

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB DE BLIDA

FACULTÉ DES SCIENCES AGRO-VÉTÉRINAIRES

DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

**ÈSSAI DE FORMULATION D'UN YAOURT A PARTIR DE PLUSIEURS
LAITS**

(VACHE, CHEVRE ET BREBIS)

Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention
Du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie

Spécialité : Sciences Alimentaires

REKROUK Yassine

Devant le jury composé de :

M. RAMDANE S. A.	Maitre assistant A	USDB	Président
M ^{me} ACHEHEB H. L.	Maitre de conférences B	USDB	Promotrice
M. HARFOUF	Maitre de conférences B	USDB	Examineur
M ^{me} ABDELLAOUI Z.	Maitre assistante A	USDB	Examinatrice
M ^{me} IDRESSE A.	Maitre assistante B	USDB	Examinatrice

ANNÉE UNIVERSITAIRE: 2012/2013

Remerciements

En premier lieu je remercie Allah le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a donné pour l'achèvement de ce travail Nous tenons à adresser, nos respects et nos vifs remerciements à toutes les personnes ayant apporté leur contribution, de près ou de loin à notre travail de recherche.

*Je tiens à exprimer ma très grande gratitude et mes profonds respects à ma généreuse promotrice **M^{me} ACHEHEB Hakima** Maître de conférences B à l'université de Blida, pour sa gentillesse et simplicité, pour ses orientations et conseils. Qu'elle trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.*

Je remercie vivement les membres de jury qui m'ont honoré en acceptant d'examiner ce travail:

***Mr RAMDANE S**, Maître assistant A, à l'université Saad Dahlab de Blida, pour l'honneur qu'il nous fait d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*Mes remerciements vont également à **M^r HARFOUF**, Maitre de conférences B, à l'université Saad Dahlab de Blida, pour l'honneur qu'il nous a fait en accepter d'examiner ce travail.*

*Mes plus sincères remerciements vont également à **M^{me} ABDELLAOUI Z**, Maitre assistante A, à l'université Saad Dahlab de Blida, pour l'honneur qu'il nous a fait en accepter d'examiner ce travail.*

*Mes plus sincères remerciements vont également à **M^{me} IDRESSE A**, Maitre assistante B, l'université Saad Dahlab de Blida, pour l'honneur qu'il nous a fait en accepter d'examiner ce travail.*

*Je remercie vivement tous les personnels du laboratoire de contrôle de qualité de l'unité **Trèfle (laiterie)**, pour leurs disponibilités et leurs bienveillances.*

*J'adresse mes sincères remerciements à **M^r** le chef de laboratoire centrale de l'intendance militaire de **BEAULIEU EI- HARACHE, Alger**, ainsi que leur ingénieures, techniciens, Pour leurs conseils et leur aide technique*

Aucun travail n'est possible dans l'isolement. Les rencontres, les conseils et les encouragements constituent des aides précieuses souvent décisives. C'est pourquoi je tiens à remercier ici tous ceux qui ont contribué à ce travail parfois sans le savoir ou du moins sans mesurer la portée de leurs influences.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents qui m'ont comblé d'amour et d'affection, qui m'ont toujours encouragé pour achever mes études tout en espérant voir le fruit de leurs sacrifices, qu'Allah les garde pour moi sains et saufs.

Un Hommage à mon regretté père Il était un pilier solide et incontournable pour ma personne, qu'il se repose en paix de Dieu,

Amen !!!

A mes frères et ainsi qu'à leur petits enfants : Asma.,ibtihale., Djihade., Yakoube.,chaima.,mayssa.,labibe.,louay.,houssame.,dounya., Imene., chouaib.,wassim

A mes sœurs :amira.,randa.,sakina .

A ma grande famille.

A mes chers ami(e)s : Yacine K., Moatez B., Mohamed K., Ilyes B., Abdassalem B., Salah B., Moumen B., Taky H., Yacine K. M., Taky B.; Belkacem M., Houcin B., Zouhir, Abdelrahmen T., Moussa K., Alaid B, Khir Adine F., Mamadou, Houssam D., Amine G, Ali F., Sara H., Amina K., Houda I, Asma M, Radia, Soumia M., Karima H, Yasmine O

A tous les Agronomes promotion 2013. Je les remercie pour tous les bons moments et les beaux souvenirs que nous avons eu ensemble. A tous ceux qui ont partagé avec moi les longues années d'études.

Et enfin à tous ceux qui m'aiment...

Yassine.

Sommaire

Introduction.....	1
Partie I : Synthèse bibliographique.....	3
Chapitre 1 : Le lait.....	3
Chapitre 2 : Le yaourt.....	20
Partie II : Expérimentation.....	35
Chapitre 1 : Matériel et Méthodes.....	35
Chapitre 2 : Résultats et Discussion.....	63
Conclusion.....	88
Références bibliographiques.....	90
Annexes	

RESUME

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques de trois types de lait crus (vache, chèvre et brebis), on permet de caractériser le lait de brebis comme le lait Le plus riche en matière grasse, protéine, lactose, et en minéraux avec respectivement : (76,66, 54,36, 46,8, et 8,93 g/l), par contre pour le pH des trois laits sont quasi identiques avec (6,79, 6,7 et 6,82), respectivement pour le lait de vache, de chèvre et de brebis.

Les formulations de trois types de yaourt étuvé à base de ces trois laits crus ont permis de donner des produit finis similaires dans les valeurs de pH, avec une différence dans les valeurs de l'acidité titrable, du taux de protéines, de l'extrait sec total et des cendres.

Les analyses microbiologiques ont montré que les produits finis sont conforme aux normes internes d'entreprise.

Les analyses organoleptiques ont montré que le lait de chèvre a été largement adopté par les dégustateurs.

L'analyse économique à montrer que le yaourt fabriqué à base de lait de chèvre et de brebis coûte plus cher qu'un yaourt fabriqué à base de lait de vache et à base de lait reconstitué.

Les mots clés : yaourt étuvé, formulation, lait de chèvre, lait de vache, lait de brebis.

SUMMARY

The physicochemical and microbiological analysis of three types of raw milk (cow, goat and sheep) was allowed to characterize sheep milk as The richest milk in fat, protein, lactose and minerals respectively: (76.66, 54.36, 46.8, and 8.93 g /l). in contrast to the three pH milk are also identical with (6.79, 6.7 and 6.82), respectively for the cow, goat and sheep.

The formulations of three types of yogurt parboiled on the basis of these three raw milks are giving similar finished product in pH values ,but there is a difference in the values of titrable acidity, the rate of protein, the totally dry extract and ash.

Microbiological analysis showed that the finished products are standards according to internal company.

The sensory analysis showed that the goat's milk has been widely adopted by the tasters.

The economic analysis to show that yogurt made from goat's milk and sheep cost more than a yogurt made from cow's milk-based and reconstituted milk.

Key words: yogurt parboiled, formulation, goat's milk, cow's milk, sheep's milk.

ملخص

التحاليل الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية التي اجريت على ثلاثة انواع من الحليب الطازج (حليب البقر، حليب الماعز و حليب الغنم) بينت ان حليب الاغنام هو الحليب الاغنى من ناحية الدسم(76,66)، البروتين (54,36) اللاكتوز (46,8) و الاملاح المعدنية (8,93) و على العكس قيم الحموضة تكاد تكون متطابقة مع (6,79 ، 6,7 ، 6,82) على التوالي من أجل البقر، الماعز و الأغنام قمنا بتشكيل ياغورت باستعمال هذه الأنواع الثلاثة من الحليب ، مع العلم أنه تم استعمال كل نوع من الحليب على حدى لتشكيل نوع من الياغورت وقد أثبتت التحاليل التي أجريت على الياغورت المشكل أن هناك تطابق في قيم الpH واختلاف في قيم الحموضة، نسبة البروتينات، المادة الدسمة، و الأملاح المعدنية

أثبتت التحاليل الميكروبيولوجية للمنتوج أن هناك توافق مع المعايير المنتجة من طرف الملبنة (ترافل) كما بينت التحاليل الأورغانولبتية أن الياغورت الذي تم تشكيله بحليب الماعز نال إعجاب المتذوقين

التحليل الإقتصادي أظهر أن الياغورت المصنوع من حليب الماعز و الأغنام من حيث التكلفة أكثر من ثمن الياغورت المصنوع من حليب البقر و الحليب المعاد تشكيله

الكلمات المفتاحية

ياغورت، تشكيل، حليب الماعز، حليب البقر، حليب الغنم

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation
APV : Automation Process Valve
ARCIL : Automatisation Réalisation Conditionneuse pour Industrie Laitière
ASR : Anaérobie Sulfito Réducteur
ATB : Antibiotique
ATP : Adénosine Tri Phosphate
AT : Acidité Titrable
°C : Degré Celsius
CEN: Cendres
CF : Coliforme Fécaux
CIP : Cleaning In Place
CT : Coliforme Totaux
°D : Degré Dornic
DA : Dinar Algerien
D/C : Double Concentration
DCLA : Désoxycholate
ESD : Extrait Sec Dégraissé
EST : Extrait Sec Total
EDTA : Acide Diamine Tétra Acétique
°F : Degré Français
FAO : Food Agriculture Organisation
FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale
GC : Giolitti Cantoni
GN : Gélose Nutritive
ISO: International Standards Organisation
J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérien
Lb: *Lactobacillus*
L.M : Levure et Moisissure
MG : Matière Grasse
MS : Matière Sèche
MST : Matière Sèche Totale
N : Normal

NaCl : Chlorure de sodium
NaOH : hydroxyde de sodium
NF : Norme Française
OGA : Oxytétracycline Glucose Agar.
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
PCA : Plate Count Agar
Sal : Salmonelle
S.aureus : *Staphylococcus aureus*
Sc : *Streptococcus*
S/C : Simple Concentration
SFB : Bouillon au Sélinite – cystéine
TB : Taux Butreau
TP : Taux de protéines
TSE : Tryptone- Sel- Eau
U : Unité
UFC/ml : Unité Formant Colonie par millilitre
UV : Ultra Violet
VE : Valeur Energétique
VF : Viande Foie
% : Pour cent
‰ : Pour mille
PDL : Poudre de lait

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition du lait chez divers mammifères.....	4
Tableau 2 : Composition lipidique du lait de vache.....	5
Tableau 3 : composition de lait en minéraux	6
Tableau 4 : Teneur moyenne des principales vitamines du lait.....	8
Tableau 5 : Teneurs en vitamines de lait de chèvre (mg/litre).....	11
Tableau 6 : Caractéristiques physico-chimiques de la matière grasse du lait de brebis	12
Tableau 7 : les composants minéraux du lait de brebis.....	13
Tableau 8 : La composition comparée des vitamines des laits de brebis, chèvre, vache.....	14
Tableau 9 : Réglementation concernant la quantité d'acide lactique ou le pH dans le yaourt	22
Tableau 10 : Caractéristiques d'un yaourt nature.....	25
Tableau 11 : Les germes recherchés par échantillon.....	48
Tableau 12 : Recette du yaourt témoin (pour 1 Kg).....	57
Tableau 13 : Recette des yaourts formulés à base de trois laits crus.....	57
Tableau 14 : Optimisation des formulations de yaourt à base de trois laits crus..	58
Tableau 15 : PH des trois laits	63
Tableau 16 : l'acidité titrable des laits de vache, chèvre et brebis.....	64
Tableau 17 : la teneur en matière sèche des trois laits en g/l.....	65
Tableau 18 : la teneur en matière grasse des laits de vache, chèvre et brebis en g/l.....	66
Tableau 19 : la teneur en protéine des laits de vache, chèvre et brebis en g/l....	67
Tableau 20 : la teneur en cendres des laits de vache, chèvre et brebis en g/l....	70
Tableau 21 : la teneur en lactose des trois laits de vache, chèvre et brebis en g/l	71
Tableau 22 : Résultats de l'analyse microbiologique des trois laits.....	74
Tableau 23 : Résultats d'analyse physico-chimique des produits finis.....	77
Tableau 24 : Résultats de l'analyse microbiologique des produits fins.....	80
Tableau 25 : Coûts des matières premières utilisées pour la fabrication d'un Kilogramme de yaourt étuvé	86
Tableau 26 : Coûts des trois formulations en (DA)/Kg.....	87
Tableau 27 : La table de NP.....	Annexe 1

Tableau 28 : Compositions des milieux de cultures.....	Annexe 3
Tableau29 : Analyse de variance de MG.....	(Annexe 6
Tableau 30 : Analyse de variance de AT.....	Annexe 6
Tableau 31 : Analyse de variance de CEN.....	Annexe 6
Tableau 32 : Analyse de variance de TP.....	Annexe 6
Tableau 33 : Analyse de variance de Ph.....	Annexe 6
Tableau 34 : Analyse de variance de EST.....	Annexe 6
Tableau 35 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour les trois essais.....	Annexe 6
Tableau 37 : composition moyenne en vitamines du lait cru.....	Annexe 9
Tableau 40 : principaux rôles des bactéries lactiques dans les aliments.....	Annexe9
Tableau 39 : caractéristiques de <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Annexe 9
Tableau 38 : caractéristiques de <i>Streptococcus thermophiles</i>	Annexe 9

Liste des figures

Figure 1: Fabrication des yaourts ferme.....	23
Figure 2 : Diagramme général de fabrication des yaourts	24
Figure 3 : Réalisation des dilutions décimales.....	49
Figure 4 : Le diagramme de fabrication des yaourts expérimentaux avec les paramètres technologiques variés.....	60
Figure 5 : le pH des trois laits.....	63
Figure 6 : l'acidité titrable des trois laits de vache, chèvre et brebis.....	65
Figure 7 : la teneur en matière sèche des trois lait de vache, chèvre et brebis.....	66
Figure 8 : la teneur en matière grasse des trois laits de vache, chèvre et brebis.....	67
Figure 9 : la teneur en protéine des trois laits de vache, chèvre et brebis.....	69
Figure 10 : la teneur en cendres des trois laits de vache, chèvre et brebis.....	71
Figure 11 : la teneur en lactose des laits de vache, chèvre et brebis.....	73
Figure12 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour le témoin.....	81
Figure13 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour le yaourt à base du lait de vache.....	82
Figure 14 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour le yaourt à bas du lait de chèvre.....	82
Figure 15 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour le yaourt à bas du lait de brebis.....	83
Figure 16 : profil sensoriel des produits finis.....	84
Figure17 : Photographies représentant les yaourts préparés	Annexe5
Figure18 : Photographies représentant les yaourts préparés.....	Annexe5
Figure19 : Photographies représentant les yaourts préparés.....	Annexe5
Figure20 : Photographies représentant les yaourts préparés.....	Annexe5
Figure21 : Photographies représentant les yaourts préparés.....	Annexe5
Figure22 : Photographies représentant les yaourts préparés.....	Annexe5
Figure 23 : Incubation de yaourts Préparée dans une étuve de 45 C°.....	Annexe5
Figure 24 : incubation des bactéries recherchées dans Yaourt	Annexe5
Figure 25: Technique de préparation des dilutions décimales.....	Annexe8

Table des matières

Introduction	1
Partie I : Synthèse bibliographique	3
Chapitre 1 : Le lait	3
I-1 Généralités sur le lait	3
I-1-1 Composition globale du lait.....	3
I-2 Lait de vache	4
I-2-1 Définition.....	4
I-2-2 composition et caractéristiques physico-chimiques	5
I-2-2-1 Matières grasses.....	5
I-2-2-2 Matière azotée	5
I-2-2-3 Glucides / lactose.....	6
I-2-2-4 Minéraux.....	6
I-2-2-5 Acidité.....	6
I-2-2-6 Densité.....	7
I-2-2-7 Eau.....	7
I-2-2-8 Vitamines.....	7
I-3 Lait de chèvre	8
I-3-1 Définition.....	8
I-3-2 compositions et caractéristiques physico-chimiques.....	9
I-3-2-1 Matières grasses.....	9
I-3-2-2 Matières azotés.....	9
I-3-2-3 Lactose	9
I-3-2-4 Minéraux.....	10
I-3-2-5 Acidité.....	10
I-3-2-6 Densité.....	10
I-3-2-7 Eau.....	11
I-3-2-8 Vitamines.....	11
I-4 Lait de brebis	12
I-4-1 Définition.....	12
I-4-2 Composition et caractéristiques physico-chimiques.....	12
I-4-2-1 Matières grasses.....	12

I-4-2-2- Matières azotés.....	12
I-4-2-3 Lactose.....	13
I-4-2-4 Minéraux.....	13
I-4-2-5 Densité	13
I-4-2-6 Vitamines	14
I-5 Microflore des laits.....	14
I-5-1 Flore indigène ou originelle.....	15
I-5-2 Flore de contamination.....	15
I-5-3 Les principales sources de contamination du lait.....	15
I-5-4 Principales microflores rencontrées en industrie laitière.....	16
I-5-4-1 Bactéries lactiques ou ferments lactiques	16
I-5-4-2 Levures et moisissures.....	16
I-5-4-3 Bactérie psychrotrophes.....	17
I-5-4-4 Coliformes	17
I-5-4-5 Bactéries thermorésistantes	17
I-5-4-6 Bactéries pathogènes	18
Chapitre 2 : Le yaourt.....	20
II-Le yaourt.....	20
II-1-1 Définition.....	20
II-1-2 constituants d'un yaourt.....	22
II.1.3. Diagramme de fabrication d'un yaourt.....	23
II-2 Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt.....	25
II-3 Bactéries lactiques.....	28
II-3-1 Définition.....	28
II-3-2 Intérêts et fonctions des bactéries lactiques.....	29
II-3-2-1 Production d'acide lactique.....	29
II-3-2-2 Activité aromatisante.....	30
II-3-2-3 Activité protéolytique.....	30
II-3-2-4 Activité texturante.....	31
II-3-3 Les bactéries lactiques spécifiques au yaourt.....	31
II-3-3-1 Caractères généraux de <i>Streptococcus thermophilus</i> et <i>Lactobacillus bulgaricus</i> ...	31
A / <i>Streptococcus salivarius ssp. Thermophiles</i>	31
B / <i>Lactobacillus delbrueckiissp. Bulgaricus</i>	32

II-4 Défauts de fabrication des yaourts.....	32
II-4-1 Défauts d'apparence et de texture.....	31
II-4-2 Défauts de gout.....	31
Partie II : Expérimentation.....	35
Chapitre 1 : Matériel et Méthodes.....	35
I- Matériel et Méthodes.....	35
I-1- Matériel d'étude.....	36
A. Matériel biologique	36
B. Matériel non biologique.....	36
I-2 Méthode de prélèvement des échantillons.....	36
I-2-1 Prélèvement de lait.....	37
I-2-2 Prélèvement des produits finis.....	37
I-3 Méthodes d'analyse physicochimiques.....	37
I-3-1 Détermination du pH.....	38
I-3-2 Détermination de l'acidité titrable.....	38
I-3-3 Détermination de l'extrait sec total (EST).....	39
I-3-4 Détermination de la matière grasse (MG).....	40
I-3-5 Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD).....	42
I-3-6 Détermination de la teneur en protéines.....	42
I-3-7 Détermination de la teneur en lactose.....	43
I-3-8 Les Cendres.....	45
I-4 Analyses microbiologiques.....	46
I-4-1 Préparation de la solution mère et des dilutions décimales.....	49
I-4-2 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux... ..	50
I-4-3 Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux.....	51
I-4-4 Recherche et dénombrement des Clostridium sulfitoréducteur	51
I-4-5 Recherche et dénombrement des Staphylococcus.....	52
I-4-6 Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	53
I-4-7 Recherche et dénombrement des Salmonelles.....	54
II- Préparation des yaourts à partir de trois types de laits.....	56
II-1 Protocole expérimentale.....	56
II -1-1 Préparation des laits cru destinés à la formulation des yaourts.....	58
II-1-2 Préparation du lait reconstitué destiné à la formulation du yaourt témoin.....	58

II-1-2-1 Traitement thermique.....	59
II-1-2-2 Ensemencement des ferments lactiques.....	59
II-1-2-3 Conditionnement.....	59
II-1-2-4 Etuvage.....	59
II-1-2-5 Refroidissement	59
II-1-2-6 Stockage.....	59
III- Analyse organoleptique.....	61
III-1 Terminologie.....	61
III-1-1 Aspect.....	61
III-1-2 Texture.....	61
III-1-3 Goût et flaveur.....	61
III-1-4 Synérèse.....	61
III-1-5 Mouthfeel.....	61
IV- Evaluation technico-économique des yaourts formulés.....	62
Chapitre 2 : Résultats et Discussion.....	63
II Résultats d'analyses physico-chimiques de matières premières.....	63
II-1 Le PH.....	63
II-2 Acidité titrable en (°D).....	64
II-3 La teneur en matière sèche ou extrait sec total.....	65
II-4 La teneur en matière grasses.....	66
II-5 La teneur en protéines.....	67
II-6 La teneur en cendres.....	70
II-7 La teneur en lactose.....	71
III Résultats de l'analyse microbiologique des matières premières.....	73
III-1 Les germes totaux.....	74
III-2 Les coliformes fécaux.....	75
III-3 Les germes pathogènes <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>streptocoques</i> , <i>salmonella</i> et <i>clostridium sulfito-réducteurs</i>	76
IV Résultats d'analyse physico-chimiques de produit fini.....	77
IV-1 Acidité	77
IV-2 PH.....	78
IV-3 Extrait sec total (EST).....	78
IV-4 Taux des protéines (TP).....	78

IV-5 Matière grasse (MG).....	79
IV-6 Teneur en cendre(CEN).....	79
V Résultats de l'analyse microbiologique de produit fini.....	80
VI Résultats des analyses organoleptiques.....	81
VI-1 Résultats du test de dégustation	81
VI-2 Résultat du test descriptif comparatif.....	84
VI-2-1 La texture.....	84
VI-2-2 Le gout.....	84
VI-2-3 Couleur.....	85
VI-2-4 Odeur	85
VII Etude technico-économique.....	86
VII-1 Les coûts des matières premières.....	86
Conclusion.....	88
Références bibliographiques.....	90
Annexes	

Introduction

Le lait est un aliment complet capable de fournir à l'organisme tous les éléments essentiels et nécessaires à sa croissance et à son développement (Anonyme, 1995).

