Abs	Abs / 100 ml

JORA article n°35 daté le 27 Mai1998.

Les résultats des analyses microbiologiques indiquent l'absence totale des germes Totaux et des germes fécaux (coliformes totaux et fécaux), On peut dire que l'eau de process est de bonne qualité microbiologique, Cela est expliqué par l'efficacité du traitement de chloration que subit l'eau de forage au niveau de l'unité. D'après **Chefftel(1976)** la bonne qualité microbiologique que présente l'eau résulte de l'action germicide du chlore additionné lors de la phase de chloration.

### II.1.3. la poudre de lait

Les résultats des analyses microbiologiques sont illustrés sur le tableau 26

Tableau 26 : résultats des analyses microbiologiques sur la poudre de lait

Germes recherchés	Echantillon	Normes (JORA, 1998)
<i>Coliformes totaux</i>	Abs	1 UFC / g
<i>FAMT</i>	10	$5 \times 10^5$ /g
<i>Coliformes fécaux</i>	Abs	Abs / g
<i>Salmonelle</i>	Abs	Abs / g
<i>Clostridium sulfitoréducteur</i>	Abs	Abs / g
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs / g
Levures	1	< 10 UFC / g
Moisissures	Abs	< 10 UFC / g

JORA article n°35 daté le 27 Mai1998.

Les résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait montrent que les échantillons examinés, répondent aux normes fixés par la législation nationale du journal officiel de la république Algérienne.

A partir de ces résultats on remarque une absence total des germes indiquant une contamination fécale, absence des germes pathogènes à savoir les *Staphylococcus aureus*, *Clostridium sulfitoréducteur*, et une absence des levures et moisissures ainsi qu'une absence total de la flore aérobie mésophile.

Selon (François al, 1986), la poudre de lait doit avoir un goût agréable , une bonne salubrité, une bonne qualité hygiénique et une bonne conservation de la valeur nutritionnelle .Donc, ces résultats indiquent une bonne qualité microbiologique de la poudre de lait et une bonne qualité hygiénique ce qui confirme le bon respect des conditions de préparation et de stockage.

**II.1.4.sucre :**

Les résultats des analyses microbiologiques sont illustrés sur le tableau27

Tableau 27: résultats des analyses microbiologiques sur le sucre

Germes recherchés	Echantillon	Normes (JORA, 1998)
<i>Germes totaux</i>	Abs	20UFC/g
<i>Salmonelle</i>	Abs	Abs / g
<i>Clostridium sulfitoréducteur</i>	Abs	1UFC / g
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs / g
Levures	Abs	< 1 UFC / g
Moisissures	Abs	< 1 UFC / g

JORA article n°35 daté le 27 Mai1998.

Les résultats des analyses microbiologiques du sucre mentionnés dans le tableau, atteste une absence complète des germes pathogènes (*Staphylococcus aureus*, *Clostridium sulfitoréducteur*), et une absence des levures et moisissures et germes totaux .

Ces résultats révèlent une conformité aux normes établies JORA article n°35 daté le 27 Mai1998. cette conformité est argumentée par le bon respect d'hygiène du personnel, des manipulation , les bonnes conditions de stockage telle que la température, l'humidité et l'aération par (Auclair et Richard, 1986), l'humidité élevée dans un lieu de stockage favorise d'une part l'activité métabolique surtout dans les fruits et le sucre parce qu'ils sont riches en lactose ce qui va déclencher la réaction de Maillard et d'autre part la prolifération des germes saprophytes contaminatrices et surtout les levures et les moisissures pouvant détériorer le produit .

## II.2. Produits finis

Les résultats des analyses microbiologiques sur les différents produits finis sont illustrés dans le (tableau 28)

Tableau 28: résultats des analyses microbiologiques sur les différents produits finis

Germes recherchés	Echantillon				Norme (JORA, 1998)
	témoin	Essai1	Essai2	Essai3	
<i>Coliformes totaux</i> Et fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	1 UFC / g
Salmonelle	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs / g
Clostridium sulfito-réducteur	Abs	Abs	Abs	Abs	50UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs / g
levures	Abs	Abs	Abs	Abs	< 1 UFC / g
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence

JORA article n°35 daté le 27 Mai1998.

D'après ces résultats, nous remarquons une absence totale des germes pathogènes (*coliformes totaux et fécaux, salmonella, Staphylococcus aureus*), d'après Hermier, (1992) , la présence dans les produits laitiers de ces germes, causerait des nocivités au consommateur. Ainsi, *Staphylococcus aureus* peut produire des entéro-toxines dont l'ingestion provoque des vomissements, souvent accompagnés de diarrhée. *Salmonella* peut provoquer les mêmes symptômes caractéristiques d'une toxoinfection alimentaire.

Nous remarquons également une absence des germes témoignant d'une contamination fécale (*coliformes fécaux*), selon Beerens et Luquet (1987), la présence des coliformes totaux et fécaux dans le produit fini, indiquerait une faute hygiénique révélant soit la mauvaise qualité des matières premières ou l'insalubrité des matériel utilisés pour la fabrication.

On note aussi absence des levures et moisissures qui selon Joffin (2000), la présence de ces germes provoquent une pollution microbienne du produit qui se traduit par un défaut d'aspect des yaourts, et par l'apparition de mauvais goûts, de même *Geotrichum Candidum* peut devenir un agent d'altération (défaut de texture et de goût).

Nous pouvons dire que nos résultats sont conforme aux normes, et cette fiabilité est due à la conséquence de :

- l'utilisation d'une matière première de bonne qualité hygiénique,
- les conditions de fabrication ont été convenablement respectées,
- le respect des normes des opérations de transformation et conservation des produits.

Nous constatons que le produit analysé ne présente aucun risque pour la santé du Consommateur car il ne contient aucune bactéries pathogène responsable d'intoxication. Ces résultats sont conformes aussi aux normes européennes (Salvadorie, 2003) qui préconisent un mesure de levures inférieur à 10/ml et inférieur à 1/L pour les moisissures.

### III. Résultats des analyses organoleptiques :

L'analyses physicochimique d'un produit est bien évidemment contrôlable, mais elle ne suffit pas à le décrire, car elle est toute à fait insuffisante pour refléter ce que perçoit le consommateur sur le plan sensoriel (Luquet et Corrieu, 2005).