Ces dernières années, avec le développement des connaissances scientifiques et des progrès technologiques, l'industrie laitière a pris place parmi les plus performantes et les plus modernes des industries agroalimentaires, entraînant ainsi l'envahissement du marché par différents types de produits laitiers, dont le yaourt qui est devenu un véritable aliment de choix et de qualité (Loones, 1994).

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications. Certains de ces modifications en font un produit de meilleures valeurs nutritionnelles et thérapeutiques. Les produits laitiers fermentés sont reconnus comme une source importante de protéines digestibles, vitamines, calcium (Mahaut *et al.*, 2000).

Des avantages nutritionnels concernant l'amélioration de la digestibilité des protéines et de la matière grasse, suite à libération des acides aminés et des acides gras par les bactéries lactiques.

Si la consommation du yaourt s'est d'abord accrue dans les pays industrialisés, elle offre pour les pays en voie de développement un type d'aliment approprié aux besoins des populations pauvres en raison de leur acidité qui en fait des aliments hygiéniques, de plus, ils présentent une bonne valeur nutritionnelle, des qualités organoleptiques généralement très bien acceptées ainsi qu'une relative facilité de préparation et de distribution (De Roissard et Luquet, 1994; Anonyme, 1995).

En Algérie, la filière lait et produits laitiers a vu un développement d'entreprise publique d'une part et des entreprises privées d'autre part qui occupent actuellement une place importante dans le marché national, et ouvrant ainsi le secteur à une forte

concurrence entre ces entreprises, pour cela l'amélioration du produit de point de vue qualité et coût été important pour rester dans la production.

Du fait des diverses vertus nutritionnelles du lait et dans le cadre d'amélioration et de variation des produits on a effectué une séries d'analyses physicochimiques et microbiologiques sur trois types de laits cru (un lait de vache, un lait de chèvre et un lait de brebis), par la suite on a procédé à la formulation de trois types de yaourts étuvé à partir de ces trois types de lait et à la fin on a effectué une étude physicochimique, microbiologique, organoleptique et économique des produits finis.

PARTIE I :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : LE LAIT

I-1 Généralités sur le lait

Le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes.

Le lait peut faire l'objet de plusieurs traitements physiques, chimiques et/ou biologiques afin d'améliorer sa conservation, sa présentation, sa texture et/ou ses caractéristiques organoleptiques. Selon les traitements appliqués, on obtient un certain nombre de produits tels que le lait pasteurisé, le lait stérilisé, le lait en poudre, le fromage, le yaourt, etc.

Du point de vue physico-chimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa composition est indispensable pour comprendre les transformations qui s'opèrent en lui et en ses dérivés au cours des divers traitements industriels. (Cheftel et al ,1977)

I-1-1 Composition globale du lait

Le lait est caractérisé par différentes phases en équilibre instables (LE JAOUEN ,1986) :

- Une phase aqueuse contenant en solution des molécules de sucre, des ions et des composés azotés.
- Des phases colloïdales instables, constituées de deux types de colloïdes protéiniques.
- Et des globules gras en émulsion dans la phase aqueuse.

La composition générale du lait varie en fonction d'une multiplicité de facteurs : la race, l'alimentation, la période de lactation et l'état de santé de l'animal. (Tableau 1)

Tableau 1 : Composition du lait chez divers mammifères

	Composition moyenne du lait en grammes par litre							
	Eau	Extrait sec	Matière grasse	Protéines			Glucide: Lactose	Matières minérales
				Totales	caséine	albumine		
Lait maternel	905	117	35	12-14	10-12	4-6	65-70	3
Ruminantia, Lait de vache								
Vache	900	130	35-40	30-35	27-30	3-4	45-50	8-10
Chèvre	900	120	40-45	35-40	30-35	6-8	40-45	5-8
Brebis	860	190	70-75	55-60	45-50	8-10	45-50	10-12
Bufflonne	850	180	70-75	45-50	35-40	8-10	45-50	8-10
Renne	675	330	160-200	100-105	80-85	18-20	25-50	15-20

Source : (LAVOISIER, 1990)

Ainsi, le lait est un système colloïdal constitué d'une solution aqueuse de lactose, de matières salines et de plusieurs autres éléments dissous, dans laquelle se trouvent des protéines à l'état de suspension et des matières grasses à l'état d'émulsion. L'extrait sec total du lait est en moyenne de 13,1% et l'extrait sec dégraissé (sans matière grasse) est de 9,2%.

I-2 Lait de vache

I-2-1 Définition

Le lait a été défini en 1909 par le congrès international de la Répression des fraudes (LUQUET et BOU DIER, 1981), comme étant :

«Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'un femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum».

En outre, le lait qui ne présente aucune indication sur l'espèce animale de provenance correspond au lait de vache, s'il s'agit d'une autre espèce il doit être désigné par la dénomination « lait » suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient (LUQUET et BOU DIER, 1981).

I-2-2 composition et caractéristiques physico-chimiques du lait de vache

I-2-2-1 Matières grasses

Le lait de vache contient naturellement entre 3,6% et 4,5% de matière grasse. C'est le second constituant de la matière sèche du lait après le lactose (Gniidig, 2001).

La matière grasse est sous forme de globules gras en émulsion dans la phase aqueuse du lait, le diamètre moyen du globule gras du lait de la vache est 3 à 5 μ .m (Amiot et al, 2002). Les matières grasses du lait se composent comme indiqué sur le Tableau 2 :

Tableau 2 : Composition lipidique du lait de vache

Constituants	% de matière grasse
Triglycerides	98
Phospholipids	01
Fraction insaponifiable	01

Source : D'après Amiot et al (2002)

I-2-2-2 Matière azotée

On distingue deux groupes de matières azotées dans le lait : les protéines et les matières azotées non protéiques. Les protéines (32,7 g/L), parmi lesquelles la caséine (80 %), les protéines solubles (albumines et globulines 19 % et des protéines diverses (enzymes) 1 %) en constituent la fraction essentielle.

Le lait constitue donc une importante source de protéines pour l'homme, en particulier pour l'enfant. Sa teneur en protéines est par voie de conséquence une caractéristique essentielle de sa valeur marchande.

Les caséines se trouvent dans le lait sous forme d'un complexe des diverses caséines liées à du phosphate de calcium colloïdal : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Ces protéines qui contiennent des groupes acides et des groupes amines à caractère basique, sont sensibles au pH du milieu. L'acidification du milieu à pH 4,6 provoque la coagulation de ces protéines qui se séparent de la phase aqueuse. (Rakotondrasoa, 2005; brule, 1987).

I-2-2-3 Glucides / lactose

En dehors de sa présence dans le lait, le lactose est un sucre extrêmement rare. C'est le constituant le plus rapidement attaqué par action microbienne. Les bactéries transforment le lactose en acide lactique. Cette transformation parfois gênante est souvent utilisée en industrie laitière notamment pour l'obtention des laits fermentés, yaourts. Son pouvoir sucrant est six fois plus faible que le sucre ordinaire. A titre d'exemple, si on considère le pouvoir sucrant du saccharose égal à 100, celui du fructose est de 170, celui du glucose est de 75 et celui du lactose est de 17 (LUPIEN, 1995)

I-2-2-4 Minéraux

La matière minérale et saline du lait est d'environ 9 g/l, répartie de manière complexe est fondamentale d'un point de vue nutritionnel et technologique. En effet, le lait contient tous les éléments minéraux Indispensables à l'organisme et notamment le calcium et le phosphore (GUEGEN, 1979). (Tableau 3)

Les matières minérales ne sont pas exclusivement sous la forme de sels solubles (molécules et ions) ; une partie importante se trouve dans la phase colloïdale insoluble (micelles et caséines) (DEBRY, 2001).

Tableau 3 : composition de lait en minéraux

minéraux		Teneur(mg/k	minéraux		Teneur(mg/kg)
Sodium	(Na)	445	Calcium	(Ca)	1180
Magnésium	(Mg)	105	Fer	(Fe)	0,50
Phosphore	(P)	896	Cuivre	(Cu)	0,10
Chlore	(Cl)	958	Zinc	(Zn)	3,80
Potassium	(K)	1500	L'ode	(1)	2,28

I-2-2-5 Acidité

Dès sa sortie du pis de la vache, le lait démontre une certaine acidité appelée « acidité apparente » ou « acidité naturelle » du lait . Elle varie entre 0,13 et 0,17 % d'équivalent d'acide lactique. A la sortie de l'épis de la vache, le lait frais ne contient qu'environ 0,002% d'acide lactique $\text{CH}_3\text{-CHOH-COH}$. Cette nouvelle acidité se nomme « acidité développé ».

Acidité titrable :

Acidité titrable = Acidité naturelle + Acidité développée

- ✓ L'acidité titrable s'exprime soit en pourcentage(%) d'équivalent d'acide lactique soit en degrés Dornic (°D).
- ✓ A la réception du lait on mesure l'acidité titrable pour vérifier la qualité du lait.
- ✓ Pour s'assurer de la qualité de lait et pour valider les résultats du titrage, on recommande de mesurer le pH de l'échantillon, le pH d'un lait frais se situe entre (6,6et 6,8) (Amiot et al, 2002)

I-2-2-6 Densité

La densité du lait à15C° varie de 1,028 à 1,035 pour une moyenne de 1,032.

- ✓ Plus un lait ou un produit laitier contient un pourcentage élevé de matière grasse, plus la densité sera basse.
- ✓ Plus la teneur en solide non gras est élève (ESD), plus la densité du produit laitier sera élève.

On peut donc affirmer qu'un écrémage du lait augmentera sa densité et qu'un mouillage ou une addition d'eau la diminuera (Amiot et al, 2002).

I-2-2-7 Eau

C'est le composé le plus abondant : 905g /l (soit 87,8%) ou sont dispersés tous les autres constituants du lait, tous ceux de sa matière sèche (MATHIEU, 1998).

I-2-2-8 Vitamines

On classe les vitamines en deux grandes catégories (voir tableau 4):

- Les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et C) de la phase aqueuse du lait.
- Les vitamines liposolubles (vitamine A, D, E et K) associés à la matière grasse, certaines sont au centre de globule gras et d'autre à la périphérie.

Tableau 4 : Teneur moyenne des principales vitamines du lait.

Vitamines liposolubles	Teneur moyenne	Vitamines hydrosolubles	Teneur moyenne
Vitamines A	40 µg/100ml	Vitamines C (acide ascorbique)	2 mg/100ml
Vitamines D	2.4 µg/100ml	Vitamines B ₁ (thiamine)	45 µg/100ml
Vitamines E	100 µg/100ml	Vitamines B ₂ (riboflavine)	175 µg/100ml
Vitamines K	5 µg/100ml	Vitamines B ₆ (pyridoxine)	50 µg/100ml
		Vitamines B ₁₂ (cyanocobalamine)	0.45µg/100ml
		Niacine et niacinamide	90 µg/100ml
		Acide pantothénique	350 µg/100ml
		Acide folique	5.5 µg/100ml
		Vitamines H (biotine)	3.5 µg/100ml

Source : DEBRY, 2001

I-3 Lait de chèvre

I-3-1 Définition

Le lait de chèvre est un liquide blanc, composé de lipides en émulsion sous formes de globules, de caséines en suspension colloïdale, de protéines de sérum en solution colloïdale, de lactose et de minéraux en solution, comparé au lait de vache, il est légèrement plus blanc (VIGNOLA, 2002).

Le lait de chèvre, frais provenant d'un animal sain, correctement nourri et traité, est un liquide blanc, opaque d'une saveur très légèrement sucrée dont l'odeur lorsque il est récolté proprement est peu marqué sinon inexistante (GLAUDE, 1977).

I-3-2 compositions et caractéristiques physico-chimiques

I-3-2-1 Matières grasses

La matière grasse existe dans le lait sous forme de globules gras. Ils sont constitués de phospholipides (1%) et de substances associées (1%), comme le cholestérol, qui forment une membrane. Concentrés au cœur de ces globules on trouve des triglycérides (98%). Le « goût de chèvre » caractéristique provient du fait que le lait de chèvre contient plus d'acides caproïque, caprylique et caprique que le lait de vache.

Le paramètre mesuré est nommé Taux Butyreux ou TB. La mesure du TB est généralement couplée à celle du Taux Protéine (TP) dans les laboratoires d'analyse laitière.

I-3-2-2 Matières azotés

Le lait de chèvre est plus Pauvre en protéines et en caséine que le lait de vache. Il est plus riche en matière azotée non protéique 8.9%.

La part des protéines du sérum est plus élevée et est constituée de 74% de lactoglobuline et 18% d'immunoglobulines. Ces particularités expliquent :

- La part plus faible en %de Protéines coagulable 70.9%.
- Sa très mauvaise stabilité à la chaleur d'autant qu'il est plus riche en éléments minéraux tel que le calcium (MANJI et KAKUDA, 1986).

Le lait de chèvre présentant un rapport caséine α_s /caséine β inférieur à celui du lait de vache. D'autre part, il existe dans le lait de chèvre une forte variabilité individuelle de la teneur en caséine α_{s1} , liée à l'existence d'un polymorphisme (REMEU et al., 1989)

I-3-2-3 Lactose

C'est le sucre spécifique du lait, il est synthétisé dans la mamelle. Ce dernier est présent en quantité équivalente dans les laits de vache et de chèvre soit environ 48 grammes par litre (g/L) de lait. Son principal rôle est de servir de substrat aux bactéries lactiques dans la fabrication des yaourts. Ces bactéries possèdent en effet

une enzyme, la galactosidase, capable de cliver la molécule de lactose en deux donnant une molécule de glucose et une de galactose. Ces deux nouveaux sucres vont ensuite être utilisés par ces mêmes bactéries pour former de l'acide lactique dont la conséquence est d'entraîner une diminution du pH du lait. (GRAPPIN,1981).

I-3-2-4 Minéraux

Le lait de chèvre comme celui des autres espèces de mammifères, contient tous les éléments minéraux indispensables que l'on classe habituellement en macroéléments :

Calcium (Ca), phosphore (P), magnésium (Mg), sodium (Na), potassium (K), chlore (Cl), soufre (S) et les oligoéléments.

Ils s'y trouvent aussi à dose très faible quelques éléments indésirables comme le plomb (Pb), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et des radionucléides provenant de contaminations.

La composition minérale du lait de chèvre est proche de celle du lait de vache.

Le lait de chèvre est légèrement plus riche en calcium (Ca) et phosphore (P) et nettement plus riche en magnésium (Mg) et surtout en potassium (K) et chlorure (Cl) (FREUNO, 1997).

I-3-2-5 Acidité

L'acidité naturelle du lait de chèvre à la sortie du pis est légèrement plus faible que celle du lait de vache : soit 14 °D avec une variabilité de 11 à 17°D contre 15 à 16°D pour le lait de vache. L'acidité est une notion très importante pour l'appréciation de la valeur d'un lait de fabrication, car en effet..c'est cette acidité qui fait tourner le lait (coagulation spontanée) et rendant de ce fait impropre à toute transformation (VIGNOLA,2002).

I-3-2-6 Densité

La densité du lait de chèvre est comprise entre 1,026 et 1,042 en fonction de la saison, du stade physiologique de la race. La densité est sous la dépendance de deux facteurs principaux la teneur en matière sèche et celle de la matière grasse,

elle diminue avec l'augmentation du taux butyreux, l'addition de l'eau au lait diminue la densité

I-3-2-7 Eau

Elle, apparaît comme l'élément le plus important, elle joue le rôle de dispersant des différents constituants du lait qui forme en son sein des secteurs différents par leur composition et leur dimension (MATHIEU, 1998; POUGHEON et COURSUND 2001).

I-3-2-8 Vitamines

Le lait de chèvre est particulièrement plus pauvre en vitamines C, D, pyridoxine, B12 et l'acide folique. Le manque de ces deux dernières vitamines peut entraîner l'anémie chez les nourrissons alimentés au lait de chèvre (VIGNOLA, 2002).

Tableau 5 : Teneurs en vitamines de lait de chèvre (mg/litre)

Vitamines	Teneurs
B1	0,41
B2	1,38
B6	0,60
B12	0,0008
Acide nicotinique	3,28
Acide folique	0,006
C	4,20
A	0,24

Source : FAO, 2005

I-4 Lait de brebis

I-4-1 Définition

Le lait de brebis a toujours été considéré comme un lait ayant des caractéristiques spécifiques et, dans certains cas, comme étant un produit plus noble que les autres laits (F. M. Luquet; 1985)

I-4-2 Composition et caractéristiques physico-chimiques

I-4-2-1 Matières grasses

La matière grasse est le constituant du lait de brebis qui subit les plus grandes amplitudes de variation. Elle présente certaines constantes physiques et chimiques qui permettent de le caractériser. Les valeurs de quelques indices de la matière grasse de lait de brebis sont illustrées dans le tableau 6 (LUQUET, 1985).

Tableau 6 : Caractéristiques physico-chimiques de la matière grasse du lait de brebis

Caractéristiques	
Point de fusion	29-31°C
Point de solidification	12-13°C
Indice de Reichert-Meissel (a)	25-31°C
Indice de polenske (b)	4,3-6,6 °C
Indice d'iode (c)	30-35
Indice de saponification (d)	230-245

Source : LUQUET (1985)

- (a) proportion d'acides gras volatils solubles ;
- (b) proportion des acides gras volatils insolubles ;
- (c) nombre des doubles liaisons (acides insaturés);
- (d) grandeur moléculaire moyenne des acides gras.

I-4-2-2- Matières azotées

La teneur en matière azotée est élevée entre 50 et 60 grammes par kg de lait. Le lait de brebis contient peu de matière azotée non protéique mais par contre il contient une quantité très importante de matière azotée protéique (DEBERNARD, 2004).

Elles constituent avec les sels, la partie la plus complexe du lait. Leur importance tient à plusieurs raisons, quatrième groupe de substances par son abondance après l'eau, le lactose et les matières grasses, elles possèdent de remarquables qualités nutritionnelles, et jouent un rôle de premier plan dans les propriétés physico-chimiques du lait et sa stabilité (MATHIEU, 1998).

I-4-2-3 Lactose

Le lactose fait partie du troisième groupe d'éléments quantitativement importants. Dans le lait des brebis, on le trouve à un taux moyen se situant entre 45 et 50 grammes par kg.

Le taux moyen de lactose du lait de brebis est à peine égal, sinon inférieur à celui du lait de vache, il ne représente en fait que 20 à 27% de la matière sèche totale du lait (LUQUET, 1985).

I-4-2-4 Minéraux

Il est reporté au tableau suivant : un récapitulatif de la composition minérale du lait de brebis,

Tableau 7 : les composants minéraux du lait de brebis :

Na	0,41 - 0,53	Fe	0,66 - 0,86
P	1,43 - 1,57	Cu	0,42 - 0,60
Ca	1,89 - 1,98	Mn	0,075 - 0,099
Mg	0,17 - 0,19	Zn	5,16 - 5,54

Source : Mahieu et Le Jaouen (1977)

Mahieu et al. (1977) donnent une analyse assez complète des teneurs en minéraux à différents stades de lactation, pour les deux éléments -calcium et phosphore- ces auteurs retiennent les valeurs suivantes : Ca (g/L) = 1,89- 1,98 P (g/L) = 1,43- 1,57

I-4-2-5 Densité

La densité moyenne du lait de brebis, à la température de 20°C, se situe à 1,036, elle varie avec la période de lactation : 1,035 à 1,036 au début de la période lorsque le lait est le moins riche, 1,036 à 1,038 pendant la période

médiane, et 1,034 à 1,035 enfin de période de lactation lorsque le lait est très riche en matière grasse (LUQUET, 1985).

I-4-2-6 Vitamines

La composition en vitamines du lait de brebis a été assez peu étudiée. Citons cependant la synthèse de Hartman et al. (1965) sur ce sujet. Des données comparatives entre les 3 espèces sont rassemblées au tableau 8.

Tableau 8 : La composition comparée des vitamines des laits de brebis, chèvre, vache

Vitamines	Brebis	Chèvre	Vache
Vitamine A	1 460	2 074	1 560
Vitamine D	-	23,7	-
Thiamine	0,69	0,40	0,44
Riboflavine	3,82	1,84	1,75
Nicotinique acide	4,27	1,87	0,94
Vitamine B ₆	-	0,07	0,64
Pantothénique acide	3,64	3,44	3,46
biotine	0,093	0,093	0,031
folique acide	0,0024	0,0024	0,0028
Vitamine B ₁₂	0,0064	0,0006	0,0043
Ascorbique acide	43	15	21,1
Choline	-	150	121
inositole	-	210	110

La vitamine A : IU/litre : toute les autres sont exprimées en mg/litre

Source : Hartman et al (1965)

I-5 Microflore des laits

Le lait de par sa composition est un substrat très favorable au développement des Microorganismes (Bourgeois et al, 1996). La montagne et al (2002) repartissent les Microorganismes du lait, selon leurs importances, en deux grandes classes : La flore indigène ou originelle et la flore de contamination.

I-5-1 Flore indigène ou originelle

La flore indigène des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis, qui est pratiquement stérile lorsqu'il provient d'un animal sain et qu'il est prélevé dans des conditions aseptiques. Les germes dominants de la flore indigène sont principalement des microorganismes mésophiles (*Micrococcus* sp, *Lactobacillus*, *Streptococcus* sp, *Lactococcus* et Gram négatif).

I-5-2 Flore de contamination

La flore de contamination est l'ensemble des microorganismes ajoutés au lait, de la Récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer de :

Flore d'altération : qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation par fois peuvent être pathogènes. Les principaux sont : *Proteus* sp ; les coliforme principalement *Escherichia* et *Enterobacter*, les sporulées telles que *Bacillus* sp et *Clostridium* sp et certains levures et moisissures.

Flore de contamination : capable de provoquer des malaises chez les personnes qui consomment ces produits laitiers. Les principaux microorganismes pathogènes associées au produits laitiers sont : *Salmonella* sp ; *Staphylococcus aureus*; *Clostridium botulinum* et *Clostridium perfringens* ; *Yersinia enterocolitica* ; *Listeria monocytogenes*; *Escherichia coli*; *Shigella sonie* et certains moisissures

I-5-3 Les principales sources de contamination du lait

Le lait au cours de la traite, du transport et du stockage à la ferme ou à l'usine est contaminé par une grande variété de microorganismes. Les principales sources de contamination selon Bourgeois et al (1996), sont les suivantes :

- ✓ Fèces et téguments de l'animal: coliformes, entérocoques, clostridium Eventuellement entérobactéries pathogènes (*Salmonella* et *Shigella*).
- ✓ Sol : Streptomyces, spores fongiques, bactéries sporulées.
- ✓ Litières et aliments : flore banale variée en particulier lactobacille.
- ✓ Air et eau : flore divers dont *Pseudomonas*.

- ✓ Equipements de traite et de stockage du lait: microcoques, levures, streptocoques et flore lactique. Cette flore est souvent spécifique d'une usine.
- ✓ Manipulateurs : staphylocoques dans le cas de la traite manuelle mais aussi des germes provenant d'expectoration et de contamination fécale.
- ✓ Vecteurs divers (insectes en particulier) : flore de contamination fécale.

I-5-4 Principales microflores rencontrées en industrie laitière

I-5-4-1 Bactéries lactiques ou ferments lactiques

Retenons qu'ils sont à base de la fabrication de beurre, crème fraîche, fromage et yaourts, où ils produisent l'acidification du lait ou de la crème, mais aussi donne de l'arôme au produit fini. Ils sont présents, naturellement, dans le lait, ce pendant avec l'application de la pasteurisation, ils sont détruits, ce qui nécessite un ensemencement en bactéries sélectionnées et cultivées, dont les préparations sont commercialisées par des laboratoires spécialisés. Leurs développement au cours de la fabrication doit toutefois être maîtrisé au risque d'avoir des accidents, par accès d'acidification (Noble, 1998).

Ce sont des bactéries Gram positif, aéro-anaérobies facultatives, non sporulées. Elles comportent quatre genres principaux : *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* et *Pediococcus*. Ajoutons que les ferments lactiques sont nuisibles aux antibiotiques, à la pénicilline en particulier, et ils peuvent être parasités par des virus que sont les bactériophages (Sutra, 1998).

I-5-4-2 Levures et moisissures

Dans le lait cru, on trouve fréquemment des cellules volumineuses rondes ou ovales, de levure non sporulées appartenant au genre *Candida*. Ces levures forment des gaz et peu ou pas d'alcool, et sont la cause du lait mousseux (Noble, 1998). On peut trouver également dans le Lait des levures sporulées, telles que *Saccharomyces fragilis* et *Saccharomyces lactis* qui fermentent le lactose en produisant de l'alcool (Alais, 1984).

Les moisissures n'ont aucune importance dans le lait liquide, mais leur importance se situe dans les produits laitiers. Elles se développent en surface ou dans les parties internes aérées et sont productrices de lipases et de protéases.

I-5-4-3 Bactérie psychrotrophes

Les psychrotrophes sont des microorganismes qui peuvent se développer à une température égale ou inférieure à 7°C, indépendamment de leur température optimale de croissance. La flore psychrotrophe du lait cru comprend principalement des bactéries appartenant au genre *Pseudomonas*.

Pseudomonas : Le *Pseudomonas* appartient à la famille des pseudomonaceae, ce sont des bactéries Gram négatif, aérobies stricts, non sporulées. Le lait cru contient souvent des germes appartenant à ce genre ; ils sont véhiculés principalement par les eaux impures. Ils ont une activité enzymatique très élevée notamment au plan protéolytique et lipolytique (Garbannelle, 1990).

I-5-4-4 Coliformes

Leur présence dans le lait ou les produits laitiers indique un manque d'hygiène et de soins à la traite ou au cours du travail à la laiterie. Ils peuvent d'ailleurs être associés à des germes pathogènes et peuvent, occasionnellement, être pathogènes eux même. Ils peuvent acidifier légèrement le lait, mais surtout ils produisent du gaz carbonique et de l'hydrogène (CO₂, H₂), ce qui est à l'origine de nombreux accidents de fabrication notamment le gonflement des yaourts. Heureusement, ils sont thermosensibles, ce qui permet donc de les détruire par pasteurisation (Noble, 1998).

Les coliformes appartenant à la famille des entérobactéries, ce sont des bacilles Gram négatif, aéroanaérobies facultatives non sporulés. Les sources de contamination du lait cru en bactéries coliformes sont le matériel de traite et de la mamelle. *Hafnia alvei* serait l'espèce dominante du matériel, tandis qu'*Escherichia coli* serait surtout présent sur les mamelles (Hermier et al, 1992).

I-5-4-5 Bactéries thermorésistantes

Ce sont des bactéries sporulées qui résistent à la pasteurisation et peuvent provoquer des gonflements avec défaut de goût. Les bactéries sporulées rencontrées en laiterie appartiennent aux genres *Clostridium* et *Bacillus*.

Clostridium : Le genre *Clostridium* est constitué de bacilles Gram positif et anaérobies stricts, les germes appartenant à ce genre sont largement répandus

dans le sol, et se rencontrent dans l'aliment du bétail, dans l'environnement des étables et les souillures apportées par les minéraux ils peuvent donc contaminer le lait au moment de la traite.

Ils possèdent un grand pouvoir de dégradation vis-à-vis des sucres et des protéines, libérant ainsi l'acide butyrique ou de H₂O, exemple : *Clostridium tyrobutyricum*. Il Existe quelques espèces qui sont responsables d'intoxication ou gastro-entérites telles que *clostridiumperfringens* ou de graves intoxications souvent mortelles : *Clostridium botulinum*(Garbannelle et al, 1990 ; Bourgeois et al, 1996).

Bacillus : Il s'agit de bacilles Gram positif, sporulés, souvent mobiles, et non capsulés (*Bacillus anthracis* est immobile et capsulé), le germe Bacillus est un hôte normal du sol, il est apporté dans le lait par l'air, l'eau, les aliments du détail. Les principales espèces qui peuvent provoquer des altérations dans le lait sont : *Bacillus subtilis*, *Bacillus stearothermophilus*, et *Bacillus coagulum*. Quelques Bacillus peuvent aussi être des agents d'intoxication alimentaire comme *Bacillus cereus* (Noble, 1998 ; Garbannelle et al, 1990).

I-5-4-6 Bactéries pathogènes :

Les bactéries pathogènes sont responsables des affections liées à la santé des manipulateurs et des consommateurs. Il s'agit des espèces appartenant à la famille des entérobactéries, de même que les *Staphylococcus aureus* et les *Listeria*.

Les entérobactéries : Ce vaste groupe de bacilles à Gram positif, aero-anaérobies facultatifs, comprend plus de 100 espèces différentes (Garbannelle et al, 1990) parmi celles qui ont une indice dans l'industrie laitière on cite : *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Yersinia* et en particulier *Yersinia enterocolitica*.

Escherichia coli : elle présente des risques pour la santé humaine. elle peut entraîner des infections intestinales et urinaires ainsi que de méningites ou des septicémies chez les nourrissons. *Escherichia coli* est présente normalement dans le tube digestif des animaux qui l'excrète dans le milieu extérieur par les bouses où elle se multiplie. La contamination du lait peut venir :

- ✓ des pis et le matériel de traite mal nettoyé ;

- ✓ de l'eau de nettoyage, elle-même contaminée par des déjections (Perreau et Cauty, 2003).

Salmonella : Ces bactéries sont des hôtes du tube digestif des animaux et de l'homme, leur présence dans les déjections entraîne la contamination du milieu extérieur, les végétaux, les aliments et notamment le lait. Les Salmonella sont les principaux agents des toxi-infections alimentaires en raison de leur fréquence et de la gravité des symptômes, elles sont également à l'origine des typhoïdes et des paratyphoïdes (Moll et Moll, 1995).

Yersiniaenterocolitica : Cette bactérie est d'origine fécale, elle serait la cause d'épuration après l'ingestion de lait cru contenant cette bactérie. Elle est capable de se multiplier dans le lait à la température normale de sa conservation à la ferme.

Staphylococcus aureus : Ces bactéries appartiennent au genre Staphylococcus, de la famille des Micrococcaceae, ce sont des cocci à Gram positif non sporulés, aero-anaérobies facultatifs. Staphylococcus aureus ou doré est une bactérie présente sur la mamelle. Si elle pénètre à l'intérieur de cette dernière, elle provoque une mammite subclinique difficile à guérir. La contamination du lait se fait surtout au cours de la traite, par les manchons trayeurs et les lavettes utilisées pour plusieurs vaches (Perreau et Cauty, 2003). Ils provoquent par leur production de toxines des intoxications de gravité variable et pouvant être redoutables chez l'enfant (FAO, 1995).

Listeria : Il s'agit de bacilles à Gram positif, aero-anaérobies facultatifs, non sporulés. Ces, bactéries saprophytes du sol et parfois de l'eau se rencontrent également dans les matières fécales et les ensilages, et elles sont susceptibles de contaminer le lait cru. La listériose est une maladie sporadique, liées à la présence de *Listeria monocytogene* (Ghiraud, 2003).

CHAPITRE II : LE YAOURT

II-Le yaourt

II-1-1 Définition

C'est dans la catégorie des laits fermentés obtenus par action de bactéries lactiques thermophiles que se classe le yaourt, il est obtenu, selon la fédération internationale laitière(FIL), par le développement des seules bactéries lactiques *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent êtreensemencées simultanément et trouvées vivantes dans le produit à raison d'au moins 10^7 bactéries/g.

Les critères pris en compte par le codex alimentarius et la FIL dans la réglementation du yaourt sont les suivants :

- **Dénomination du produit** : elle varie selon les langues, mais les termes les plus utilisés sont « youghurt », « yoghurt » ou « yaourt ».
- **Types de produit** : ils sont définis souvent en fonction de leur teneur en matière grasse ou de l'adjonction éventuelle d'ingrédients (yoghourt partiellement écrémé ou maigre, yoghurt écrémé, le yoghurt sucré et le yoghurt nature).
- **Le type de ferment utilisé** : selon la FIL, et de nombreux pays, la dénomination « yaourt » nécessite l'utilisation obligatoire et exclusive des deux ferments caractéristiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* (Luquet et Carrieu, 2005).
- **La quantité de ferment contenue dans le produit fini** : la FIL fixe la quantité de ferments vivants, égale à 10^7 bactéries par gramme rapportés à la partie lactée jusqu'à la date limite de consommation.
- **La viabilité de la flore lactique** : flore viable pendant toute la durée de vie.
- **Ingrédients laitiers** : lait pasteurisé, congelé, écrémé, concentré, en poudre, crème et caséines etc.
- **Ingrédients non laitiers** : une multitude d'ingrédients peut être incorporée dans le yaourt. Il peut s'agir par exemple de fruits sous différentes formes (purée, jus, pulpe, sirop etc.), de céréales, de légumes ou de sucre. La quantité d'ingrédients non

laitiers est fixée par le codex alimentarius, la FIL et la plupart des pays à moins de 30% en poids du produit fini.

- **pH** : La FIL préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique. Cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité de 0,6 à 15%. Certaines normes imposent un pH inférieur à 4,5 ou 4,6 (tableau 9).

- **Taux de matière grasse** : Il doit être minimum, inférieur à 3%(m/m) dans le cas des yaourts (nature, sucré ou aromatisé), compris entre 0,5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et 0,5% dans les yaourts écrémés.

- **Teneur en protéines** : elle est égale à 2,8% dans le produit fini.

En fonction de la technologie de fabrication, les yaourts sont divisés en en deux groupes:

- **Yaourts fermes**, dont la fermentation a lieu en pots. Ce sont généralement des Yaourts nature ou aromatisés.

- **Yaourts brassés**, dont la fermentation a lieu en cuves avant le conditionnement. Ce sont généralement des yaourts brassés nature ou aux fruits (Luquet et Carrieu, 2005).

Tableau 9 : Réglementation concernant la quantité d'acide lactique ou le pH dans le yaourt

Organismes/pays	Normes Internationales
FIL	0.7% en poids exprimé en tant qu'acide lactique.
France Portugal Italie	Acide lactique libre >0.7%.
Espagne	pH<4,6
Pays-Bas	pH<4,5
Belgique	< 0.7% exprimé en acide lactique.
Pologne	3.9<pH< 4,6
Tunisie	0. d'acide lactique
Israël	pH>ou-3,8
Etats-Unis	Acidité<0,9% exprimée en acide lactique
Canada	0,8% d'acide lactique
Australie	pH<4.5
Mexique	pH<4,5
Japon	Aucune réglementation

Source : Luquet et Carrieu, 2005.

Les yaourts et les produits fermentés frais, identifiés comme aliments bénéfiques pour la santé, sont aujourd'hui des produits de grande consommation. Ainsi, selon une enquête du Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL), la production de yaourts et d'autres laits fermentés ne cesse de croître et est parvenue à 1 435 993 tonnes en 2002 (Paci Kora, 2004).

II-1-2 constituants d'un yaourt

La principale matière première pour la fabrication des yaourts est le lait dont, pour l'essentiel, le lait de vache. Il est constitué d'environ 88% d'eau et de 12 % de matière sèche contenant des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux (Tamime et Robinson, 1985).

Afin d'augmenter la viscosité apparente et la consistance des yaourts (Schkoda et al., 2001; Van Marle, 1998), la teneur en matière sèche du lait écrémé utilisé est

augmentée au préalable jusqu'à 10-12%. Après concentration (par évaporation ou osmose inverse) ou, plus fréquemment, addition de poudre de lait écrémé ou de protéines de lactosérum (Mahaut et al., 2000), on parle alors de lait à consistance des yaourts. Les additifs les plus fréquemment utilisés sont : la gélatine, les alginates fortifié ou enrichi. Les gélifiants sont souvent ajoutés. Ils améliorent l'apparence, la viscosité.

Les fruits dans les yaourts sont apportés sous forme de préparations de fruits avec ou sans sucres ajoutés. Les agents de texture, incorporés dans la préparation de fruit, participent également à l'amélioration de la texture des yaourts. Les fruits les plus consommés sont les fruits rouges et les fruits exotiques (Vignola, 2002).

II.1.3. Diagramme de fabrication d'un yaourt

On peut voir à la figure 1 un plan modèle de la fabrication d'un yaourt ferme et à la figure 2 un diagramme des principales étapes de la fabrication du yaourt. Pour obtenir un produit final acceptable, les responsables de la qualité se doivent d'établir les caractéristiques recherchées pour chaque produit et de dresser une liste des défauts possibles associés à ces mêmes caractéristiques (Vignola, 2002). voici une liste des caractéristiques d'un yaourt nature.

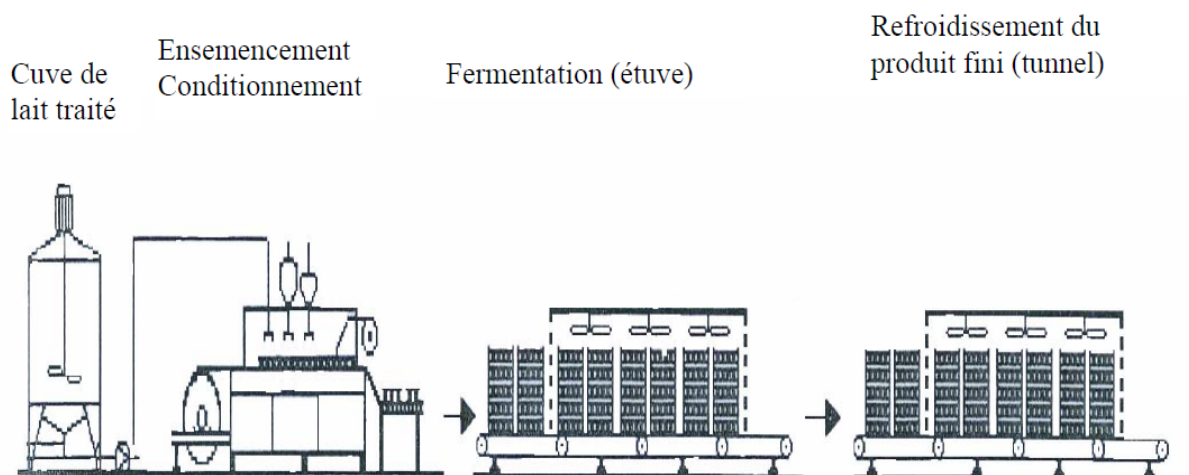


Figure 1: Fabrication des yaourts ferme (Luquet et Carrieu, 2005)