Les résultats du test organoleptique les essais d'incorporation du germe de blé tendre à différentes doses dans un yaourt sont mentionnés dans les (tableaux 29, 30,31) et le figure 15

Tableau 29: Résultats de l'évaluation sensorielle pour la dose 5g/L de germe de blé

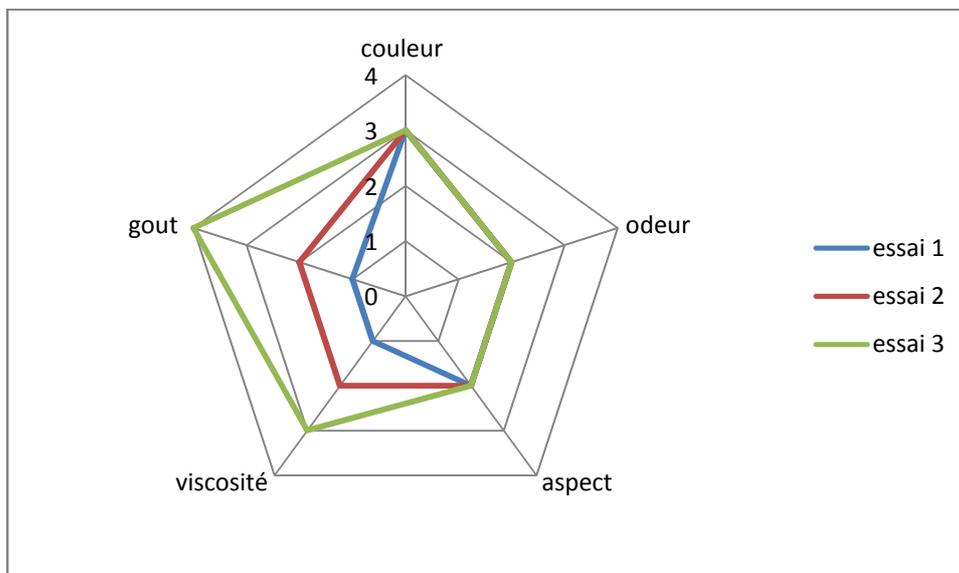
	Couleur	odeur	aspect	Viscosité	goût
Très bon	10%	20%	25%	5%	5%
Bon	60%	30%	30%	30%	10%
Acceptable	20%	43%	40%	25%	25%
Médiocre	10%	7%	5%	40%	60%

Tableau 30 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour la dose 10 g/L de germe de blé

	Couleur	odeur	aspect	Viscosité	goût
Très bon	10%	20%	20%	6%	10%
Bon	60%	30%	35%	37%	20%
Acceptable	20%	43%	40%	43%	60%
Médiocre	10%	7%	5%	14%	10%

Tableau31 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour la dose 15g/L de germe de blé

	Couleur	odeur	aspect	Viscosité	goût
Très bon	10%	20%	25%	10%	40%
Bon	60%	30%	30%	45%	35%
Acceptable	20%	43%	40%	25%	15%
Médiocre	10%	7%	5%	20%	10%



4 :très bon , 3 :bon,2 :acceptable,1 :médiocre

Figure 15 : profils sensoriels des essais d'enrichissement en germe de blé tendre

Après une durée de stockage de quatorze jours à une température de 4°C on a confirmé l'évolution des paramètres physico-chimiques, microbiologiques par un test organoleptique

La couleur est un élément du complexe organoleptique qui ne peut pas être sous estimé, d'autant plus qu'elle est la première caractéristique à être généralement perçue.

-La couleur à été jugé «Bon» par 60%de dégustateurs pour les 3 doses. Cela est dû à l'homogénéisation des granules de germe du blé avec le yaourt qui donne une couleur attirante.

-L'odeur possède un impact considérable sur l'appréciation finale du produit.

La moitié des jurys l'on qualifié « Acceptable »pour les 3 doses, car notre yaourt ne contient pas des arômes donc n'a été pas appréciable.

-L'aspect est un paramètre indispensable à l'admissibilité et l'évaluation d'un point de vue général de l'apparence et la forme du produit fini. Donc il a été jugé par la majorité des dégustateurs comme acceptable pour les 5 et 10 et 15g/L du germe, Ce résultat est du à l'absence des granulations gênantes dans la bouche.

-La viscosité a été jugée par 45% de dégustateurs « bon » pour la dose 15g/L du germe de blé et pour les autres doses a été jugée par la majorité « acceptable »

-Pour la majorité des dégustateurs le goût à été qualifié acceptable pour les 2 premiers essais (5,10g/L) et pour le 3<sup>ème</sup> essai est qualifié « très bon »il est légèrement sucré et une saveur céréale qui reste comme arrière goût.

-Parmi la gamme des échantillons le produit qui contient 15g/L du germe de blé a acquis une très bonne qualité organoleptique pour le goût et aussi pour la viscosité.

A la lumière de ce modeste travail a émergé l'idée d'enrichir un yaourt avec différentes doses du germe de blé (0.5% ; 1% ; 1.5%), le germe de blé est un sous produit d'une industrie agro-alimentaire exerçant ses effets bénéfiques et thérapeutiques dans différents domaines d'utilisation, Cette étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation du germe de blé tendre de faible valeur marchande.

Nous avons réalisé une étude expérimentale en contrôlant les matières premières entrant dans la production d'un yaourt brassé amorçant notre contrôle avec un suivi de stabilité de ce dernier, au cours de sa conservation au froid à 4°C. Le suivi n'a été réalisé qu'après avoir eu la certitude de l'innocuité de nos matières premières par des analyses physicochimiques et microbiologiques.

Les résultats des analyses physico-chimiques sont affectés de façon significative pour le paramètre pH est de 4,41 ; 4,42 et 4,45 respectivement pour l'essai 1, l'essai 2 et l'essai 3.

Pour l'extrait sec total les résultats sont hautement significatifs de l'incorporation du germe de blé tendre à différents pourcentages.

Les résultats des paramètres physico-chimiques ne sont pas affectés de façon significative pour l'acidité titrable est de 82 ; 85 ; et 85 respectivement pour l'essai 1, l'essai 2 et essai 3.

L'analyse organoleptique à révélé que la majorité des dégustateurs ont apprécié le l'essai 3 (15g/L) qui un pH est de 4,30 un extrait sec total de 22,08% et une acidité titrable 100°D et été jugé « Bon » de 60% par les dégustateurs.

**En perspective**, il serait souhaitable de :

- Faire une étude technico-économique.
- D'une extraction de l'huile de germe de blé et son incorporation dans un yaourt
- Effectuer un dosage de la composition biochimique du germe de blé tendre.
- Etudier ses effets sur les constantes biologiques chez les êtres humains afin de montrer ses multiples effets bénéfiques et thérapeutiques.
- Etudier la possibilité d'incorporation du germe de blé dans d'autres produits alimentaires.

## Annexe I

### a) Matériel utilisé pendant les manipulations

- Agitateur ;
- Appareil de Soxhlet ;
- Bain-marie ;
- Balance à précision
- Burette ;
- Capsule.
- Centrifugeuse ;
- Dessiccateur ;
- Distillateur ;
- Etuve ;
- Four à moufle ;
- Minéralisateur ;
- Papier filtre ;
- pH mètre ;
- Tamis.