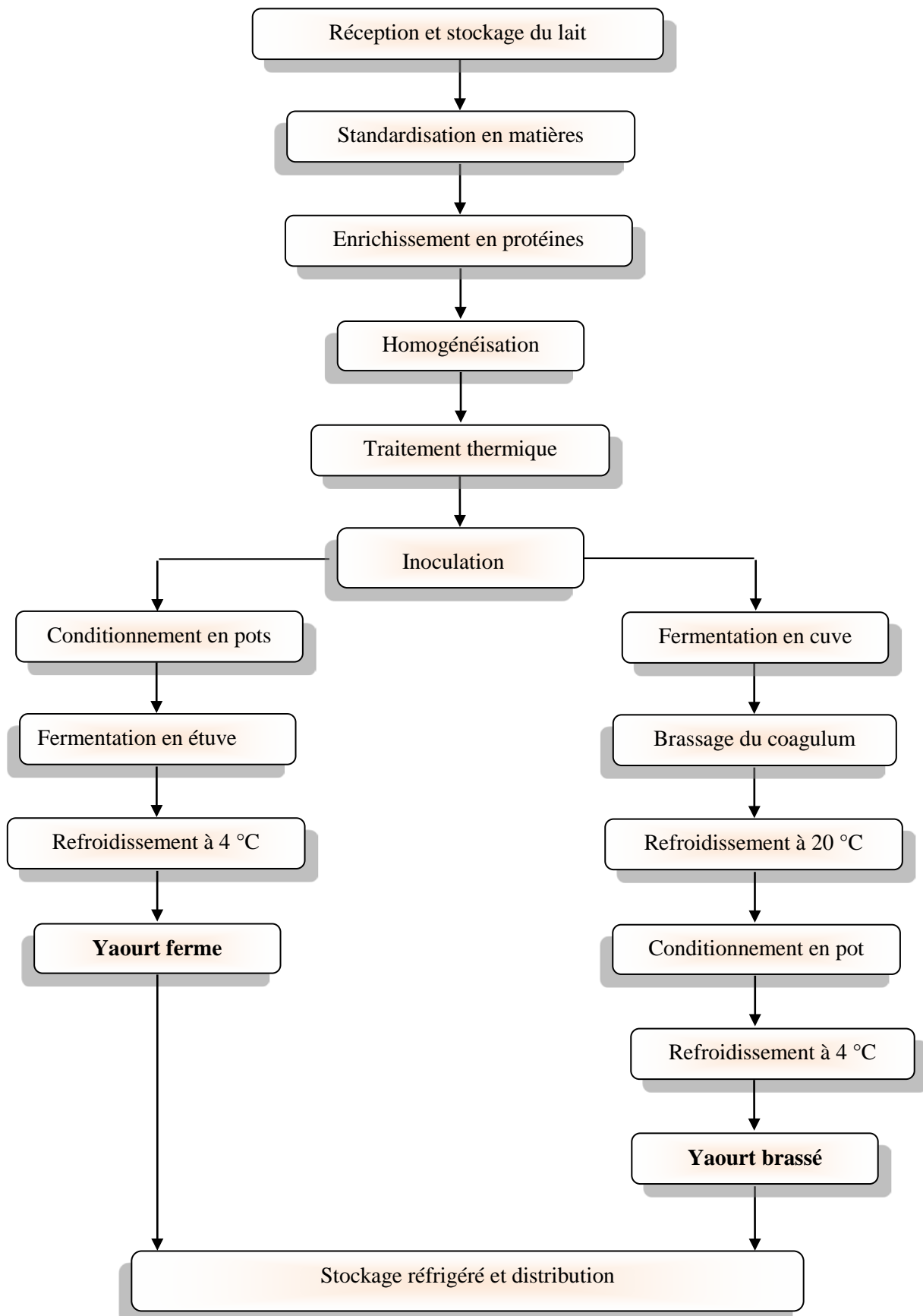


Figure 2 : Diagramme général de fabrication des yaourts (Beal et Sodini, 2003)

Tableau 10 : Caractéristiques d'un yaourt nature

Présence, à un degré défini, de goût ou d'odeurs:
Acides sucré d'acétaldéhyde
Absence de goûts ou d'odeurs :
Fruités, vanillés, levurés, de fromage, d'herbes, oxydés, brûlés, trop ou peu sucrés, trop ou faiblement acides, aqueux, faiblement aromatique, rances ou amers.
Présence à un degré défini, d'un apparence :
Uniforme ou jaunâtre
Absence dans l'apparence de :
Synérèse, mousse à la surface, moisi, craquelage, collage à la paroi du pot, couche de crème, grumeaux, couleur trop jaune, trop bleutée ou non uniforme ou non homogène.
Présence, à un degré défini, d'une texture :
Ferme, onctueuse, uniforme, visqueuse et consistante
Absence d'une texture:
Molle, coulante ou liquide, trop ferme ou gommeuse, faiblement onctueuse, râpeuse ou sableuse au palais, gélatineuse, faiblement visqueuse.

Source : Vignola, 2002

II-2 Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications. Certaines de ces modifications en font un produit de meilleures valeurs nutritionnelles et thérapeutiques (Mahaut et al, 2000).

Les produits laitiers fermentés sont reconnus comme une source importante de protéines digestibles, vitamines, calcium,...

Des avantages nutritionnels concernant l'amélioration de la digestibilité des protéines et de la matière grasse, suite à la libération des acides aminés et des acides gras par les bactéries lactiques. En fait, le yaourt contribue à :

- ✓ **L'amélioration de la digestibilité des protéines :** Le yaourt est deux fois plus digestif que le lait, il referme des acides aminés libres indispensables à

l'organisme. Ceci résulte du traitement thermique et de l'activité protéolytique des bactéries lactiques (Mahaut et al, 2000).

- ✓ **L'amélioration de la digestibilité de la matière grasse** : La matière grasse du yaourt a la même composition que celle du lait d'origine, même si une légère activité lipolytique attribuée aux ferments lactiques a pu parfois être mise en évidence. Par contre sa structure est différente du fait de l'homogénéisation sous pression qui conduit à des globules gras néoformés plus petits que les globules gras natifs, participant à la réticulation du gel protéique. Cette configuration de la matière grasse n'est pas tout à fait la même dans les autres produits laitiers frais et ces différences structurelles sont susceptibles d'avoir un léger impact sur la digestibilité des produits correspondants (Paquet et al., 2010).
- ✓ **Action sur les vitamines** : Selon Alakali et al, (2008), le yaourt est considéré comme une source importante de vitamine (B). Au même temps, certaines vitamines sont consommées par les bactéries lactiques (B12) d'autres sont produites (acide folique B9) (Accolas, 1979). Les yaourts et de nombreux laits fermentés sont dotés de fonctionnalités bénéfiques pour la santé, liées aux souches bactériennes spécifiques qu'ils contiennent. Ainsi, le yaourt favorise la digestion du lactose et certains laits fermentés améliorent les troubles fonctionnels intestinaux et d'autres peuvent agir sur le système immunitaire (Bourlioux et al, 2011).

En outre, le yaourt exerce un rôle important dans :

- **Digestibilité du lait**

Selon Heyman (2000), de nombreux individus sont incapables de digérer le lactose, un sucre retrouvé naturellement dans le lait. Sur le plan nutritionnel, le lactose peut entraîner des troubles intestinaux chez les individus souffrant d'insuffisance lactasique. Ainsi, l'ingestion de lactose provoque chez ces personnes des troubles digestifs importants : diarrhées, vomissements, douleurs abdominales (Larreta-Garde, 1997).

Compte tenu de toutes les recherches conduites à ce jour sur les laits fermentés, l'effet bénéfique du yoghourt le mieux reconnu est une meilleure digestion du lactose par les individus déficients en lactase (Suarez et Savaiano ,1997). Le lactose des produits laitiers est digéré au niveau de l'intestin grêle par une enzyme membranaire,

cette enzyme appelée B galactosidase (Burgain et al, 2012 ; Koïche et Dilmi-Bouras, 2010). En effet, l'ingestion de yoghourt, plutôt que de lait traite la mal digestion du lactose et atténue les symptômes de l'intolérance au lactose (Marteau et al.,1990 ;Kolars et al.,1984 ; Saloff-coste, 1995) .Cet effet est assuré principalement par la présence des ferments vivants dans le yaourt (Renard , 2012 ; Dilmi-Bouras et Sadoun, 2002).

- **Guérison des diarrées**

Un yaourt peut être un traitement efficace pour les enfants souffrant de diarrées persistantes ou chroniques, comme il diminue la durée de certains types de diarrées (Boudraa et al., 1990 ; Marteau,1996). En outre, l'Organisation Mondiale de la Santé « OMS » (1995), recommande de remplacer le lait par le yoghourt, dans la mesure du possible, au cours dutraitement de la diarrhée car il est mieux toléré que le lait et peut contribuer à la prévention de la malnutrition ou à rétablir une nutrition suffisante.

- **Stimulation du système immunitaire**

Il a été prouvé que le yoghourt améliore différents paramètres du système immunitaire ; selon Cross et al. (2001), des études in vitro et chez l'animal ont démontré que la consommation de yaourt stimulerait la fonction immunitaire.

Les bactéries lactiques présentent une action stimulante sur le système immunitaire de l'hôte en agissant sur les cellules impliquées dans l'immunité spécifique ou non spécifique (Marteau et al.,1994). Aussi, elles favoriseraient la production d'anticorps et de cytokines, qui protègent contre les agents pathogènes présents dans le tube digestif (Adolfsson et al., 2004). D'autre part, des concentrations très élevées en bactéries du yoghourt ont conduit à l'augmentation des taux des lymphocytes B et cellules K naturelles (De Simone et al., 1993).

- **Diminution du risque de cancer**

De nombreuses études ont mis en évidence l'existence d'une relation entre la consommation de laits fermentés et le risque réduit du cancer. Les bactéries lactiques ont un effet inhibiteur sur la prolifération des cellules tumorales (Shahani et Chandan, 1979), Aussi, une étude épidémiologique récente conduite en France a montré que les personnes consommant du yoghourt présentent un risque plus faible de développer des adénomes colorectaux importants (Boutron et al., 1996).

Les nitrites utilisés en technologie alimentaire peuvent être convertis en nitrosamines qui seraient impliquées par conséquent dans la cancérogenèse colique (Fernandes et Shahani, 1990). Une diminution du taux de nitrites et de leur conversion en nitrosamines a été démontrée chez *Lactobacillus delbrueckii* ssp *bulgaricus* par l'action du nitrate réductase (Absolonne, 1989).

- **Action hypocholestérolémiant**

Un certain nombre d'études ont montré que la consommation de yaourt a un effet hypocholestérolémiant. Cet effet, bien que non totalement élucidé, serait dû à une synergie entre des composés du lait (acides orotique et urique) et un produit issu du métabolisme bactérien (acide 3-hydroxy-3-méthylglutarique) (Jeantet, 2002).

Il est néanmoins clair que la consommation régulière de yoghourt n'augmente pas la concentration plasmatique en cholestérol (Pearce, 1996). Donc, le yoghourt peut faire partie de l'alimentation quotidienne des personnes présentant des risques cardiaques.

- **Activité antimicrobienne**

Les bactéries du yaourt produisent aussi des substances antimicrobiennes et des prébiotiques (bactériocines, CO₂, H₂O₂, acides organiques, acétaldéhyde... etc.) (Dacosta, 2000).

L'effet antimicrobien principal exercé par ces bactéries résulte de la production d'acides organiques principalement l'acide lactique, qui conduit à la diminution du pH. Cette baisse de pH inhibe le développement de microorganismes pathogènes et contribue à la conservation des produits laitiers fermentés (Herrerosa et al, 2005).

II-3 Bactéries lactiques

II-3-1 Définition

Les bactéries lactiques (BL) sont regroupées dans un ensemble dont le nom lui-même est évocateur de leur caractéristique métabolique principale: la production d'acide lactique. Cette capacité est associée à la production majeure d'énergie par fermentation des sucres mais elle confère aussi à ces espèces leur intérêt principal pour la transformation et la conservation des aliments. Les BL peuvent avoir un métabolisme homofermentaire (plus de 90% des produits de fermentation est de

l'acide lactique), hétérofermentaire facultatif (production d'acide lactique ou d'acide lactique et d'acide acétique) ou hétérofermentaire strict (production d'acide lactique, d'acide acétique ou d'éthanol et de CO₂) (Vandamme et al., 1996).

On appelle bactéries lactiques des bactéries Gram positif. Ces bactéries, en formes de bâtonnets ou de coques, sont immobiles, asporulées et dépourvues de catalase, de nitrate réductase et de cytochrome oxydase. Elles synthétisent leur ATP grâce à la fermentation lactique des glucides (Guiraud et Rosec, 2004 ; Bourgeois et Larpent, 1996 ; Dellaglio et al., 1994).

Selon Mahaut et al. (2000) et Ikene (1997), les bactéries lactiques interviennent dans l'industrie laitière et dans la fermentation de nombreux autres produits alimentaires : saumurage des légumes, boulangerie, production des produits carnés fermentés.

II-3-2 Intérêts et fonctions des bactéries lactiques

Dans la transformation des produits alimentaires, les micro-organismes pourront avoir les effets suivants ; aromatisation, modification de la texture, influence sur l'aspect extérieur ; amélioration des caractéristiques nutritionnelles ; stabilisation et conservation (Branger, 2004).

II-3-2-1 Production d'acide lactique :

La production de l'acide lactique est l'une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière, car cet acide organique permet de conserver et de concentrer la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien (Schmidt et al., 1994).

Le métabolisme est du type homofermentaire (production exclusif de l'acide lactique), l'acidité du yaourt est communément exprimée en degré Dornic (1°D=0,1g/l d'acide lactique), elle se situe entre 100 et 130°D (Loones, 1994).

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

L'augmentation de la quantité de l'acide lactique provoque une diminution de pH ce qui lui donne le rôle d'inhibiteur vis-à-vis des micro-organismes indésirables (Leory et al., 2002), responsables de la putréfaction, ainsi que les germes pathogènes

généralement sensibles à l'acidité (Terre, 1986). La diminution du pH entraîne la solubilisation des minéraux tels que le calcium et le phosphore, liés aux micelles de caséine (Vanassche, 1994). L'acide lactique aide à déstabiliser les micelles de caséines, ce qui conduit à la formation du gel. Il donne au yaourt son goût distinct et caractéristique, comme il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt (Tamime et Robinson, 1999 ; Singh et al., 2006).

II-3-2-2 Activité aromatisante

Selon Henry (2011), les bactéries lactiques interviennent dans la formation de composants aromatiques qui assurent aux produits laitiers les qualités organoleptiques recherchées, en effet, l'acide lactique n'est pas le seul produit de la fermentation lactique, Il y a aussi la formation des produits secondaires comme l'acide formique, l'éthanol, l'acide acétique, le diacétyle, l'acétoïne, le gaz carbonique et certains de ces composés qui participent au développement de la saveur et de l'arôme des produits laitiers (Izquierdo Lôpez, 2010).

L'acétaldéhyde est principalement produit par *Lb. delbrueckii* *ssp.* *bulgaricus* à partir de la thréonine, réaction catalysée par la thréonine aldolase (Zourrari et Desmazeaud, 1991).



II-3-2-3 Activité protéolytique

Pour satisfaire leurs besoins en acides aminés, les bactéries du yaourt doivent dégrader la fraction protéique du lait constituée de caséine et de protéines sériques (Boubchir- Ladj, 2010).

Le système protéolytique des bactéries lactiques joue un rôle important dans l'industrie laitière, car il participe à la modification de la texture et au développement de la saveur (Bouton et al., 1993 ; Fira et al., 2001). La protéolyse libère des acides aminés précurseurs de nombreux produits d'arôme. En effet, la méthionine peut conduire à des composés soufrés caractéristiques, la phénylalanine et la tyrosine à des composés volatils à noyau aromatique, ...etc. (Rajagopal et Sandine, 1990).

Les enzymes protéolytiques des bactéries lactiques génèrent également des fragments peptidiques biologiquement actifs par hydrolyse des protéines du lait ; ces peptides exercent un large spectre d'effets: anti-hypertensif, hypocholestérolémiant, immuno-modulateur, antimicrobien,...etc. (Gerdes et al., 2001).

II-3-2-4 Activité texturante

La texture et l'onctuosité constituent ; pour le consommateur, d'importants éléments d'appréciation de la qualité du yaourt. Certaines souches, dites épaississantes, produisent des exopolysaccharides (EPS) à partir du glucose, qui en formant des filaments, limitent l'altération du gel par les traitements mécaniques et augmentent la viscosité du lait au cours de la croissance de ces germes, en améliorant ainsi la texture du yaourt (Zourari et Desmazeaud,1991 ; Boubchir- Ladj , 2010).

L'augmentation de la viscosité du yaourt est en général attribuée à la production d'exopolysaccharides (EPS) qui selon une étude portant sur plusieurs souches serait essentiellement composé de rhamnose, arabinose, et mannose. Il est couramment admis que dans les laits fermentés cette fonction est exercée par *Streptococcus thermophilus* (Schmidt et al., 1994).

II-3-3 Les bactéries lactiques spécifiques au yaourt

II-3-3-1 Caractères généraux de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*

A / *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*

Selon Accolas et al. (1982), *Streptococcus thermophilus* se présente sous forme de cellules sphériques ou ovoïde de 0.7 à 0.9 microns de diamètre en paires ou en longue chaîne. Il est un streptocoque thermophile, son optimum de croissance se situe entre 37-46°C. Il est thermorésistant et survit au chauffage à 65 °C pendant 30 min (Leveau et Bouix, 1993 ; Jeantet et al., 2008), mais présente une forte sensibilité au NaCl (Hardie, 1986). Son activité protéolytique est encore plus réduite que celle du *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* (Zourari et Desmazeaud, 1991).

Streptococcus thermophilus a une activité fermentaire le plus souvent réduite à quelques sucres autres que le lactose et le glucose (Accolas, 1979). C'est un

homofermentaire qui produit exclusivement de l'acide lactique (L) de façon rapide mais limitée. Son activité acidifiante se situe entre 25 et 50 °C avec un optimum vers 40 °C. Outre l'acide lactique ; il produit à partir du lactose de l'acide formique utilisé par *Lactobacillus bulgaricus* (FAO, 2002). A partir du glucose, d'autres composés aromatiques peuvent être métabolisés par *Streptococcus thermophilus* tel que l'acétoïne et le diacétyle, Il fournit généralement un caillé très lisse (Cerning et al., 1988 ; FAO, 2002).

B / *Lactobacillus delbrueckii*ssp. *Bulgaricus*

*Lactobacillus delbrueckii*ssp. *Bulgaricus* est une bactérie lactique largement utilisée en industrie alimentaire (Gouesbet et al, 2001). C'est un lactobacille très polymorphe, sa forme diffère en fonction de l'âge de la culture du milieu utilisé (Accolas et al. 1982). Il est un thermo-bacterium qui ne se développe pas à 15 °C mais croît à 45°C. Sa température optimale de croissance se situe entre 42°C-50°C. Cette bactérie n'est pas thermorésistante mais peut résister à la température de pasteurisation, et ne se développe pas sur un milieu contenant 2 % de NaCl (Jeantet et al. ,2008 ; Terre, 1986).

Selon FAO (2002), *Lactobacillus bulgaricus* peut dégrader le lactose, le glucose et le galactose mais n'attaque ni les pentoses, ni le saccharose, il est dépendant du lait. C'est une bactérie homofermentaire, elle produit exclusivement de l'isomère (D) de l'acide lactique, ne produit pas de gaz à partir du glucose (Steele, 1997). L'activité acidifiante se situe entre 30 et 55°C avec un optimum vers 45 °C, l'acidification est importante jusqu'à 300 ° Dornic mais d'une manière lente. La production de l'acide est plus tardive que celle de streptocoque mais à un maximum plus élevé, généralement Il fournit un caillé très cassant (Accolas et al., 1982 ; FAO, 2002).

II-4 Défauts de fabrication des yaourts

Le traitement thermique du lait et le bon pH rendent peu probable la présence et la croissance des bactéries pathogènes ou nuisibles dans le yaourt, toutefois une contamination peut avoir lieu lors du conditionnement peut être à l'origine d'accidents ou de certains défauts.

Les défauts peuvent être groupés en deux catégories : les défauts d'apparence et de texture et les défauts de gout (Luquet et Corrieu, 1985).

II-4-1 Défauts d'apparence et de texture :

Décantation et synérèse liées le plus souvent à une mauvaise conduite de la fermentation (sur acidification ou post acidification) due à une température trop élevée ou à une durée de refroidissement trop longue.

- Production de gaz due à la présence de coliformes ou levures.
- Couche de crème lorsque l'homogénéisation est insuffisante ou absente.
- Déculottage dû à une agitation ou vibration pendant le transport faisant suite à un refroidissement mal conduit en chambre froide.
- Manque de fermeté lorsque l'ensemencement est trop faible ou l'incubation mal conduite (temps et/ou température trop faible).
- Consistance très liquide pour le yaourt brassé lorsque le brassage est trop violent, la teneur en matière sèche trop faible, le temps d'incubation trop court ou lors de l'utilisation de ferments pas assez filants et épaississants.

Texture sableuse : conséquence de plusieurs facteurs

- ✓ Taux d'extrait sec trop élevé, traitement thermique trop important, homogénéisation à température trop élevée, acidification irrégulière et enfin mauvais brassage.

II-4-2 Défauts de gout

Amertume se développant lorsque l'activité protéolytique des ferments est trop importante ou lorsqu'il y a contamination par des germes protéolytiques.

- ✓ Acidité trop forte lorsque la conduite de la fermentation n'est pas maîtrisée : taux d'ensemencement trop élevé, incubation trop longue ou à une température trop élevée, refroidissement trop lent ou pas assez poussé.
- ✓ Manque d'acidité due à une activité faible des levains : taux d'ensemencement trop faible, incubation trop courte ou à basse température, présence d'inhibiteurs ou de bactériophages.
- ✓ Gout levuré, ou d'alcool lorsqu'il y a contamination par des levures.
- ✓ Gout de rance lors de la contamination par des germes lipolytiques.