### b) Réactifs

- Acide borique. ;
- Acide chlorhydrique ;
- Acide sulfurique ;
- Eau distillée ;
- Ether de pétrole ;
- Glucose ;
- Hydroxyde de sodium ;
- Phénol ;
- Soude ;
- Sulfate de cuivre ;
- Sulfate de potassium ;
- Liqueur de Fehling ;

### c) Verreries

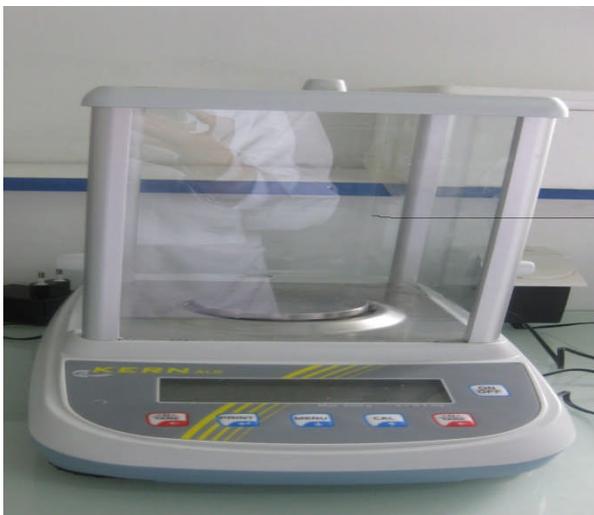
- Anse à boucle
- Becher 250 ml et 50 ml
- Fioles jaugé de 100 et 200 ml
- Ballon de 250 ml
- Boîtes de pétries en plastiques de 90 mm de diamètre
- Erlen Meyer de 250 et 500 ml
- Pipettes de 0.1, de 10 et de 25 ml
- Pipettes pasteur
- Butyromètre



Le dessiccateur



le pH-mètre



La Balance à précision



Centrifugeuse



Butyromètre



**Bain- marie**



**bec benzène**



**Autoclave**



**four moufle**



**L'appareil soxhlet**



**le distillateur**



**Etuve à 25°C**



**Etuve à 37°C**



**Etuve d'incubation à 45°C**



**Etuves d'incubation à 55°C**

Photos originales(2013)

**ANNEXE II****a-TSE (Tryptophane-sel-eau)**

- Tryptone.....1g
- Chlorure de sod.....8, 5g
- Eau distillée..... 100g
- pH=.....7,2

**b-Gélose OGA (Oxy-tétracycline Gélose Agar)**

Composition en gramme pour 1,1 litre de milieu :

- Extrait autolytique de levure.....5, 0
- Glucose.....20, 0
- Oxytétracycline.....0, 1
- Agar agar.....15, 0
- pH =.....6,6

**c-Gélose PCA (Gélose glucosé à l'extrait de levure ou Plate Count Agar) pour le dénombrement des GAMT**

- Peptone de caséine.....5g/l
- Extrait de levure.....2,5g/l
- Glucose.....1g/l
- Agar.....18g/l
- pH=7

**d-milieu VRBL :**

- Peptone.....7 g
- Extrait de levure .....3 g

- Lactose.....10 g
- Na Cl..... 5 g
- Sels biliaires .....1,5 g
- Rouge neutre..... 0,03 g
- Cristal violet .....0,002 g
- Agar .....12 à 18 g
- Eau .....1000 ml

**e-Milieu Sabouraud**

- Peptone de viande .....5g
- Peptone de caséine .....5g
- Glucose.....20 g
- Eau distillée..... 1000 ml

**f-Eva-litsky (Bouillon)**

- Peptone .....20 g
- Glucose.....5 g
- Chlorure de sodium.....5 g
- Phosphate dipotassique .....2,7g
- Phosphamonotassique.....2,7 g
- Eau distillée ..... 1000 ml
- PH = 6,8 à 7

**g-BCPL**

- Peptone ..... 5g
- Extrait de viande .....3g

---

Lactose .....10 g  
Poudre de bromocrésol ..... 25 g  
Eau distillée .....1000 ml  
pH = 7

**h-Milieu de Rothe :**

Peptone..... 20g  
Glucose.....5g  
Chlorure de sodium.....5g  
Phosphate dipotassique .....2.7g  
Acide de sodium..... 0.2g  
Eau distillé.....1000 ml

**i-Milieu Giolitti cantonii GC :**

Peptone de caséine .....10g  
Extrait de levure..... 5g  
Extrait de viande..... 5g  
Chlorure de lithium.....5g  
Mannitol......20g  
Chlorure de sodium..... 5g  
Glycine..... 1.2g

Pyruvate de sodium .....3g

**j-Gélose CHAPMAN :**

Peptone .....10g  
Extrait de viande.....1g  
Chlorure de sodium..... 75g  
Rouge de phénol.....25g  
Mannitol.....10g  
Gélose .....15g