- ✓ Gout de moisissures dus à l'emploi de fruits de mauvaise qualité (moisissures) pour les yaourts aux fruits.
- ✓ Absence d'arômes résultant d'une teneur en matière sèche trop faible, d'un déséquilibre de la flore (trop de streptocoques) ou d'une incubation trop courte ou à trop basse température.
- ✓ Gout oxydé due à une mauvaise protection contre la lumière (pot en verre) ou à la présence de métaux.
- ✓ Gout de cuit lorsque le traitement thermique est trop sévère (réaction de Maillard).
- ✓ Gout aigre due à une contamination par une flore lactique sauvage ou par des coliformes.
- ✓ Gout gras lorsque la teneur en matière grasse est trop élevée.

PARTIE II : EXPERIMENTATION

CHAPITRE I :
MATERIEL ET METHODES

I- Matériel et Méthodes

Notre travail a été réalisé au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité de l'unité de laiterie Trèfle, pour une période de 60 jours allant de 01 Mars jusqu'au 02 Mai de l'année 2013.

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées sur le lait cru (lait de chèvre, de brebis, et de vache) ont été réalisées au niveau du laboratoire militaire d'Alger.

Le lait cru de vache, chèvre et brebis constitue la matière première de base de notre étude. Il s'agit d'un lait individuel (lait des éleveurs) et d'un lait de mélange (lait des collecteurs) provenant de différentes fermes de la région de Blida.

Une fois collecté le lait a été livré à l'unité de « Trèfle » à des horaires fixes (de 8h à 16h au printemps, et de 8h à 14h en été), fixé pour chaque collecteur afin d'éviter toute perturbation dans le travail. Après la réception, les laits font l'objet de contrôle rigoureux d'ordre physicochimique et microbiologique, afin d'assurer leur bonne qualité.

L'objectif de travail

Notre objectif s'articule autour de :

- L'étude de la préparation du yaourt avec différents laits (les laits de vache, chèvre et brebis)
- L'étude de la composition et les caractéristiques physicochimiques des yaourts préparés
- L'étude des caractéristiques microbiologiques des yaourts préparés
- L'étude des caractéristiques organoleptiques et sensorielles des yaourts préparés
- L'étude, la comparaison et le classement des yaourts formulés à base des 3 types de laits

I-1- Matériel d'étude

Le contrôle microbiologique a pour objectif de garantir la bonne qualité hygiénique qui caractérise le risque pour la santé du consommateur ainsi qu'une bonne qualité commerciale qui caractérise l'existence ou le risque d'altération (Brulé et al, 2006). L'analyse microbiologique qui est réglementée vise la recherche de plusieurs catégories de micro-organismes. Tandis que le contrôle physico-chimique a pour but d'analyser les matières premières de produit fini, en mesurant les différents paramètres (pH, MG, acidité ...etc.)

Le matériel utilisé dans notre étude est constitué par :

A. Matériel biologique :

Lait de vache.

Lait de chèvre.

Lait de brebis.

L'eau de procès.

Poudre de lait 26% (26% de la matière grasse).

Poudre de lait 0% (0% de la matière grasse).

Ferments lactiques

Produit fini

B. Matériel non biologique :

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

I-2 Méthode de prélèvement des échantillons :

L'échantillonnage correct est une opération qui demande le plus grand soin qui doit être effectué de manière à obtenir des échantillons représentatifs du produit. Les échantillons destinés aux examens microbiologiques doivent être prélevés en premier, en utilisant des techniques aseptiques et un matériel et récipients qui doivent être propres et stérilisés avant usage, le récipient pour échantillon doit être fermé immédiatement après échantillonnage.

Le matériel d'échantillonnage des produits destinés aux examens physico-chimiques doit être propre, sec et sans influence sur les différentes propriétés, à savoir l'odeur,

la flaveur, la consistance ou la composition du produit (Norme internationale ISO, 2001)

I-2-1 Prélèvement de lait

Les techniques de prélèvement différent selon le type d'analyse :

Prélèvement pour analyses physico-chimiques

Le prélèvement est réalisé à l'aide d'une louche avec la quel on mélange au préalable et on remplit un bêcher propre de 250 ml.

Prélèvement pour analyses micro biologiques:

Le prélèvement a été effectué dans de meilleures conditions d'asepsie selon les étapes suivantes:

- ✓ Flamber énergiquement la vanne de sortie (située au bas de la citerne) à l'aide d'une tige métallique comportant à son bout de coton imbibé d'alcool chirurgical 90°;
- ✓ Créer une atmosphère stérile de protection en dirigeant la flamme horizontalement, juste au-dessus de surfaces aseptisées ;
- ✓ Ouvrir légèrement la vanne de sortie et éliminer les premier jets ;
- ✓ Déboucher un flacon à essai stérile à proximité de la flamme puis le remplir aux 2/3 de sa capacité ;
- ✓ Flamber le col de flacon à essai puis reboucher avec le bouchon à vis.

I-2-2 Prélèvement des produits finis

La surface des couvercles des pots est nettoyée à l'alcool, l'ouverture de l'emballage et le prélèvement de l'échantillon se fait aseptiquement près de la flamme du bec bensen. On prélève a partir les pots du produit fini stocké dans des chambres froides, à une température de 6°C.

I-3 Méthodes d'analyse physicochimiques :

Les analyses physicochimiques ont été effectuées selon le guide des techniques d'analyses physicochimiques des produits laitiers des laiteries de "Trèfle" et les méthodes officielles normalisées par la norme française.

I-3-1 Détermination du pH

➤ **Définition :**

C'est le potentiel chimique des ions H^+ dans une solution, il est mesuré l'aide d'un pH mètre, équipé d'une sonde de température et une sonde de pH.

Cet équipement doit être étalonné chaque matin avant de commencer l'analyse.

➤ **Principe :**

La différence de potentiel existant entre une électrode de référence plongée dans une même solution, est une fonction linéaire de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ présents.

➤ **Mode opératoire :**

Prolonger les deux sondes de température et du pH à la fois dans l'échantillon à analyser, puis attendre jusqu'à la stabilité du pH et la valeur trouvée.

➤ **Expression des résultats :**

La valeur de pH est affichée directement sur le cadran de l'appareil, les mesures sont exprimées en unités du pH à la température de 20°C.

I-3-2 Détermination de l'acidité titrable :

➤ **Définition :**

L'acidité du lait ou d'un produit laitier est la quantité d'acide lactique libérée par transformation du lactose en acide lactique en présence des bactéries lactiques.

➤ **Principe :**

L'acidité est obtenue par le dosage titrimétrique de l'acide lactique à l'acide d'hydroxyde de sodium en présence d'un indicateur coloré : phénol phtaléine.

➤ **Mode opératoire :**

A l'aide d'une pipette de 10ml prélever 10ml d'échantillon à analyser

- ajouter deux à trois gouttes de phénol phtaléine comme indicateur de pH.

- titrer avec de soude à 0.111N jusqu'au virage de l'incolore au rose qui persiste 10 secondes.

➤ **Expression de résultats**

La quantité exacte de la soude à utiliser dans l'essai dépend de l'indicateur, de l'importance de l'échantillon et du produit à analyser.

Les résultats sont exprimés en degré Dornic (D°) il correspond au nombre de 1/10 de ml de soude Dornic (N/9) nécessaire pour le virage du phénol phtaléine (Guiraud, 1998).

0.1ml de NaOH \longrightarrow 1°D

1°D \longrightarrow 0.1 d'acide lactique/ litre de lait

Pour avoir la correspondance de 0.1ml de NaOH N /9 en acide lactique par litre, il suffit de multiplier le volume titrant obtenu par 10 : **A = V x 10**

A : Résultat (acidité titrable en °D).

V : Volume de NaOH correspond à 10°D

I-3-3 Détermination de l'extrait sec total (EST)

➤ **Définition**

L'extrait sec d'un produit est le pourcentage des matières sèches existant dans le produit.

➤ **principe**

Son principe repose généralement sur la dessiccation du produit par évaporation de l'eau sous forme absorbée ou adsorbée.

➤ **Mode opératoire**

La détermination de la teneur en eau sera effectuée selon la méthode gravimétrique par détermination de la perte du poids par dessiccation dans des conditions précises, cette dessiccation peut se faire à l'aide de la Chaleur ou à l'aide des rayonnements infrarouges.

- prélevé 2ml du produit ensuite ajoutés les 2ml d'échantillon à analyser et bien étaler sur toute la surface de la coupelle à l'aide d'une spatule.

Expression des résultats

La teneur en extrait sec ou matière sèche (MS) exprimée en (%) de lait est égale à :

$$MS(\%) = \frac{M1 - M0}{m} \times 100$$

M₀ : la masse en gramme de la capsule vide.

M₁ : la masse en gramme de la capsule et des résidus après dessiccation et de refroidissement.

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

I-3-4 Détermination de la matière grasse (MG)

➤ Définition

La méthode dit Gerber est une technique conventionnelle permettant d'évaluer la teneur en matière grasse.

Principe

La méthode acido – butyrométrique est basée sur le principe de la dissolution des protéines du produit par addition d'acide sulfurique. La matière grasse libérée est séparée par centrifugation en présence d'alcool iso- amylique.

➤ Mode opératoire

✓ prendre 20ml du produit, compléter à 20 ml de l'eau distillée puis bien agiter la solution pour qu'elle soit homogène.

✓ dans un butyromètre introduire 10ml d'acide sulfurique en évitant de mouiller le col

✓ ajouter 11ml de l'échantillon essai à l'aide de la pipette sans mouiller le col du butyromètre et en évitant un mélange prématuré du lait avec l'acide.

✓ verser à la surface d'échantillon 1ml d'alcool iso amylique sans mouiller le col du butyromètre et en évitant de mélanger les liquides.

✓ Boucher avec soin le butyromètre, puis l'agiter avec précaution mais énergiquement et rapidement jusqu'à disparition des grumeaux.

Le butyromètre se trouve ainsi porté à environ 80°C, le remettre dans sa position initiale et attendre que l'ampoule terminale soit complètement remplie du mélange (acide sulfurique, lait et l'eau distillée).

✓ Procéder au retournement et attendre que l'ampoule terminale soit complètement vidée, après six retournements successifs, l'agitation est suffisante et le mélange est homogène.

✓ Après l'agitation précédente, ne pas laisser refroidir le butyromètre (si nécessaire le réchauffer à 65°C dans le bain d'eau).

✓ Ajuster le bouchon de manière à ce que le niveau du liquide soit dans la partie supérieure de l'échantillon gradué

Placer le butyromètre dans la centrifugeuse à une vitesse de 1500 tours/ minute pendant 10 minutes Pour le yaourt et 5 minute pour le lait.

✓ À la sortie de la centrifugeuse modifier, S'il ya lieu le réglage du bouchon pour que la phase liquide se place exactement dans l'échelle graduée.

✓ Plonger le butyromètre verticalement bouchon en bas, dans le bain-marie et laisser cinq minutes.

➤ Expression des résultats

La matière grasse dissociée est moins dense, elle se rassemble en une couche claire et transparente, visible pour une lecture directe sur l'échelle en du butyromètre.

La teneur en matière grasse du yaourt exprimée mg/l est égal :

$$MG (g/l) = N_1 - N_2$$

N_1 : valeur atteinte par le niveau supérieur du butyromètre.

N_2 : Valeur atteinte par le niveau inférieur de butyromètre.

I-3-5 Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD) :

Il est calculé par la formule suivante :

$$\text{ESD}\% = \text{EST} - \text{MG}$$

Avec :

ESD : extrait sec dégraissé

EST : extrait sec totale

MG : matière gra

I-3-6 Détermination de la teneur en protéines

"Méthode de Kjeldahl": NF V 03-050

➤ Principe

Le principe de la méthode est basé sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, et dosé après déplacement en milieu alcalin et distillation sous forme d'ammonium.

➤ Minéralisation

Introduire dans un matras de minéralisation propre et sec 15 g de sulfate de potassium, 1g de sulfate de cuivre, environ 5ml de l'échantillon et 25 ml d'acide sulfurique pur.

Appliquer un chauffage progressif : d'abord une attaque à froid pendant 15 min jusqu'à l'apparition de vapeur blanche d'anhydride sulfurique, puis le chauffage est rendu plus énergique, attaque à chaud pendant 4 à 5 heures;

Quand la solution devient limpide, elle est refroidie et complétée à 100 ml avec de l'eau distillée;

➤ Distillation

La distillation se fait dans un distillateur automatique où l'ajout de 20 ml de NaOH à 35% dans le matras et 25% d'acide borique dans une fiole de 250 ml est réalisé ; Le dégagement d'ammoniac est récupéré dans une solution d'acide borique contenant

l'indicateur coloré (mélange de bleu de méthylène et rouge de méthyle). Le débit de distillation doit permettre de recueillir environ 150 ml de distillat.

➤ **Titration**

Titrer le contenu de la fiole conique avec l'acide chlorhydrique 0.1N à l'aide d'une burette. Le point final de titration est atteint à la première trace de rose dans le contenu.

➤ **Mode de calcul**

La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante :

$$N\% = \frac{14(V_s - V_b)}{m} \times 10$$

V_s : volume de HCL nécessaire pour titrer la solution de l'échantillon (ml) V_b : volume de HCL nécessaire pour titrer le blanc (ml)

Norme : normalité de la solution de HCL

m : masse de l'échantillon (g)

✓ **la teneur en protéines est calculée de la manière suivante :**

$\text{Teneur en protéines} = N \times 6,38$
--

I-3-7 Détermination de la teneur en lactose

➤ **Définition**

La teneur en lactose s'exprime en gramme de lactose hydraté par litre ou pourcent gramme de lait

➤ **Principe**

Le produit est défèqué par l'hexacyanoferrate de zinc, une solution cupro-alkaline est réduite a chaud par le filtrat, le précipité d'oxyde cuivre formé et dessus par une solution de sulfate ferrique et le sulfate ferreux formé et dosé par manganimétrie en présence d'orthophénantroline ferreux comme indicateur

➤ Prise d'essai

Prélever à la pipette sur l'échantillon préparé 20 ml du produit ou peser 1mg près environ à 20g du lait.

Déification ;

Dans la fiole jaugée de 200ml introduire successivement :

- la prise d'essai
- 2ml de solution d'hexacyanoferrate de potassium, agit
- 2ml de solution d'acétate du zinc, agiter compléter au traite de jauge avec l'eau distille toute en mélangeant, ajouter alors à la pipette 2 ml d'eau distillé (pour tenir compte de volume de précipité) agiter. Laisser reposer é a 15 mn et filtrer. filtrer porter le mélange a ébullition modérée et maintenir celle –ci pendant 3 mn exactement ,refroidir en suite immédiatement le contenu de la fiole sous un courant d'eau froide et laisser déposer le précipité d'Oxyde cuivreux formé ,le liquide surnageant doit demeurer de couleur blanc

Dans le cas contraire recommencer la détermination sur une dilution appropriée

Réduction

Dans la fiole conique introduire ;

- 10 ml de filtrant obtenu après déification exactement mesurés
- 10 ml d'eau distillé
- 20 ml de solution cuivrique
- 20 ml de solution Tetro-alkaline

Lavage et dissolution de l'Oxyde cuivreux

Verser le liquide surnageant sur le filtre en verre fritté, en activant la filtration par aspiration il faut éviter de placer le précipité sur le filtrat et de le laisser au contact de l'air :

Laver trois fois le précipité d'oxyde cuivreux avec 2 ml d'eau distillé bouillé, décanter et filtrer à chaque fois sur le filtre, rejeter ce filtrant dissoudre en suite le précipite par une quantité suffisante de solution ferrique (20 à 30 ml), filtrer la solution obtenu sur le même filtre en ayant soin de dissoudre complètement tout le précipite et de recueillir le filtrant dans la fiole conique propre, rincer la fiole et le filtre avec trois fois par 20 ml d'eau distillé froide .

Titration de sel ferreux formé :

Ajouter au filtrant une goutte d'orthophénantroline ferreux et titrer par la solution avec permanganate de potassium

-le virage est obtenu lorsque la couleur passe de brune orange au vert foncé, soit V le nombre de ml de solution nécessaire

Expression de résultats la teneur en lactose exprimé en gramme de lactose hydraté par litre du lait est égale à :

$$\frac{M \times 100 \times 200}{1000 \times 20 \times 10} = M$$

La teneur en lactose exprime en gramme de lactose hydrate pour 100 gramme est égale à :

$$\frac{M \times 100 \times 200}{1000 \times E \times 10} = \frac{2M}{E}$$

E=est la masse en gramme de la prise d'essai.

M= est la masse en milligramme de lactose hydraté

I-3-8 les Cendres

➤ Principe

Incinération de la matière sèche à 525C°±25C° dans un courant d'air et pesée des résidus obtenus

➤ **Mode opératoire**

Chauffer la capsule dans le four électrique réglé à 525C° durant 30min, placer la capsule dans le dessiccateur et l'y laisser refroidir a la température de la salle, peser à 0,1mg près .

➤ **Prise d'essai**

Peser à 0,1mg près directement ou par différence dans la capsule ainsi préparée environ 5g de l'échantillon pour essai

➤ **Détermination**

placer la capsule dans le four électrique réglé a 525C° et chauffer durant 2 à 3h jusqu'a disparation complète des particule charbonneuse dans la capsule, placer la capsule dans le dessiccateur et l'y laisser à refroidir.

Répéter les opérations de chauffage au four et de refroidissement et de pesée, jusqu'à ce que la masse soit constante

Effectuer au moins 2 essais de chaque échantillon

➤ **Expression des résultats**

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

m0 = la masse en g de capsule vide préparé

m1 = la masse en g de capsule et de prise d'essai

m2 = la masse en g de capsule et des cendres obtenus

I-4 Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques visent à la recherche et le dénombrement de la microflore à incidence sanitaire et technologique, c'est-à-dire les germes responsables des accidents de fabrication et /ou ceux impliqués dans des altérations de la qualité organoleptique et marchande du produit.

Elles permettent également de s'assurer que les laits fermentés seront stables pendant toute la durée de commercialisation.

Une recherche et un dénombrement des microorganismes contaminants la matière première ainsi que le produit fini, ont été effectués afin de vérifier que les yaourts répondent aux normes réglementaires.

L'analyse microbiologique a porté sur la recherche des germes indicateurs de la contamination fécale tels que les coliformes fécaux et totaux, des germes aérobies mésophiles et des Streptocoques fécaux, des Staphylococcus aureus, des Clostridium sulfitoréducteur et des salmonelles. Et aussi la recherche des levures et des moisissures.

L'ensemble des analyses microbiologiques effectuées sur la matière première et le produit fini sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Les germes recherchés par échantillon.