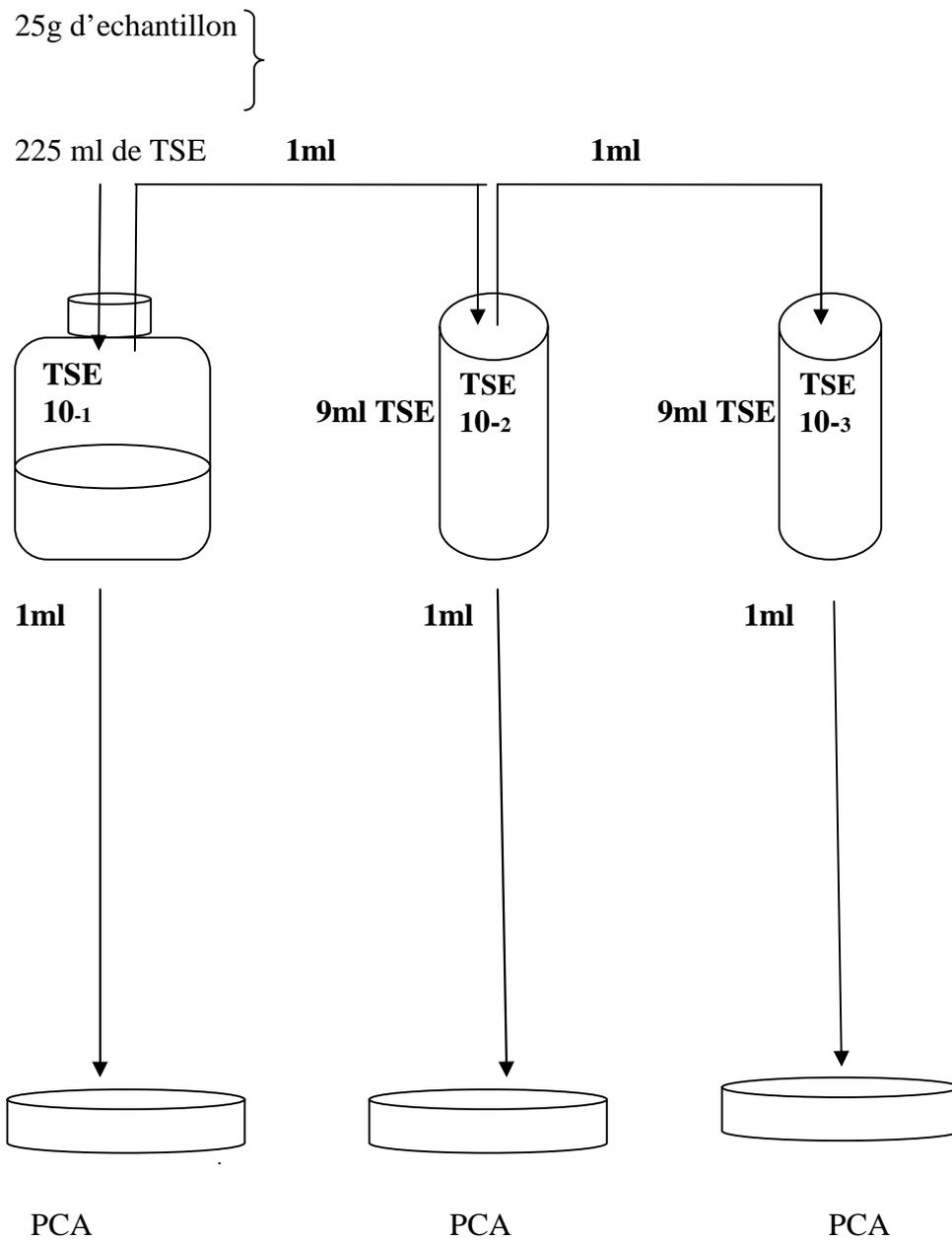
**k-Milieu HEKTOEN:**

Peptone.....12g  
Extrait de levure..... 3g  
Lactose.....12g  
Saccharose .....12g  
Salicine .....2g  
Citrate de fer ammoniacal..... 1.5g  
Desoxycholate .....9g  
Fushine..... 40g  
NaCl .....5g  
Agar .....13.5g  
Eau.....1000 ml

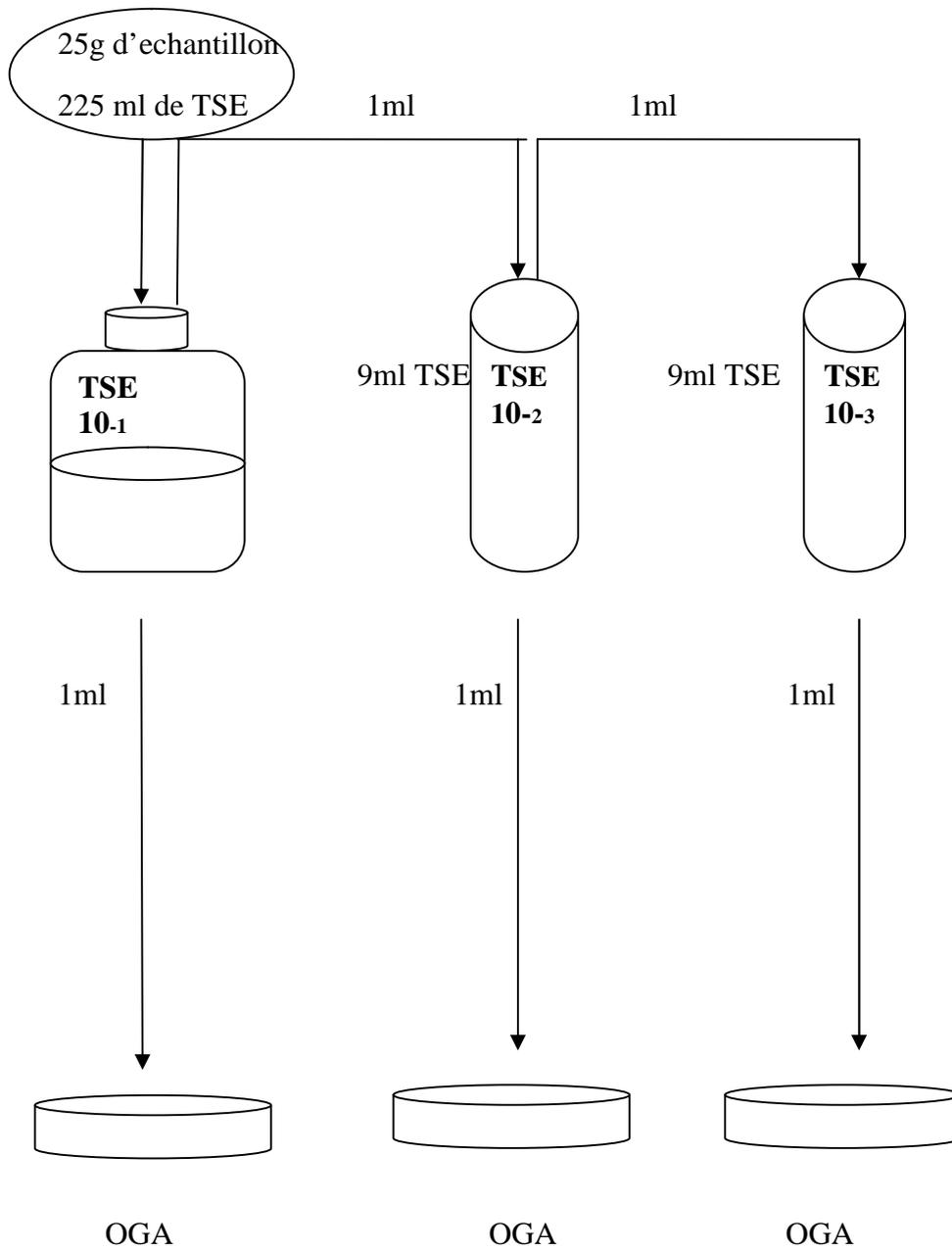
**l-Bouillon lactosé au vert brillant VBL :**

Peptone .....10g  
Lactose .....10g  
Vert brillant .....0.013g  
Eau..... 1000 ml

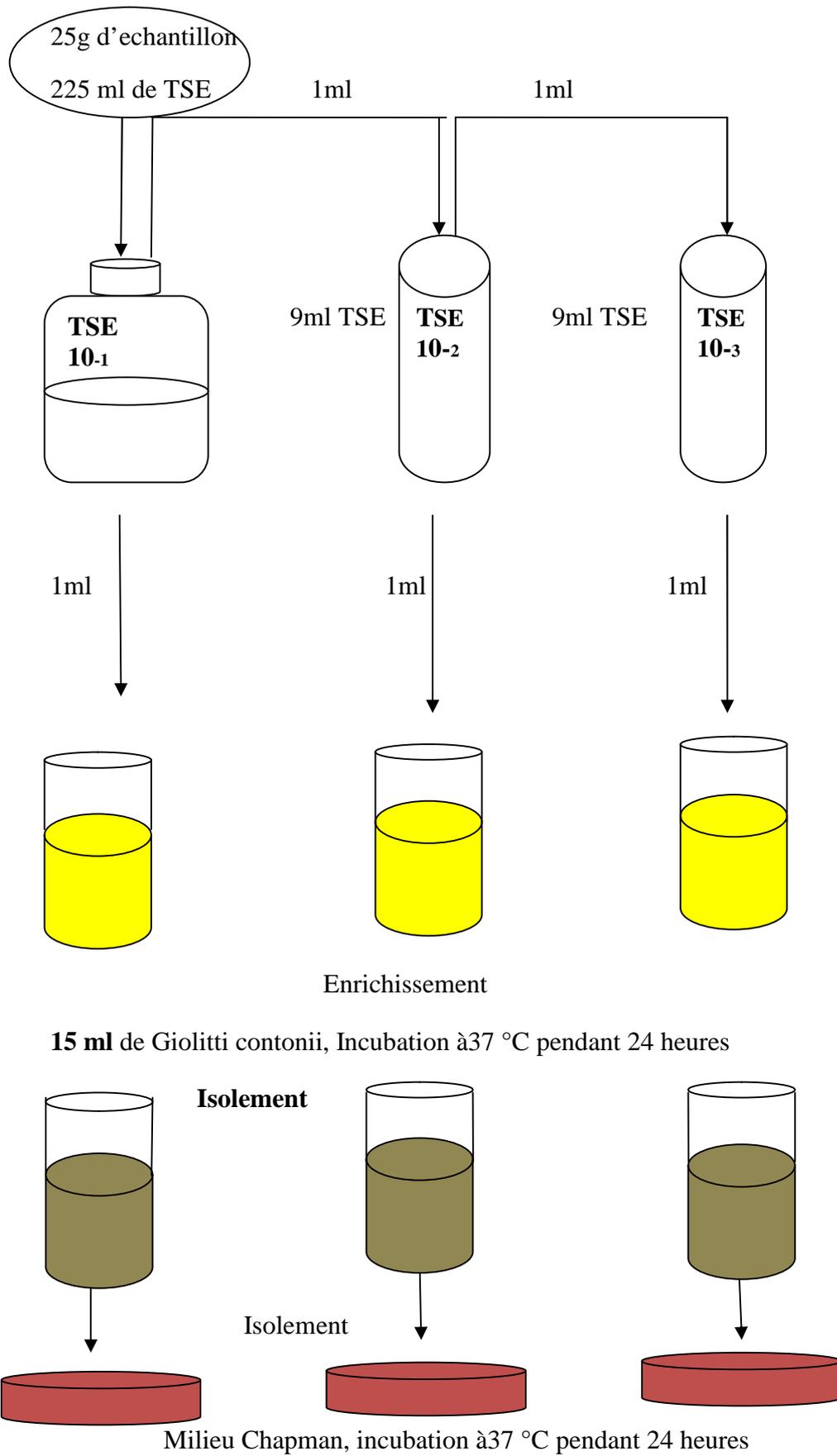
## ANNEXE III



**Figure** : la recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles.

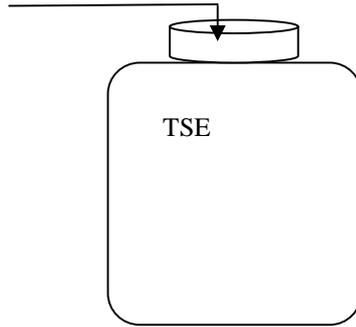


**Figure:** Recherche et dénombrements des levures et moisissures.



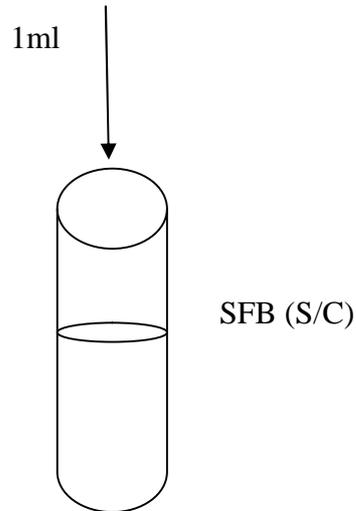
**Figure :** recherche et dénombrements de *Staphylococcus aureus*.

25g d'échantillon  
+ 225ml BLMT



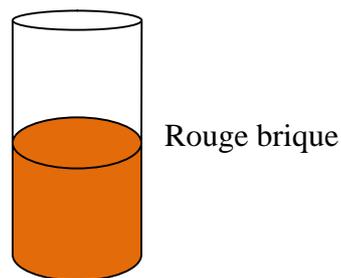
**Pré-enrichissement**

Incubation à 37 °C pendant 18 à 24 heures



**Enrichissement**

Incubation à 37 °C pendant 24 heures



**Isolement**



**Héktoen**

Incubation à 37 °C pendant 24 heures

**Figure** : Recherche et dénombrement des Salmonelles.

## Annexe IV

Nombre caractéristique	Nombre de micro-organismes
000	0,0
001	0,3
010	0,3
011	0,6
020	0,6
100	0,4
101	0,7
102	1,1
110	0,7
111	1,1
120	1,1
121	1,5
130	1,6
200	0,9
201	1,4
202	2,0
210	1,5
211	2,0
212	3,0
220	2,0
221	3,0
222	3,5
223	4,0
230	3,0
231	3,5
232	4,0
300	2,5
301	4,0
302	6,5
310	4,5
311	7,5
312	11,5
313	16,5
320	9,5
321	15,0
322	20,0
323	30,0
330	25,0
331	45,0
332	110,0
333	140,0

## d) Table de NPP

1x50 mL	5x10mL	5x1mL	Nombre caractéristique	Limite de confiance	
				Limite d'inférieur	supérieur
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0.5	4
0	0	2	2	<0.5	6
0	1	0	1	<0.5	4
0	1	1	2	<0.5	6
0	1	2	3	<0.5	8
0	2	0	2	<0.5	6
0	2	1	3	<0.5	8
0	2	2	4	<0.5	11
0	3	0	3	<0.5	8
0	3	1	5	<0.5	13
0	4	0	5	<0.5	13
1	0	0	1	<0.5	4
1	0	1	3	<0.5	8
1	0	2	4	<0.5	11
1	0	3	6	<0.5	15
1	1	0	3	<0.5	8
1	1	1	5	<0.5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0.5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	10
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	1
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	240		