Echantillons Germes	Milieux Utilisés	Lait de vache	Lait de chèvre	Lait de brebis	Produit fini
Germes mésophile aerobie totaux	PCA	+	+	+	-
Coliformes Totaux & fécaux	VRBL + BCPL	+	+	+	+
<i>Staphylococcus Aureus</i>	Giolitti contoni + chapman	+	+	+	+
Levures et Moisissures	OGA	-	-	-	+
<i>Les salmonelles</i>	Hertoén + additive d'hertoén	+	+	+	-
<i>Les antibiotiques</i>		+	+	+	-
Clostridium sulfito-reducteurs	Désoxy	+	+	+	+

I-4-1 Préparation de la solution mère et des dilutions décimales (Norme Internationale : ISO 7218, 2001)

On introduit aseptiquement 25g de produit à analyser dans un flacon stérile contenant au préalable 225 ml de TSE (Tryptone, Sel, Eau). Ensuite, on homogénéise par des mouvements de va-et-vient pendant 3 à 5 minutes, pour obtenir une suspension homogène. Cette suspension correspond à la dilution 10^{-1} . (figure 3)

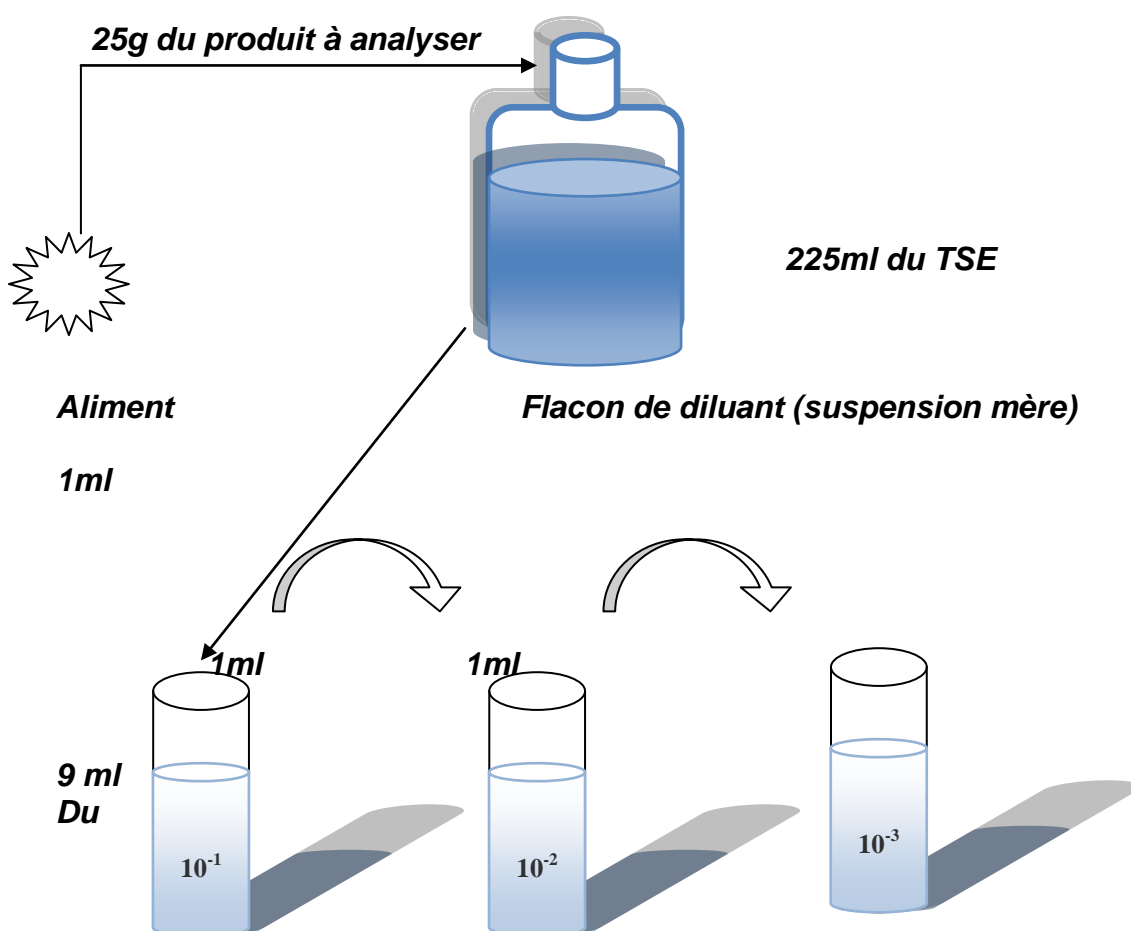


Figure 3 : Réalisation des dilutions décimales.

A partir de la solution mère (10^{-1}), un volume de 1ml est prélevé aseptiquement à l'aide d'une pipette graduée et introduit dans un tube stérile contenant 9 ml de TSE.

Le mélange est bien homogénéisé pour obtenir la dilution 10^{-2} . Ensuite, 1ml de la dilution précédente (10^{-2}) est prélevé aseptiquement et introduit dans un autre tube stérile contenant 9 ml de TSE. Le mélange est homogénéisé pour obtenir la dilution 10^{-3} . Et ainsi de suite pour les dilutions (10^{-4}) (10^{-5}) (10^{-6}) (10^{-7}) ... (10^{-n}).

I-4-2 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (Norme Internationale : ISO 4833, 2003)

La microflore aérobie mésophile 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.

Un aliment dont la flore totale est trop élevée montrera les mauvaises conditions de conservation et sera considéré comme impropre à la consommation (Bengharbia et Saâdat, 2010)

- Le principe de la méthode, le mode opératoire ainsi que la lecture et le dénombrement sont détaillés ci-dessous :

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles est réalisé sur gélose PCA (Plan Acount Agar) par un ensemencement en profondeur ou en masse, et comptage des colonies lenticulaires obtenues.

On porte aseptiquement 1 ml à partir des dilutions décimales allant de 10^{-3} à 10^{-1} dans chacune des boîtes de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées, puis on complète avec environ 15 ml de gélose PCA. Ensuite, on réalise des mouvements circulaires de va-et-vient en forme de « 8 » afin de permettre le mélange de l'inoculum et la gélose, à la fin on laisse solidifier sur paillasse, puis on rajoute une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose, cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses. Les boîtes sont incubées couvercle en bas à 30°C pendant 24, 48 à 72 heures.

I-4-3 Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux (Norme Internationale : ISO 4832, 2006)

La présence des coliformes totaux dans les aliments indique un traitement thermique inefficace ou une contamination subséquente au traitement. Ils peuvent aussi démontrer un mauvais nettoyage et une mauvaise désinfection du matériel de transformation. Ils se distinguent des autres entérobactéries par leur aptitude à fermenter le lactose (Benaouda et Bergaoui, 2012).

Sur la gélose VRBL (Gélose Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge neutre), le développement de plupart des bactéries n'appartenant pas 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 (Guiraud, 1998).

Dans le but de dénombrer les coliformes totaux dans nos échantillons, nous avons suivi la méthode suivante :

✓ A partir des dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} , 1ml de chaque dilution est porté aseptiquement deux fois dans deux boites de Pétri vide préparée à cet usage (une pour les coliformes totaux et l'autre pour les coliformes fécaux). Après, chaque boite sera complétée avec 15 ml de gélose VRBL préalablement fondue et refroidie. Puis, des mouvements circulaires en forme de « 8 » et de va-et- vient seront faites pour bien mélanger la gélose à l'inoculum, les boites seront ensuite laissées solidifier sur la paillasse.

✓ L'incubation se fait pendant 24 à 48 h à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour la deuxième série qui servira à la recherche des coliformes fécaux.

✓ On va dénombrer les boites contenant entre 30 et 300 colonies de couleur rouge foncé, brillantes de 0,5mm de diamètre. Enfin, le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.

I-4-4 Recherche et dénombrement des Clostridium sulfitoréducteur (Norme Internationale : ISO 7218, 2001)

Ce sont des bacilles Gram positif appartenant à la famille Bacillaceae, sporulées anaérobies strictes et généralement mobiles .Leur présence est un indicateur de contamination fécale, il est à noter que certaines espèces de Clostridium sont

responsables d'intoxication chez l'homme, il s'agit entre autre de *Clostridium perfringens*.

Les Anaérobies Sulfite-Reducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram positif et se développent pendant 24h à 48h sur une gélose viande foie (VF), en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS sulfure de fer de couleur noir.

✓ Au moment de l'emploi, on fait fondre un flacon de gélose VF, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C puis, on ajoute une ampoule d'Alun de Fer et une ampoule de sulfite de sodium. Par la suite, 1ml de l'échantillon à analyser (dilution 10^{-1} à 10^{-3}) estensemencé dans des tubes à essais contenant 9ml d'eau physiologique, ces derniers sont soumis par la suite à un chauffage au bain marie à 80°C pendant 10 minutes suivi d'un refroidissement sous l'eau de robinet, afin d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées. Ensuite, 15 ml de gélose VF préparée précédemment sont ajoutés dans chaque tube. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h.

✓ Les colonies dans la profondeur de la gélose, donc 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. Les résultats sont exprimés par le nombre de spores par ml ou par gramme de produit.

I-4-5 Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus* (Norme Internationale : ISO 6888-1, 1999)

Les *Staphylococcus aureus* appartiennent à la famille des Micrococcaceae. Ce sont des cocci à Gram positif, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs, immobiles, halophiles, se divisent en plusieurs plans en formant des amas irréguliers, coagulase, protéase et catalase positives (Bourgeois et al., 1996). Ce sont des germes pathogènes, toxigènes que l'on trouve particulièrement dans le pus, le germe n'est pas thermostable, mais sa toxine est thermostable.

L'enrichissement sur milieu Giolitti Cantonii (GC) permet une revivification idéale des souches stressées par la réduction de téllurite de potassium en tellure responsable

de la coloration noire. Tandis que, le milieu d'isolement Chapman, grâce à son taux élevé en NaCl (7.5%) permet à la fois le développement des staphylocoques et l'inhibition des autres germes. La fermentation du mannitol est mise en évidence par le virage du rouge de phénol au jaune.

A partir des dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} , 1 ml par dilution est porté aseptiquement dans un tube à vis stérile. Par la suite, environ 15 ml du milieu d'enrichissement GC additionné du tellurite de potassium sont ajoutés, le milieu et l'inoculum doivent être bien mélangés. Les tubes sont incubés à 37°C pendant 24 à 48 h.

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 l'isolement sur gélose Chapman préalablement fondue. Les boîtes de Chapman ainsiensemencées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48 h.

Après ce délai, on va repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune.

I-4-6 Recherche et dénombrement des levures et moisissures (Norme Internationale : ISO 6611, 2004)

Les levures sont des champignons microscopiques qui par leur développement dans les produits alimentaires finis, peuvent produire des altérations de leur qualité marchande par formation de troubles, d'odeurs ou de goûts ou par gonflement des produits ou/et de leur emballage (CO₂) (Leveau et Bouix, 1993). La plupart des denrées alimentaires, au cours de leur préparation mais surtout de leur entreposage, sont susceptibles, d'être détériorées par les moisissures. Les pertes qui leur incombent sont considérables. Parfois, l'altération des denrées aboutit à une modification de la valeur nutritionnelle du produit, et à l'apparition de saveurs indésirables.

Les levures et moisissures sont des micro-organismes qui, après ensemencement en surface sur le milieu inhibiteur pour les bactéries (gélose Sabouraud au chloramphénicol) forment des colonies après une incubation à 20 - 25°C pendant 5 jours (Guiraud, 1998).

La recherche des levures et moisissures se fait comme suit :

✓ A partir des dilutions décimales allant de 10^{-3} à 10^{-1} , on porte aseptiquement 4 gouttes dans chacune des 3 boîtes de Pétri contenant la gélose Sabouraud (ou bien gélose OGA) puis, on étale les gouttes à l'aide d'une pipette râteau stérile et on incube les boîtes couvercle en haut à 22°C pendant 5 jours. Dans le souci de ne pas se trouver en face de boîtes envahies soit les levures soit par les moisissures, une lecture et un dénombrement doivent être effectués chaque jour, levures à part et les moisissures à part.

✓ Les colonies des levures ressemblent aux colonies bactériennes, elles sont de consistance crémeuse, ronde ou ovale et souvent opaque. Tandis que, les moisissures apparaissent pigmentées à aspect velouté et duveteuses.

✓ Etant donné d'une part qu'on a pris 4 gouttes de la dilution décimale, et qu'on considère que 1 ml est l'équivalent à 20 gouttes, pour revenir donc à 1 ml, il faut multiplier par l'inverse de la dilution, puis faire la moyenne arithmétique des différentes boîtes et exprimer le résultat final par ml de produit analysé.

I-4-7 Recherche et dénombrement des Salmonelles (Norme Internationale : ISO 4833, 2003)

➤ **Principe**

Il est nécessaire pour la recherche de Salmonella d'établir un pré-enrichissement, dans un milieu sélectif à température 37°C. L'isolement de Salmonella est effectué en suite sur milieu sélectif « Hertoën ».

➤ **Mode opératoire**

Cette recherche nécessite la réalisation des étapes effectuées chacune quotidiennement pendant 4 jours.

✓ **Jour 1 : pré-enrichissement**

S'effectue dans l'eau peptonée tamponnée ou sur le milieu TSE dans un rapport de 25 ml d'échantillon dans 225 ml du milieu TSE (l'intérêt de cette étape permet aux bactéries de récupérer leurs potentialités), puis incuber à 37°C pendant 18 h.

✓ Jour 2 : enrichissement

S'effectue principalement avec le bouillon au Sélénite de sodium (SFB) + Cystéine double ou simple concentration, il favorise la multiplication des entérobactéries, le premier enrichissement s'effectue sur (SFB) simple ou double concentration comme suit: 0,1 ml de solution mère dans 10 ml SFB SIC+ Cystéine 10 ml de solution mère dans 10 ml de SFB D/C + Cystéine. Incubation : l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures. Lecture : le résultat positif se traduit par un virage de la solution au rouge brique.

✓ Jour 3 : isolement

Sur un milieu sélectif solide Hertoën +additif d'Hertoën (une ampoule dans un flacon de 250 ml du milieu), on prend une goutte du milieu d'enrichissement « SFB » et on procède à l'ensemencement sur milieu Hertoën, au même temps on doit faire un deuxième enrichissement à partir des cultures d'enrichissement seulement sur « SFB » D/C en tube qui sert à un deuxième isolement.

- Incubation: L'incubation s'effectue à 37°C pendant 24 heures.
- Lecture : les colonies en milieu Hertoën sont lisses, de couleurs bleu grisâtre parfois aux centres noirs, 1 mm de diamètre.

✓ Jour 4 : identification

A partir des colonies caractéristiques développées sur milieu d'isolement nous mettons en œuvre des tests révélant les principaux caractères biochimiques en vue de confirmer qu'ils appartiennent au genre Salmonella, cette confirmation se fait à l'aide de l'anse de platine.

L'étuvage de la culture se fait à 37°C pendant 24 heures.

✓ Confirmation

Elle se fait sur milieu incliné « TSI », dont le culot contient une gélose et la pente du saccharose et de lactose. Repiquer aseptiquement une colonie à l'aide d'une anse de platine sur le milieu « TSI » par piqûre centrale dans le culot, et par stries sur la surface inclinée. Les tubes sont légèrement fermer puis incubés à 37°C pendant 24 heures.

La révélation est indiquée par :

Dans le culot :

Virage au jaune (d'où une acidité, donc une fermentation du glucose) ;

- Noircissement (aux piqures, d'où la fermentation du sulfure d'hydrogène H_2S)
- Bulles d'air, fissures ou décollement de la gélose (production de gaz)
- Pente rouge (lactose négatif, saccharose négatif)

La réaction de l'Urée-Indole

On ensemence une culture bactérienne en suspension dans un milieu l'Urée-Indole qu'on incube à 37° pendant 24h. le lendemain, on ajoute 5 gouttes du réactif Kovacs.

- S'il y a formation anneau rouge à la surface, la réaction est positive.
- S'il n'y a pas d'anneau rouge à la surface, la réaction est négative.

II- Préparation des yaourts à partir de trois types de laits

II-1 Protocole expérimentale :

Dans le but de préparer à l'échelle laboratoire, un yaourt étuvé à base de différents types de lait (lait de vache, chèvre et brebis), et de réaliser des essais d'optimisation d'un yaourt répondant au critère de qualité, conforme aux normes d'entreprise (trèfle) et à réglementation algérienne. Nous avons préparé :

- un yaourt témoin à base de lait de vache reconstituée
- des yaourts à base de lait cru de (vache, chèvre et brebis), enrichis par la poudre de lait 26% de MG, et poudre de lait 0% de MG
- des yaourts à base de lait cru de (vache, chèvre et brebis), sans addition de poudre de lait

La recette du yaourt témoin et les recettes des yaourts à base de lait cru sont

illustrées sur les tableaux suivants :

Tableau 12 : Recette du yaourt témoin (pour 1 Kg)

Ingrédients	Quantités (g)
Sucre	96
PDL 0%	53
PDL26%	79
Eau de process (ml)	810
Ferments lactiques	0,2
Arômes	0,1
Total	1038,3

Tableau 13 : Recette des yaourts formulés à base de trois laits crus

Laits cru (ml)		Ferments lactiques (g/l)
Vache	1000	0,2
Chèvre	1000	
Brebis	1000	

Après la formulation des yaourts à base de lait cru (vache, chèvre, brebis) on a procédé à une appréciation organoleptique, cette dernière a été réalisée par le personnel du laboratoire de laiterie trèfle.

D'après les commentaires du personnel et afin d'optimiser la qualité finale des yaourts fabriqués on a procédé à l'addition d'autres ingrédients (poudre de lait, sucre, arômes).

Les recettes des yaourts enrichis par la poudre de lait se résument dans le tableau suivant :

Tableau 14: Optimisation des formulations de yaourt à base de trois laits crus

Les ingrédients	Lait de vache	Lait de chèvre	Lait de brebis
Lait cru (ml)	750	600	500
Sucre (g/L)	100	100	100
PDL 0% (g/L)	5	35	15
PDL26% (g/L)	0	0	0
Eau de process (ml)	144	264	384
Ferments lactiques (g/L)	0,2	0,2	0,2
Arômes(g/l)	1	1	1
Total	1000,2	1000,2	1000,2

II -1-1 préparation des laits cru destinés à la formulation des yaourts

Pour le lait cru destiné à la fabrication du yaourt étuvé nous avons appliqué un traitement thermique à 95°C pendant 5 minutes c'est la pasteurisation. Après cette étape de pasteurisation, le lait est refroidi jusqu'à la température d'ensemencement des ferments lactiques, qui est de 45°C environ.

II-1-2 Préparation du lait reconstitué destiné à la formulation du yaourt témoin :

A l'aide d'une balance de précision, on pèse rigoureusement les ingrédients (poudre de lait entier, écrémé et le sucre) dans des béciers appropriés. On additionne les poudres au volume d'eau de process convenable préalablement chauffé à 45°C. On homogénéise le mélange manuellement afin d'obtenir une solution de lait homogène qui restera pour l'hydratation environ 20 à 30 minutes. Après le temps de repos, on prélève un échantillon du lait préparé pour effectuer des analyses physico-chimiques afin de déterminer et de contrôler les paramètres technologiques étudiés (extrait sec total, extrait sec dégraissé, la matière grasse). On additionne à ce mélange, le taux de sucre convenu. L'ensemble est mis dans une bouteille de plastique de PEHD, stérile, de capacité d'un litre. On homogénéise les bouteilles et on procède à leur thermo scellage.

II-1-2-1 Traitement thermique :

Le traitement thermique appliqué au lait destiné à la fabrication du yaourt témoin étuvé est la pasteurisation. Il est effectué à 80-90°C pendant 5 minutes 30secondes à l'aide d'un autoclave, ce qui assurera la stabilité et la sécurité du produit. Après pasteurisation, le lait est refroidi jusqu'à température d'ensemencement des

II-1-2-2 Ensemencement des ferments lactiques :

Cette opération s'effectue dans des conditions aseptiques devant le bec bunsen pour éviter des incidences ultérieures sur la qualité du produit fini. On ensemence directement le lait avec des ferments lactiques lyophilisés du yaourt. On mélange l'ensemble manuellement.

II-1-2-3 Conditionnement :

Après homogénéisation, la préparation est conditionnée de manière stérile dans des pots de yaourt de contenance de 100ml, puis on les recouvre avec du papier aluminium à usage industriel.

II-1-2-4 Etuvage :

Les pots hermétiquement fermés sont incubés dans une étuve préalablement chauffée à la température choisie. Durant cette étape, on mesure l'évolution de pH du yaourt chaque heure, la sortie des pots de l'étuve se fait lorsque le PH atteint une valeur comprise entre (4,6 - 4,7)

II-1-2-5 Refroidissement :

Les yaourts étuvés sont refroidis dans des chambres froides fortement ventilées à 0 - 2°C pendant 10 à 15 minutes : c'est le choc thermique qui bloque l'acidification en inhibant le développement des bactéries lactiques

II-1-2-6 Stockage :

Après refroidissement, le produit fini est conservé au réfrigérateur à une température de 6°C. Le produit est évalué par des analyses microbiologiques, physico-chimiques et un examen sensoriel.

Le diagramme de fabrication suivi ainsi que les différents facteurs technologiques variés sont résumés dans la figure 4

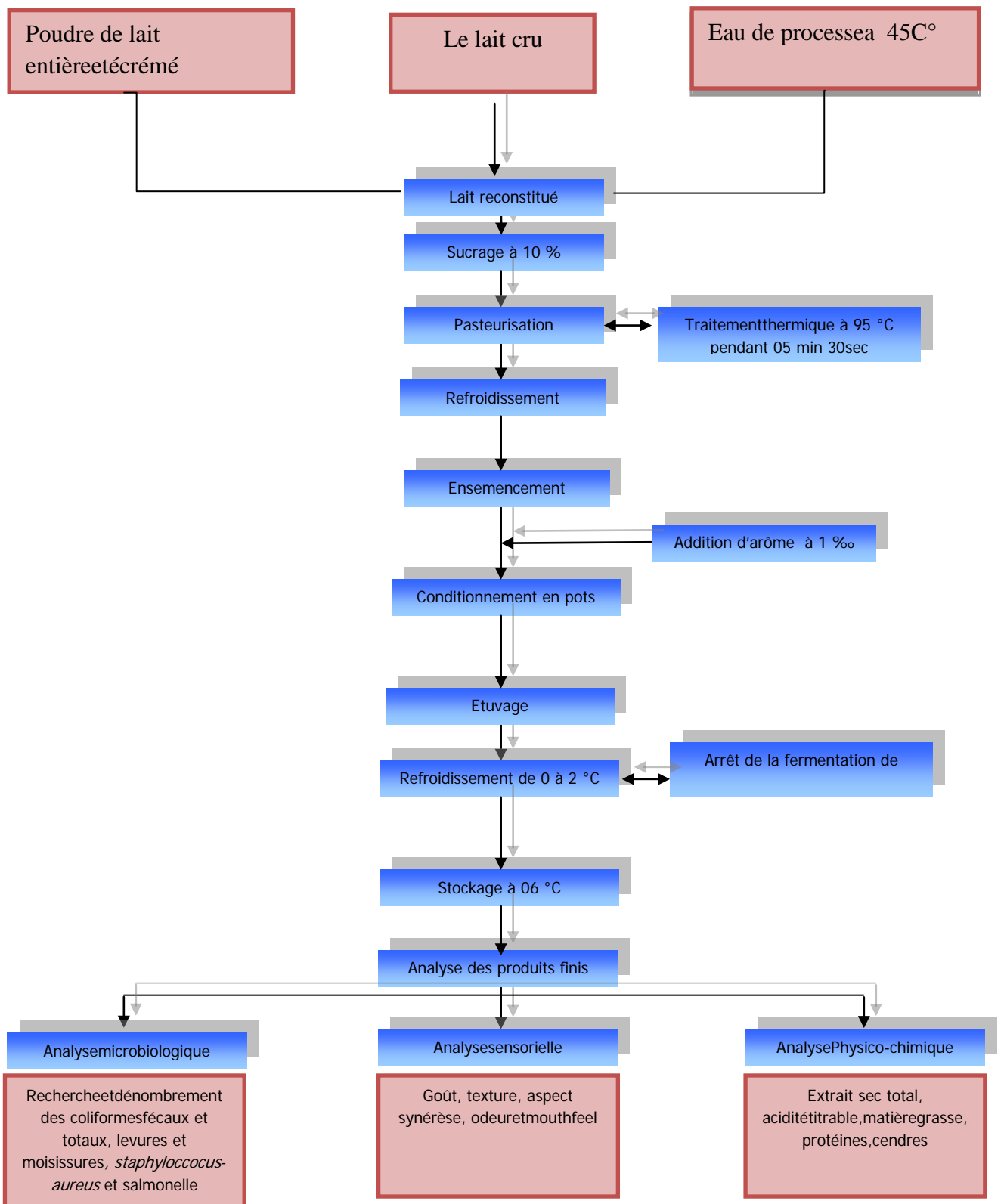


Figure 4 : Le diagramme de fabrication des yaourts expérimentaux avec les paramètres technologiques variés

III- Analyse organoleptique

L'appréciation des propriétés organoleptiques des différents types de yaourt préparé, en termes d'aspect, de couleur, d'odeur et de goût, a été effectuée au niveau de laboratoire de contrôle de la qualité de l'unité de la laiterie « Trèfle » ceci en prenant comme jury 15 personnes appartenant au personnel de l'unité de trèfle.

Un formulaire a été proposé pour l'examen organoleptique ou la distribution des notes a été effectuée selon une échelle de 1 à 4 pour donner une appréciation du produit, d'après le Tableau (voir annexe 7) qui a été fourni, par l'entreprise « Trèfle ».

III-1 Terminologie

III-1-1 Aspect

Sensation visuelle perçue lorsqu'on examine un produit (Luquet, 1986).

III-1-2 Texture

Ensemble des propriétés rhéologiques et de structures (géométriques et de surface) d'un produit élémentaire perceptible par les mécanorécepteurs, les récepteurs tactiles et visuels. (Luquet 1986). Cette notation est liée plus particulièrement à celle de la consistance.

III-1-3 Goût et flaveur

Ensemble des sensations gustatives, olfactive et de sensibilité chimique commune (Luquet, 1986). La flaveur est l'ensemble des perceptions que l'homme peut apprécier avec sa bouche ; c'est-à-dire le goût (sucré, salé, acide, amer); l'arôme est l'ensemble des perceptions somatiques (texture, chaleur, piquant). L'odeur et l'arôme sont dus à un ensemble de molécules volatiles présentes dans l'aliment et appelées composés d'arôme. (Bourgeois et Larpent, 1996)

III-1-4 Synérèse

C'est l'exsudation du sérum de produit.

III-1-5 Mouthfeel

C'est l'aspect du produit dans la bouche (léger ou consistant).

IV- Evaluation technico-économique des yaourts formulés

Etant donné que le prix du yaourt est parmi les critères de sa qualité et son acceptabilité par le consommateur, un calcul du coût d'un pot de yaourt a été réalisé. La rentabilité est une notion qui s'applique à toute action économique et met en œuvre des moyens. On entend par rentabilité, la capacité de l'entreprise de dégager une valeur ajoutée, plus cette valeur sera importante, plus l'entreprise est rentable. L'étude de la rentabilité relative du yaourt a été effectuée sur la base de bénéfice additionnel.

CHAPITRE II :

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Chaque résultat obtenu est la moyenne de trois répétitions d'analyse de chaque échantillon.

II Résultats d'analyse physico-chimiques des matières premiers

II-1 Le pH

Les valeurs de PH du lait de vache, de chèvre, et de brebis sont illustrées sur le tableau 15 et la figure 5

Tableau 15 : PH des trois laits

Type de lait	Vache	Chèvre	Brebis
pH	6,79±0,01	6,7±0,00	6,82±0,02

D'après les résultats obtenus le pH du lait de brebis est de 6,82.

Cette valeur est légèrement supérieur au PH du lait de vache et du lait de chèvre avec respectivement de 6.79 et de 6,7.

Delacroix -suchet et al. (1994), ont montré que les laits de brebis possèdent un fort pouvoir tampon, par leur pH, et que les variations importantes de pH observés durant toute la période de lactation, pouvaient être mises en relation, respectivement avec les modifications de régime alimentaire.

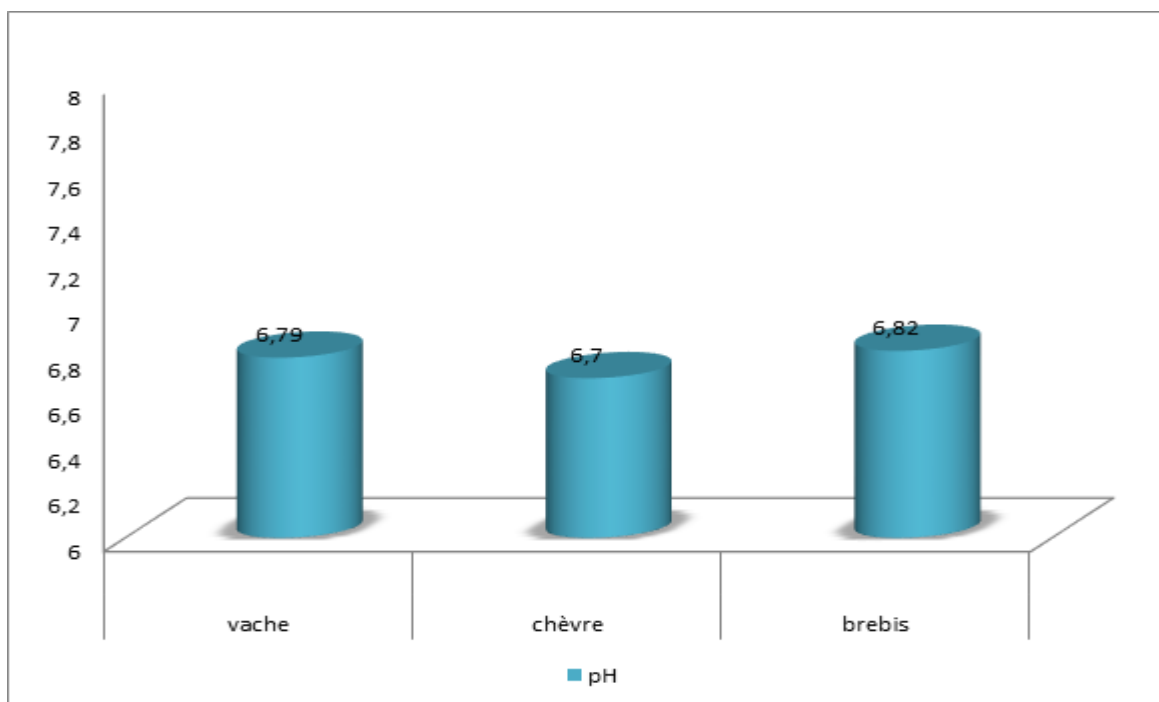


Figure 5 : le pH des trois laits

II-2 Acidité titrable en (°D)

Les valeurs de l'acidité titrable du lait de vache, de chèvre, et de brebis sont représentées sur le tableau 16 et la figure 6

Tableau 16 : l'acidité titrable des laits de vache, chèvre et brebis

Le lait	vache	chèvre	brebis
L'acidité titrable en °D	17,3±0,05	16,6±0,11	27,6±0,11

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que le lait de brebis est plus acide que le lait de vache et le lait de chèvre. La valeur la de l'acidité titrable du lait de brebis est de 27,6°D alors que celle du lait de vache et de chèvre sont respectivement de 17,3 et de 16,6 °D.

Rappelons que, le pH de lait de brebis est supérieur à celui du lait de vache et de chèvre étant donné que l'acidité titrable de lait de brebis est en moyenne supérieure à celle du lait de vache et de chèvre, cela montre une corrélation étroite entre le pH et l'acidité titrable.

Dans ce contexte, Mathieu (1998) a montré que le pH et l'acidité d'un lait frais évoluent avec sa composition : une teneur élevée en substances acides ; protéines, anions phosphatés, citrate ou acide lactique, s'accompagne d'un pH faible et d'une acidité de titration élevée.

Par contre, les valeurs de pH et d'acidité titrable ne sont pas étroitement liées dans le lait, et il n'y a pas de relation linéaire entre les deux ; l'acidité titrable à un pH donné dépend des teneurs en protéines et en sels minéraux du lait (Alais, 1975 ; Mathieu, 1998 ; Mahaut et al, 2000).

Des laits peuvent avoir des acidités identiques mais suivant leurs teneurs en acides et bases, des pouvoirs tampons, des pH distincts (Alais, 1975 ; Mathieu, 1998).

Inversement on peut concevoir que les laits des compositions différentes puissent être caractérisés par des pH identiques et des acidités de titration inégales (Alais, 1975 ; Mathieu, 1998).

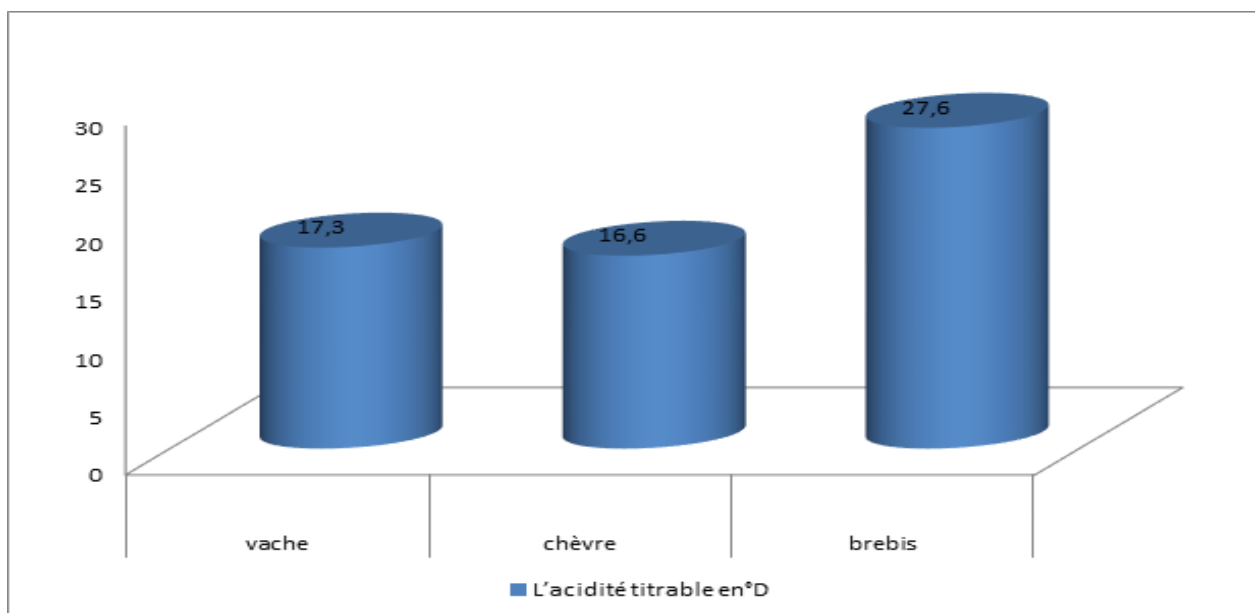


Figure 6 : l'acidité titrable des trois laits de vache, chèvre et brebis

II-3 La teneur en matière sèche ou extrait sec total

Les teneurs en matière sèche du lait de vache, de chèvre et de brebis sont illustrées sur le tableau 17 et la figure 7

Tableau 17 : la teneur en matière sèche des trois laits en g/l

Le lait	Vache	chèvre	Brebis
La matière sèche	129,9±0.1	150,46±3.75	202,53±3.55

D'après les résultats obtenus, la teneur en matière sèche ou extrait sec total de lait de brebis est plus élevée que celle de lait de vache et chèvre. La valeur de matière sèche du lait de brebis est de 202,53 g/l alors que celle du lait de chèvre et de vache sont respectivement de 150,46 et 129,9 g/l.

La matière sèche est l'ensemble des composants du lait, à l'exception de l'eau et des gaz dissous, constitue la matière sèche totale (Hoursaud, 1993 ; Alais, 1997 ; Mathieu, 1998).

Nous remarquons selon les résultats, que le lait de brebis que nous avons étudié contient en moyenne 202,53 g de matière sèche par litre en vu de sa richesse en matières grasses et en protéines, le lait de chèvre contient en moyenne de 150,46 g il est cependant moins riche en MG et en protéines que le lait de brebis, alors que le lait de vache avec 129,9 g de MS, vu son insuffisance en matière grasse et en

protéine ; concernant le lait de brebis sa teneur en MS est légèrement supérieurs à celle bibliographie par la bibliographie (190 g/l). (Lavoisier, 1990) ; cette différence est peut être due au régime alimentaire du troupeau.

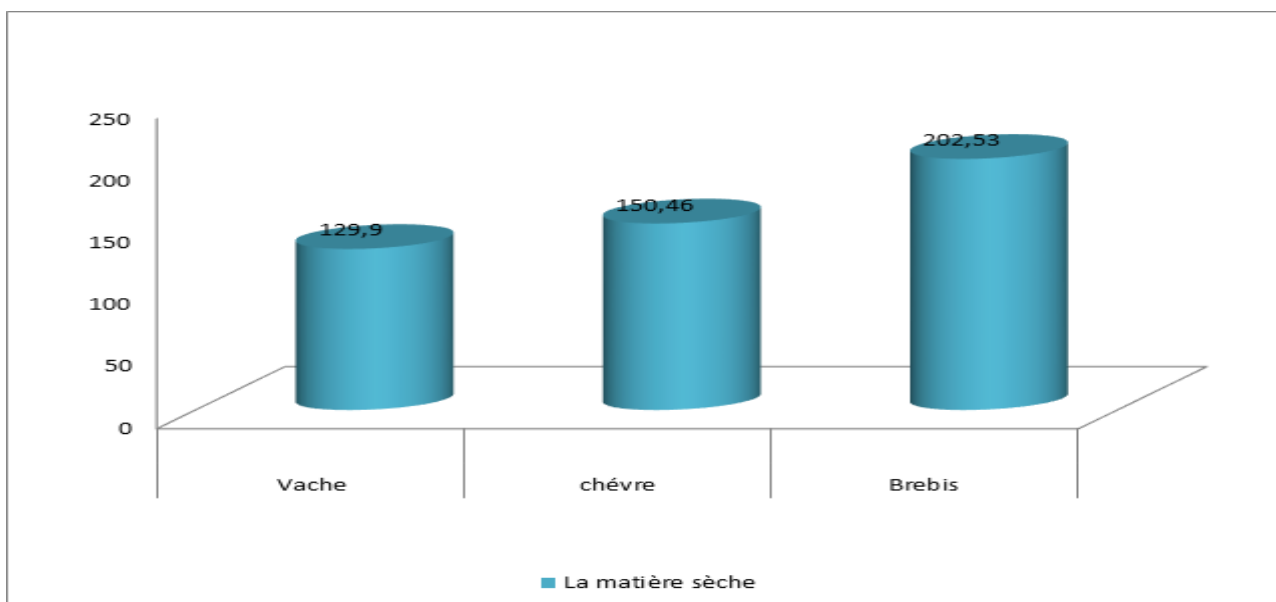


Figure 7 : la teneur en matière sèche des trois lait de vache, chèvre et brebis

II-4 La teneur en matière grasses

Teneurs en MG du lait de vache, chèvre et de brebis sont illustrées sur le tableau 18 et la figure 8

Tableau 18 : la teneur en matière grasse des laits de vache, chèvre et brebis en g/l

Le lait	Vache	Chèvre	Brebis
La matière grasse	39,3±0.11	52,6±0.15	76,6±0.05

D'après nos le lait de brebis est plus riche en lipides que le lait de vache et de chèvre. La valeur du lait de brebis est 76,6 g/l alors que celle du lait de vache et chèvre sont respectivement de 39,3 et 52,6 g/l.

Le lait de brebis est très riche en matières grasses, il contient globalement deux fois plus de matière grasse que le lait de vache et presque deux fois plus de matière azotée totale.

Nos résultats montrent que le lait de brebis est en moyenne plus riche en matières grasses ,que le lait de chèvre et vache . Nous remarquons aussi que la teneur en matière grasse du lait de brebis et lait de chèvre est supérieure aux valeurs données par la bibliographie cette quantité supplémentaire est due

probablement au stade de lactation. En effet, Guitard (1991) à montrer que le taux butyreux et le taux protéique du lait de brebis évoluent en fonction du stade de lactation, ils augmentent respectivement de 40 et 25%, La teneur en matières grasses du lait de vache est conforme à celles données par la bibliographie, avec (35- 40 g/l). (Lavoisier, 1990).

Quel que soi la race et le mode d'élevage, la quasi-totalité des auteurs notent une augmentation nette et régulière de la teneur en matières grasses du lait de brebis par rapport au lait de vache et chèvre au cours du stade de lactation (Assenat, 1985 ; Voutsinas et al, 1988 ; Muir et al, 1993).

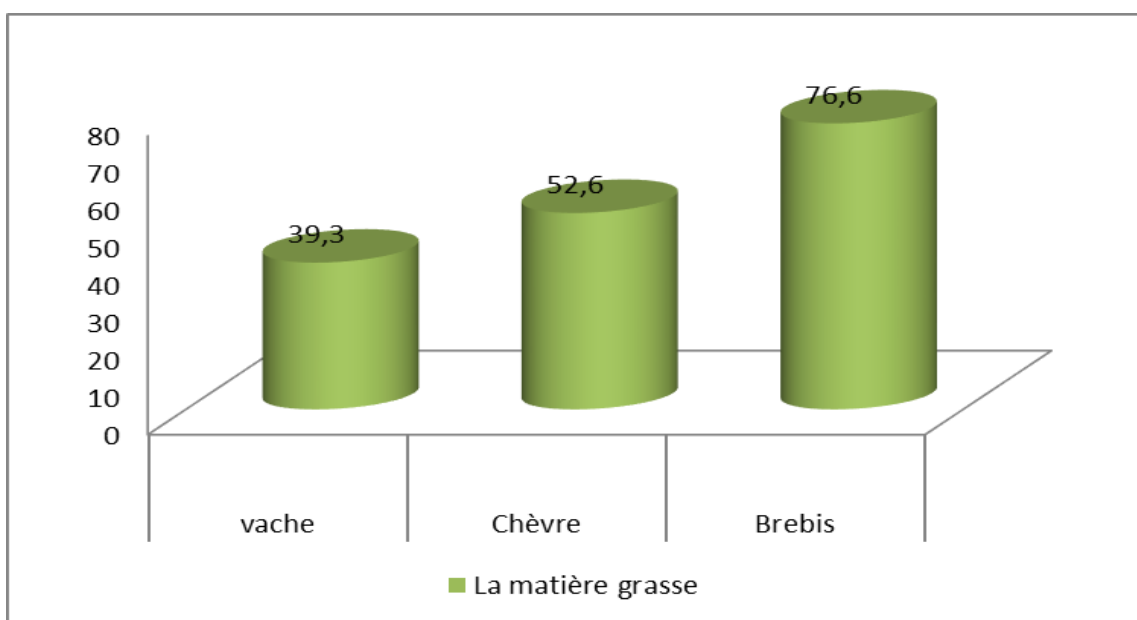


Figure 8 : la teneur en matière grasse des trois laits de vache, chèvre et brebis

II-5 La teneur en protéines

Teneur en protéines du lait de vache, de chèvre et de brebis sur le tableau 19 et la figure 9

Tableau 19 : la teneur en protéine des laits de vache, chèvre et brebis en g/l

Le lait	vache	chèvre	Brebis
les protéines	31,64±0.98	35,56±0.33	54,36±0.18

Les résultats du dosage des protéines comprennent la caséine et les protéines solubles. Ainsi les teneurs en protéine totale de lait de brebis est deux fois plus élevées que celles de laits de vache. La valeur du taux protéique du lait de brebis est de 54,36 g/l alors que celle du lait de vache et de chèvre sont respectivement de 31,64 et 35,56 g/l.