## Annexe V

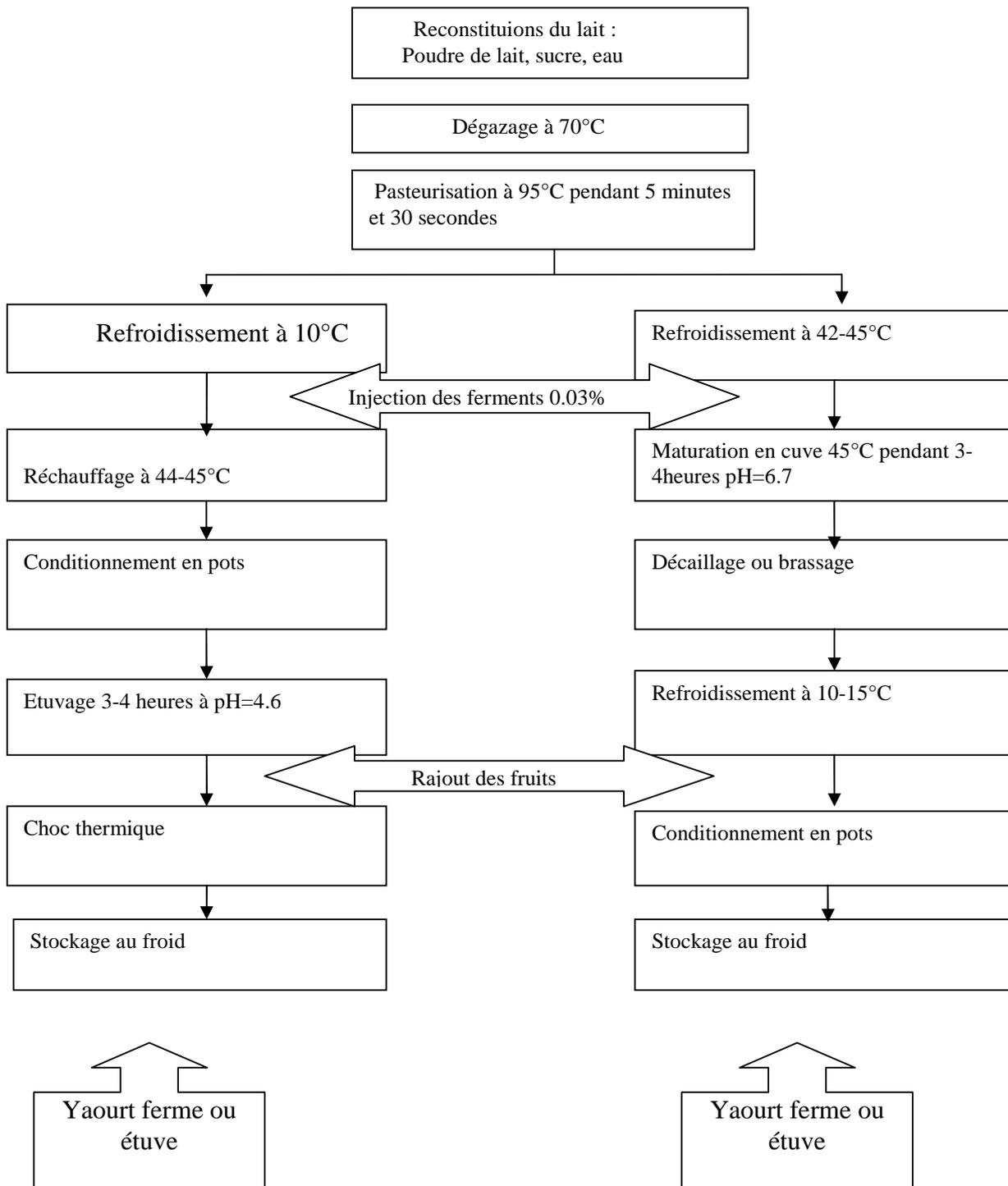


Figure : processus de fabrication du yaourt au niveau de la laiterie TREFLE

## ANNEXE VI

Les analyses statistiques :

Analyses de 1<sup>er</sup> variable le pH dans différentes doses de germe de blé tendre

Les variances	S.C.E	DDL	Carres moyens	TEST F	Probabilité	E.T.	C.V.
Var. Total	0.01	7	0.00	14.00	0.0160	0.01	0.3%
Var. Facteur	0.01	3	0.00				
Var. résiduelle	0.01	4	0.00				

Analyses de 2<sup>ème</sup> variable l'acidité titrable dans différentes doses de germe de blé tendre

Les variances	S.C.E	DDL	Carres moyens	TEST F	Probabilité	E.T.	C.V.
Var. Total	44.00	7	6.29	6.00	0.0597	1.41	1.7%
Var. Facteur	36.00	3	12.00				
Var. résiduelle	8.00	4	2.00				

Analyse de 3<sup>ème</sup> variable l'extrait sec total dans différentes doses de germe de blé tendre

Les variances	S.C.E	DDL	Carres moyens	TEST F	Probabilité	E.T.	C.V.
Var. Total	0.21	7	0.03	350.35	0.0003	0.01	0.1%
Var. Facteur	0.21	3	0.07				
Var. résiduelle	0.21	4	0.00				

- ACHEM H, et HADJARI F. (2000).** Effet d'incorporation du son de blé tendre sur les Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques d'une farine de panification.
- ADRIAN J, FRAGNE R. (1995).** La science alimentaire de A # Z. Ed .Tec et Doc Lavoisier. p 477.
- ADRIAN J. (2004).** La composition du germe de blé et sa valeur nutritionnelle. Ind des céréales N°137. Avril/mai. pp 9-13.
- AFNOR.** Contrôle de la qualité des produits laitiers : analyses physiques et chimiques, ed : AFNOR, 3ème édition, **1986**
- AFNOR.2006 :** Association française de normalisation ; Recueil des normes françaises, contrôle de la qualité des produits laitiers NF EN 14486 Janvier 2006, Paris.
- Aguilera, Kesler, 1988.** physical-chemical and rheological properties of milk fat globules with modified membranes « Milchwiss, 43 :411-415p.
- AL-KAHTANI A. (1989).** Studies of Saudi Arabian locally produced wheat germ. Food chemistry, vol: 34, pp 121-130.
- Alais C., GuyL. et Miclo L., 2003 :** biochimie alimentaire 5ème édition, 5<sup>ème</sup> édition Dunod. Paris. 250P..
- Algérie, Arrêté interministériel** relatif aux températures et procédés de conservation par réfrigération, congélation ou surgélation des denrées alimentaires, (Novembre 1999) p.15.
- Ayroy W.R et .Doughty .J .** le blé dans l'alimentation humaine F.A. OROME ,1970.
- Anonyme, 1987 :** le lait matière première de l'industrie laitière. CEPIL, INRA pub, PARIS, France, 1987 première de l'industrie laitière. CEPIL, INRA pub, PARIS, France, 1987.
- Anonyme, 2012** <http://www.composition-des-aliments.fr/analyse-france/germe-ble>.
- ARSHAD M.U, ANJUM F.M., and ZAHOOR T. (2007).** Nutritional assessment of Cookies supplemented with defatted wheat germ. Food Chemistry (102). pp123-128
- ARNAUD P. (1985).** Cours de chimie organique. Ed. Gautier Villars.

**Anonyme, 2009** .ministère de l'économie de l'industrie et de l'emploi.(Eds),observation économique de l'achat public.46p.\*

**Anonyme, 2011**<http://www.biolineaires.com/articles/nutrition/256-germes-de-ble.html>

**Anonyme, 2011** : les bénéfiques des yaourts sur la santé : mythe ou réalité ([http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/mag\\_2000/mag0811/nu\\_2131\\_mythe.html](http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/mag_2000/mag0811/nu_2131_mythe.html))

**Anonyme, 2011** : Mémoire d'ingénieur d'état en science agronomique de Mascara. pp 145.

**Audigié D, Dupont G., Zonszain T., 1978.** Manipulation d'analyse biochimique. Ed. Doin. Paris, p : 27-74.

**Auclair J, Richard J.1986.** Lait matière de l'industrie laitière. Chapitre 55.pp :45-50.

**BAJAJ M, KAUR A., and SIDHU J.S. (1991).** Studies on the development of nutritious cookies utilizing sunflower kernels and wheat germ.Plant Foods for Human Nutrition (41). pp 381-387.

**BARNES P.J. (1983).** Wheat germoil, Lipids in cereal technology, pp389-400.

**Barthelemy F. ; Rathe I, 1993** .Yaourt et alimentation des enfants .Ed Ssyndifrais,pp 3-4

**Beerens H, Luquet F M., 1987.** Guide pratique d'analyses microbiologiques des laits et des produits laitiers. ED. Techniques et documentation-Lavoisier, 144p France.

**Béal, C, Sodini, I.,** Fabrication des yaourts et des laits fermentés in Techniques de l'ingénieur, traité agro-alimentaire. (2),lavoisier,Paris(2001).764p

**Béal, C, Sodini, I.,** Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Techniques de l'ingénieur, F-Article F6315, (2003).18p

**Béguin, P.** *De l'individuel au collectif dans les activités avec instruments.* Thèse de doctorat, Paris, Laboratoire d'Ergonomie, CNAM. 1994.

**Boudier, J.F. 1990.** Produits frais. In laits et produits laitiers.Vache-brebis-chèvre.luquet, F. (Eds), Technique et Documentation,lavoisier,Paris,PP :35-36.

**BOUDRREAU A, et MENARD G. (1993).**Le blé. Elément fondamentaux et Transformation. Ed les presse de l'université Laval, Québec Canada. p442.

**Bourgeois C-M,Leveau J-Y,1991.**technique d'analyses et de contrôle dans l'industrie agroalimentaire :le contrôle microbiologique 2<sup>ème</sup>.(Eds),Tec&Doc-lavoisier-Tom3,454p.

**BOURSON Y. (2009).** Mouture de blé tendre et technique d'obtention de la farine.Technique de l'ingénieur. Décembre F6 175-1.

**Botton B, Breton A., Feure M., Guy ph., Larpent J.P, Veau P.** moisissures utiles et nuisibles. importance industrielle, 2ème édition, Masson, Paris, 1990

**Carole L., Vignola., 2002.** Fondation de la technologie laitière du Québec, science et technologie du lait, transformation du lait. Les presses internationales polytechniques, édition scientifique, 587p.

**CHABANE.R, et TERRACHE N. (2000).** Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile de germe de blé. Thèse d'ingénieur, INA.

**Cerning J, Buillance ,& Landon,M.1990.**Comparaison of exocellular polysacharride production by thermophilic lactic acid bacteria.sciences des aliments,10,443-451.

**Chausson,F.and Maurisson,E.2002.**l'économie laitières en chiffres. Centre interprofessionnelle de l'économie laitière, Paris. France.180p.

**Cheftel J.C., 1976.** Introduction à la biochimie et technologie alimentaire. Vol : 4ème tirage. Ed. Tech et Doc-Lavoisier, Paris, 367 p.

**Courtin,P.,Monnet,V.,Rul,F,2002.**Cell-wall proteinases prt Sand prt B.144p.

**Courtin, P., Rul, F., 2004.** Interactions between microorganisms in a simple ecosystem: yogurt bacteria as a study model. Lait, 84, 125-134

**Debry G, 2001 : lait, nutrition et santé Tec&Doc lavoisier-Paris,566p.**

**DRAPRON R., N'GUYEN X., and GUILBOT A. (1969).** Development and distribution of wheat lipase activity during the course of germination. Cereal Chemistry N°46. pp

647-655.

**DUBOIS M. (1996).** Le contrôle qualité La panification française. In : La panification Française,

**Farky,N.,Y,&Imafidon,G.I.1995** thermal denaturation of indinegous milk enzymes.In heat-induced changes in milk.2<sup>ème</sup>édition.Fox,P.H.(Eds),international Dairy federation ,Brussels,pp :331-345

**FAO, 1995** « le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. <http://www.fao.org/docrep/t4280f/T4280F01.htm>

**FAO.** 2008. L'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, édité par Barbara Rischkowsky et Dafydd Pilling. Rome

**F.A.O.STAT. (2008).** FAO agricultural statistics. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<<http://faostat.fao.org>>).

**FEILLET P. (2000).** Le grain de blé composition et utilisation .INRA paris. p308.

**Fox,P .F.cheese(2003)** : anovervieu. incheese : chemistry,physics and microbiologie.pp1-36

**François M. Luquet FM., Yvette Bet Linezowski, 1986** : « *Lait et produits laitiers : Qualité, énergie et table de composition* » ; Tec et Doc ; Lavoisier ; Paris.

**Fredot, É.**, Connaissance des aliments, bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Lavoisier, (2005), 31-70

**GAUVARD C., DE LIBERA A., et ZINK M. (2002).** Dictionnaire du Moyen Age : « Famine », Presse Universitaire de France, « céréaliculture », Paris. P.239-240

**Garuda international .1998** products over-vieus germe garuda@garudaint.com

**Godon B, Will C, 1991,** Les industries de première transformation des céréales. Ed-Technique et documentation-Lavoisier, 786p.

**GUIRAUD (J.-P.).** Microbiologie alimentaire. Paris. Dunod, **1998** : p. 615.

céréales, Ed. Lavoisier, 679p.

**Hermier, J. Lenoir 1992.** « Groupes microbiens d'intérêts laitiers » coordonné par J. édition CEPIL, Paris

**Hempen M., Unger F., Seck MT., Munstermann S., Zessin KH., 2003 :** « *Quelques caractéristiques de la filière laitière informelle et l'hygiène du lait produit* » ; p156 -161

**HETTIARACHCHY N. S., GRIFFIN V. K., and GNANASAMBANDAM R. (1996).**

Preparation and functional properties of proteins isolate from defatted wheat germ. Cereal Chemistry, vol: 73.N°3, pp 259-262

.

**HOSENEY (R.C).** Structure of cereal In « Principles of cereal Sciences and Technology » HOSENEY (R.-C.). American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, **1986**: p. I-33

**IBANOGLU E. (2002).** Kinetic study on colour changes in wheat germ due to heat. Journal of Food Engineering (51). pp 209-213

**Imhof ,R.,Glattli,H.&Bosset,J .O.1994** volatil organic aroma compound produced by thermophical ans mesophilic mixed strain dairy starter cultures. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie,27,442-449.

**Jeantet R, Thomas C, Pierre S, Gérard B, 2007,** Sciences des aliments, -Volume2- Technologie des produits alimentaires, Ed-Techniques et documentation-Lavoisier, Paris, P90-100

**Joffin C, Joffin J N., 1999.** Microbiologie alimentaire. ED. CNDP d'Aquitaine France, 2eme édition, Tome 2, chapitre 9, 299p

**Joffin. C et al, 2000 :** microbiologie alimentaire ,5ème édition : France ; CRDP , d'aquitaine ; 214 pages.

**J.L.Darigol,1987.** Les céréales pour votre santé : propriétés et usage diététiques et thérapeutiques des céréales complets au germe de blé et au son. Edition Dangles.

**JORA, 1998:** Journal Officiel de la République Algérienne ; Arrêté interministériel N°35 daté du 27 mai 1998 ; Critères microbiologiques des laits ; p8.

**JORA, 1998.** Journal Officiel de la République Algérienne, 27 mars 1998.produits céréaliers et de mouture pp.21

**J.O.R.A, 2004.** Journal Officielle de la République Algérienne. Article N°26 daté du 26 Septembre 2004.

**Keilling et Dewilde R ,1985 :** Lait et les produits laitiers vaches, brebis, chèvre.(Eds),Apria,lavoisier,Paris.446p

**KEHAL N. (2010).** O.I.A.C., juillet.

**KIGER (J.-L.) et KIGER (J.- G.).** Techniques modernes de la biscuiterie: pâtisserie et biscuiterie industrielles et artisanales et des produits de regime. Tome E. Paris 2 Dunod, 1967 : 676p

**Larpent J-P, 1991.les** ferments microbiens dans les industries agroalimentaires (produits laitiers et canés) Ed Apria .paris.p 298

**Lebres M., Azizi D., Hamza H., Taleb F., 2000.** Manuelle de travaux pratiques : Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments. Institut Pasteurs D'Algérie, 85p.

**Leyral G.,Vierling E,2001.**Microbiologie et toxicologie des aliments :hygiène et sécurité alimentaire .Ed CNDP d'aquitaine 3em édition :572p.

**Loones, A, 1994.** Lait fermentés par les bactéries lactiques. *In* Bactéries Lactiques: Aspects fondamentaux et technologiques. Vol 2. De Roissart, H. &

**Luquet F-M, 1985.Lait** et produits laitiers. Vache, brebis, chèvre. ed Tec et Doc-Lavoisier.1er édition, pp 637 : 5-9,533-537.

**Luquet FM. et Carrieu G., 2005** : « *Bactéries lactiques et probiotiques* » ; Tec et doc Lavoisier ; Paris ; p445.

Manuel des techniques d'analyses physicochimiques des laits et produits laitiers de la laiterie trèfle, 2005

**Mahaut M, Jeantet R., Brulé G., Schuck P., 2000** : « *Les produits industriels laitiers : produits fermentés et desserts lactés* » ; Edition Tec et doc, Lavoisier, Paris ; p194.

**Mathieu J, 1998** : initialisation à la physicochimie du lait ; Paris : édition Tec et doc, 220 pages.

**NESSAH N. (1998)**. Extraction et caractérisation du germe de blé: Application en diététique. Thèse d'ingénieur. Blida.

**Normes interne 2000** : les normes de la société algérienne pour la production laitière (trèfle).

**NURET H. (1989)**. Extraction de germe de blé. Ind des céréales.N°59. Mai/juin. pp7-12.

**Ott, A , Fay,L.B.&Chaintreau A.1997**.Determination And Origin Of The Aroma Impact compounds of yogurt Flavor.Journal Agriculture And Food Chemistry,45,Pp :850-858

**Parabhasankar P, Haridas P, 1999** : Lepids in wheat flower streams J. Cerel-Sci 30 (3) :315.

**RIZZELLO C.G., NIONELLI L., CODA R., DE ANGELIS M., and GOBBETTI M. (2010)**. Effect of sourdough fermentation on stabilization, and chemical and nutritional characteristics of wheat germ.Food Chemistry (119). pp 1079-1089.

**Rossels, Hurbet C.,2002** :Les pains francais évolution,qualité,production,Edition : MAE-ERTI.**Sablonnière B.Technologie alimentaire, 2001.**

**Salvadorie, C M, 2003** : caractéristique of yoghurt, edition fergamon press,126 pages.

**SJÖVALL O, VIRTALAINEN T, LAPVETELÄINEN A, and KALLIO H. (2000)**. Development of Rancidity in Wheat Germ Analyzed by Headspace Gas

Chromatography and Sensory Analysis. Journal. Agric. Food Chem., 48, pp 3522-3527.

**SRIVASTAVA A. K., SUDHA M.L., BASKARAN V., and LEELAVATHI K. (2007).** Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough. Eur Food Res Technol (224). Pp 365-372.

**SUDHA M.L, SRIVASTAVA A.K', and LEELAVATHI K. (2007a).** Studies on pasting and structural characteristics of thermally treated wheat germ. Eur Food Res Technol (225). pp 351-357

**SURGET A, et BARRON C. (2005).** Histologie du grain de blé. Ind des céréales n°145. Nov/dec. pp 3-7.

**TALAMALI L, (2000).** La libération du marché des céréales en Algérie. Blé 2000, Enjeux et stratégies : 11-20.

**Tamime, A. Y. & Robinson, R. K. 1985.** Background to manufacturing practice. In Yoghurt. Science and technology. Tamime, A. Y. & Robinson, R. K. (Eds), Pergamon Press, Paris, 7-90.

**TAYLOR. (1980).** The chemical properties of wheat germ oils. Journal Sci. food. agric. Vol: 31, pp 997-1006.

**Vierling Elisabeth. 2008.** Aliments et boissons : filière et produits. (Eds), Doin, série dirigée par Guy Leyral 3<sup>ème</sup> édition. 277p.

**Veisseyre R.** technologie du lait, constitution, récolte, traitement et transformation du lait, 3<sup>ème</sup> édition .la maison rustique. Paris, 1979.

**Vignola Cadre-L, 2002.** sciences et technologie du lait (transformation du lait). (Eds), process inter polytechnique .600p