Les protéines sont remarquables par leurs quantités ce sont les constituant les plus abondants après l'eau ; par le rôle qu'elles jouent dans les transformations du lait, par la place qu'elles occupent dans ses produits dérivés : beurre, fromages, yaourts, etc... et par leurs importance nutritionnelle et économique (Mathieu, 1998).

Nos résultats montrent que le lait de brebis est en moyenne plus riche en protéine respectivement avec, que le lait de chèvre et vache, Nous remarquons aussi que la teneur en protéine du lait de chèvre et lait de vache est conforme aux valeurs données par la bibliographie elle est respectivement de (35 – 40 g/l) et (30 - 35 g/l). (Lavoisier, 1990). Par contre La teneur en protéine du lait de brebis est légèrement inférieure à celles données par la bibliographie, avec (55 – 60 g/l). (Lavoisier, 1990).

Selon Remeuf et al . (1991), la richesse du lait de brebis exprimé en taux butyreux et aux protéique par rapport au lait de vache ou de chèvre est due à l'augmentation du taux butyreux au cours du stade de lactation . Le rapport (taux butyreux/taux protéique) augmente aussi pour cette période; d'autant que le taux protéique évolue, beaucoup moins que le taux butyreux à partir du 120^{ème} jours de lactation.

Par comparaison aux laits bovin et caprin, le lait de brebis, en coagulation par La présure, à un temps de gélification court, le gel s'organise vite et devient très ferme (Storry et al 1983 ; Gillis, 1997). Cette fermeté est beaucoup plus importante que ne laisserait supposer le rapport entre richesse fromagère des laits de brebis, chèvre et de vache (Assenat, 1985).

Les évolutions de la composition du lait de brebis notamment en protéines, laissent présager des variations non négligeables de son comportement vis à vis de la présure ; les travaux relatifs à l'aptitude à la coagulation du lait de brebis se sont attachés généralement à faire la comparaison avec les laits

d'autres espèces, en particulier le lait de vache et chèvre (STORR Y, 1983). Dans ce contexte Storry et al.(1983) et Ubertalle et al. (1990) obtiennent des corrélations, vitesses de raffermissement et fermeté des gels, le gel ovin s'égoutte moins rapidement que les gels bovin et caprin, ce qui s'expliquerait par sa grande concentration en matière grasse qui freine la synérèse.

Ainsi Delacroix-suchet et al. (1994) montrent que pour la transformation fromagère, les effets de seuil sur les constituants des laits de brebis sont différents de ceux considérés habituellement en laits de vache et de chèvre (Seuil du taux protéique)

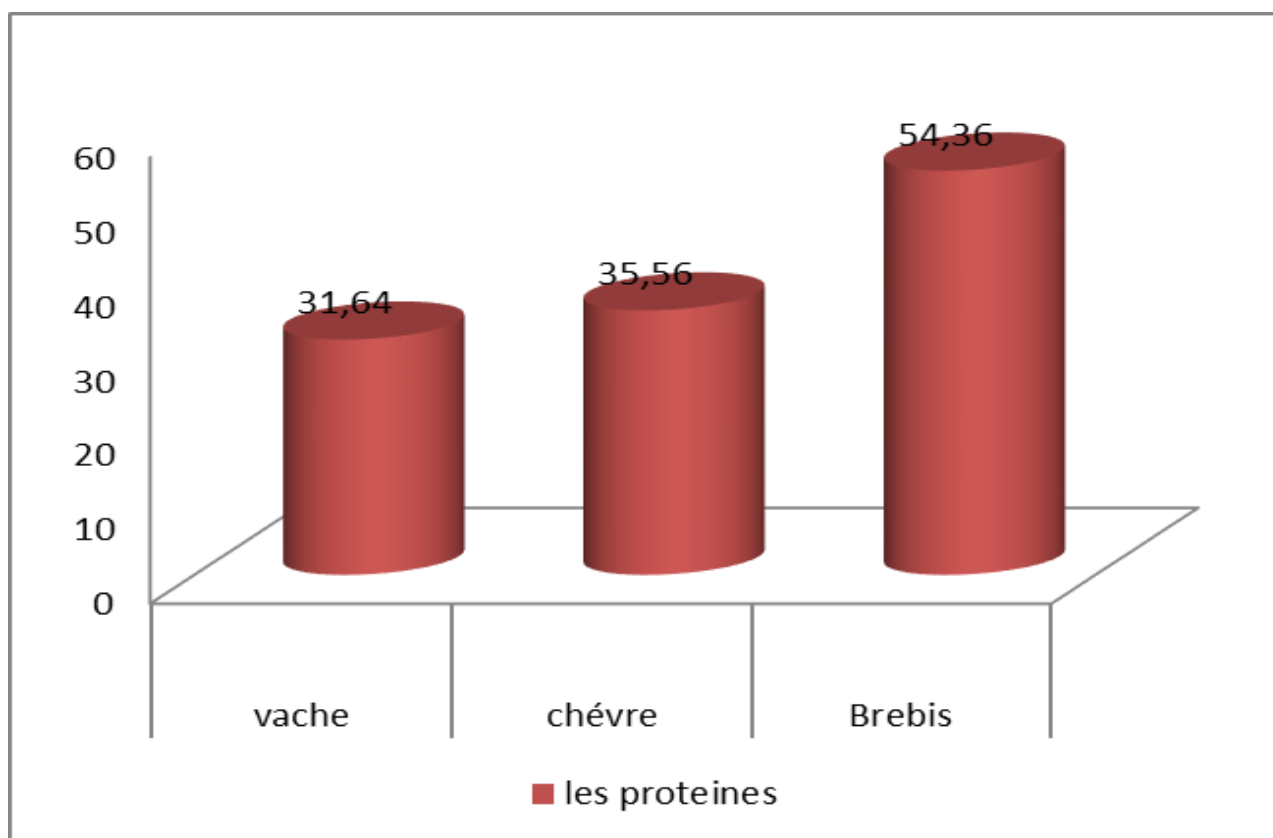


Figure 9 : la teneur en protéine des trois laits de vache, chèvre et brebis

II-6 La teneur en cendres

La teneur en cendre du lait de vache, de chèvre et de brebis sont représentés sur le tableau 20 et la figure 10

Tableau 20 : la teneur en cendres des laits de vache, chèvre et brebis en g/l

Le lait	vache	chèvre	Brebis
les cendres	6,15±0,48	7,28±0,61	8,93±0,23

Le taux des cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents. La valeur trouvée dans le lait de brebis est plus élevée que celle du lait de vache et chèvre . La valeur en cendres du lait de brebis est de 8,93 g/l alors que celle du lait de chèvre et vache sont respectivement de 7.28 et 6,15 g/ l.

Les résultats montrent que le lait de brebis est plus riche en cendres que celui de chèvre et vache ; à cause de sa richesse en minéraux. Nous remarquons aussi que la teneur en cendres du lait de brebis et lait de vache est inférieure aux valeurs données par la bibliographie avec respectivement de (10 - 12 g/l) et (8 - 10 g/l). (Lavoisier, 1990) cette différence est due probablement au conduite d'élevage ou aux conditions de notre travail expérimental .alors que la teneur en cendres de lait de chèvre est conforme à celle donnée par la bibliographie (5 - 8 g/l) (Lavoisier, 1990).

Dans ce contexte, Delacroix-Suchet et al (1994), et la Fuente et al. (1997) ont montré que le lait de brebis est deux fois plus minéralisé que le lait de vache, ce qui lui confère un fort pouvoir tampon et constitue un avantage pour sa conservation.

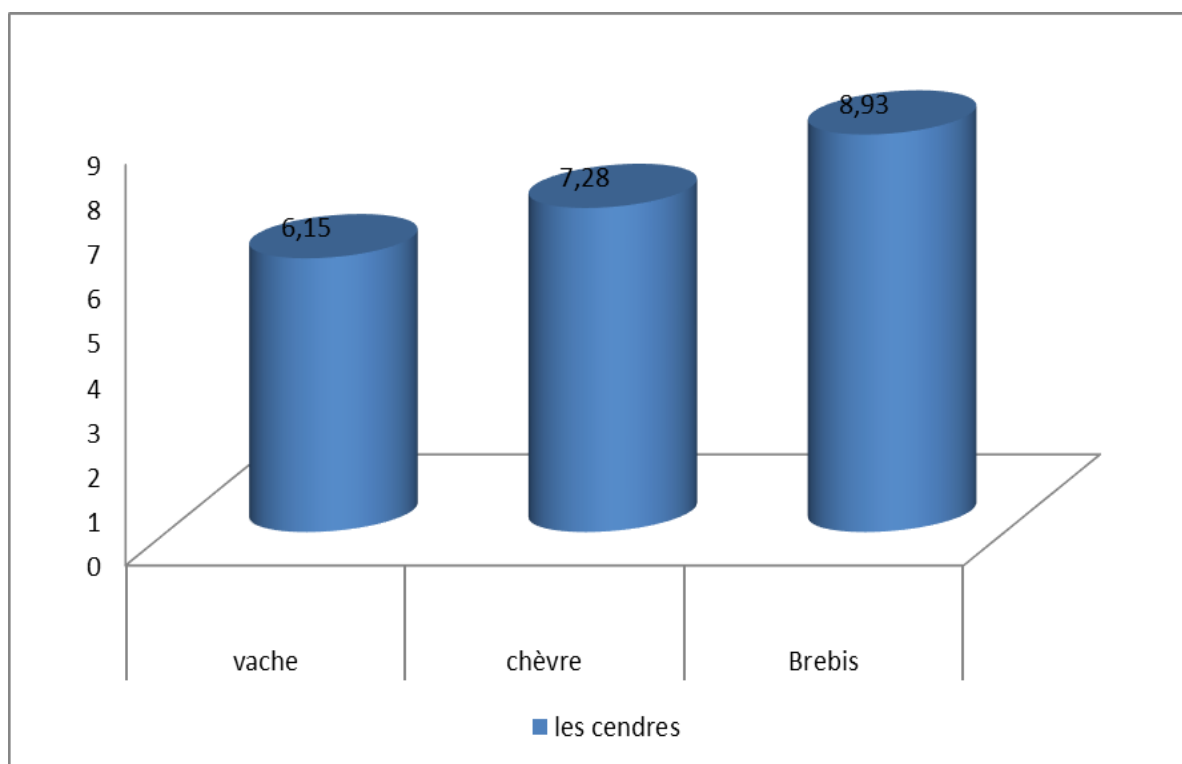


Figure 10 : la teneur en cendres des trois laits de vache, chèvre et brebis

II-7 La teneur en lactose

La teneur en lactose des laits de vache, chèvre et brebis sont présentées sur le tableau 21 et la figure 11

Tableau 21 : la teneur en lactose des trois laits de vache, chèvre et brebis en g/l

Le lait	vache	chèvre	brebis
le lactose	40,4	39,6	46,8

Le dosage du lactose a montré que le lait de brebis est sensiblement plus riche en lactose que le lait de vache et de chèvre. La valeur en lactose du lait de brebis est de 46,8 g/l alors que celle du lait de vache et chèvre sont respectivement de 40,4 et 39,6 g/l selon les résultats figurés précédemment.

La teneur en lactose du lait de brebis est conforme aux résultats donnés par la bibliographie (45 - 50 g/l) (Lavoisier, 1990). Alors que le taux du lactose du lait de vache et chèvre est en moyenne légèrement inférieur aux valeurs données par certains auteurs entre (40 et 50 g/l) Guitard, 1991; Mahieu,1994;

Teitze et Maj Ewski, 1997; Goodchild et al., 1999). Cette déférence est peut être due à la conduite d'élevage.

En principe la teneur en lactose du lait de brebis doit être égale ou inférieure à celle du lait de vache ; mais il a été observé une certaine amplitude dans ces variations, amplitudes liées à de multiples facteurs tels que les conditions climatiques, l'alimentation, la conduite du troupeau et la sélection génétique (Pellegrini et al ; 1994).

Selon Affite(1996), le taux de lactose du lait de brebis est un peu inférieur à celui de vache ; ce qui est bien, car de nombreuses personnes ont une intolérance au lactose ; car leur muqueuse intestinale est diminué d'activité lactosique (lactase).

Selon Assenat (1985), Le taux moyen de lactose du lait de brebis est à peine égal, si non inférieur à celui du lait de vache ; il ne présente, en fait, que 22 à 27 % de la matière sèche totale de ce lait, Alors que pour le lait de vache, le taux de lactose par rapport à la matière sèche se situe entre 33 et 40% cela signifie que le lait de brebis est un lait plus fromager, donc plus intéressant de ce point de vue.

Selon(Le mens, (1985), La teneur en lactose de lait de chèvre est identique à celle du lait de vache, variant en fonction du stade de lactation, de 44 à 47 g/l.

Il n'est donc pas gênant que le lait de brebis soit en valeur relative, plus pauvre en lactose. Dans la pratique de la fromagerie, l'on se rend compte d'ailleurs que le taux de lactose disponible du lait de brebis est complément suffisant pour assurer les fermentations lactiques (Assenat, 1985).

Ainsi Assenat (1985) a montré que l'évolution du lactose au cours de la période laitière se fait dans le même sens que pour le lait de vache et chèvre, c'est à dire en décroissance, il passe ainsi de 50 g/l au début de la période laitière à 42 g/l à la fin de cette période. La teneur en lactose des laits de brebis et celles de vache et chèvre tend à diminuer plus ou moins régulièrement au cours de la période de lactation (Assenai, 1985 ; Lemoine, 1990 ; Muir et al, 1993).

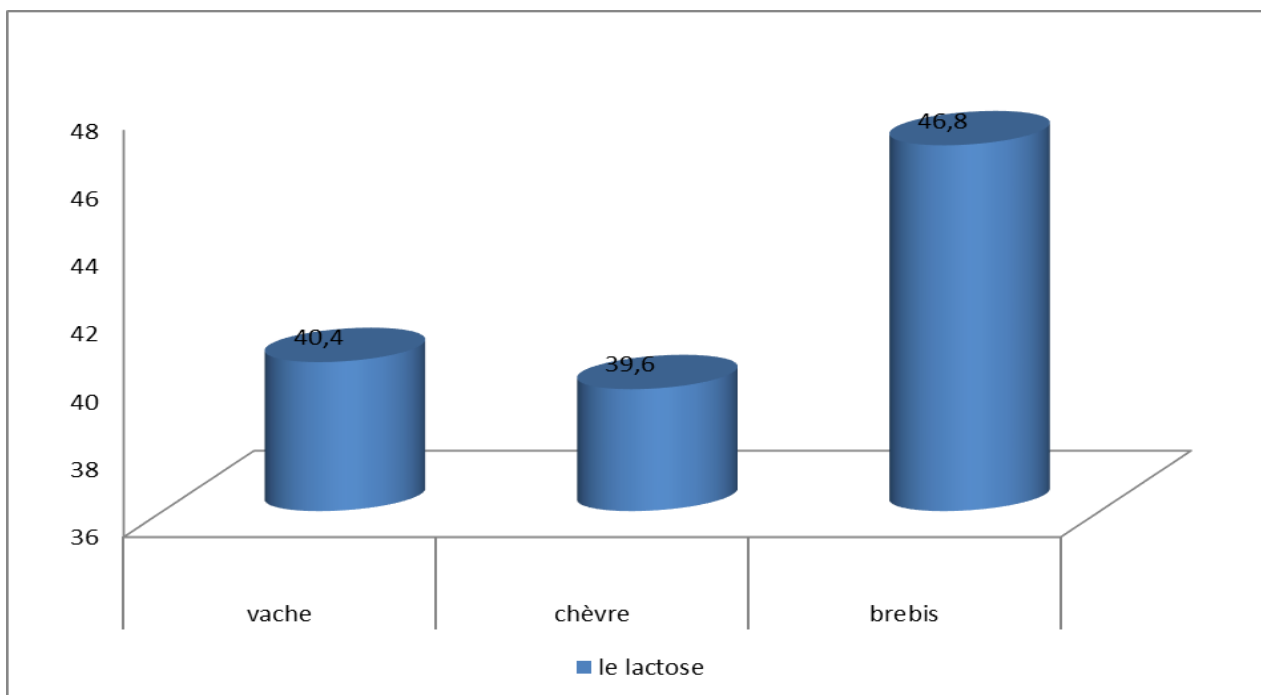


Figure 11 : la teneur en lactose des laits de vache, chèvre et brebis

III Résultats de l'analyse microbiologique des matières premières

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le lait de vache, de chèvre de brebis sont illustrés au tableau 22

Tableau 22 : Résultats de l'analyse microbiologique des trois laits

Echantillons Germes	Lait de vache	Lait de chèvre	Lait de brebis	Normes (JORA, 1998)
Mésophile Aérobie totaux	90,10 ⁵	80 ,10 ⁵	115. 10 ⁵	10 ⁵
Coliformes	109,10 ³	72,10 ³	20,10 ³	10 ³
Staphylococcus	ABS	ABS	ABS	ABS
Salmonelles	ABS	ABS	ABS	ABS
Clostridium sulfito réducteur	ABS	ABS	ABS	50
Streptocoque	ABS	ABS	ABS	ABS

III-1 Les germes totaux

Les résultats portés sur le tableau 11, montrent que la flore totale est présente en grande quantité dans le lait cru de vache, et celui de chèvre et brebis, et dépassant la norme de JORA (1998) qui préconise un seuil maximale de 10⁵ germes/ml

Pour le lait de vache il est plus ou moins chargé avec 90,10⁵ germes/ml. Le nombre de germes de lait de chèvre (80 ,10⁵) est inférieur à celui présent dans le lait de vache, concernant le nombre des germes dans le lait de brebis (115. 10⁵), il est légèrement supérieur à celui présent dans le lait de vache et chèvre.

La présence de cette forte charge pourrait être expliquée par :

- Le manque d'hygiène de l'étable.
- L'insuffisance du nettoyage de la mamelle avant la traite.
- Les récipients et machine à traite mal nettoyés.

Selon (Bourgeois et Leveau 1991), la flore totale englobe les micro-organismes pathogènes d'une part, divers micro-organismes d'altération d'autre part ; la pratique généralisée de la conservation à basse température réduit leur importance sur le plan d'altération au profit de celle des bactéries psychrotrophes. Fort heureusement, la pasteurisation a été efficace contre les germes pathogènes (staphylocoques, clostridium sulfito-réducteurs).

III-2 Les coliformes fécaux

Leur dénombrement permet d'apprécier l'importance des contaminations du lait, la valeur de l'efficacité de la pasteurisation et le risque d'une présence de germes pathogènes (Bourgeois et al, 1998).

D'après le tableau 11, les trois laits (vache, Chèvre, brebis) présentent un nombre élevé de coliformes totaux qui varie en moyenne de :

- $109,10^3$ germes/ml pour le lait de vache
- $72,10^3$ germes/ml pour le lait de chèvre
- $20,10^3$ germes/ml pour le lait de brebis

Ces résultats ne sont pas conformes aux normes prélevées du JORA qui prévoit un nombre de 10^3 bactéries/ml.

Les ustensiles et les machines à traite sont habituellement la source de contamination la plus importante.

Ces germes peuvent exister sur les parois d'ustensiles laitiers mal lavés et mal séchés, également les eaux impropres servant au rinçage des récipients et des machines peuvent être la cause de contamination. Il faut noter que le non-respect

des règles de conservation de lait au niveau de la ferme participe à l'augmentation de nombre de coliformes dans le lait.

Selon (La montagne et al ; 2002), la présence de coliformes en grande quantité est un indice de mauvaise pratique d'hygiène ou de stabulation, car les micro-organismes faisant partie de coli formes, peuvent se trouver dans l'eau polluée, les excréments fécaux, le fumier et les matières en décomposition.

Giraud (2003) a stipulé que le dénombrement des coliformes dans le lait permet la mise en évidence d'une pollution fécale et donc la possibilité d'une contamination par des entérobactéries pathogènes.

La présence des coliformes fécaux peut être témoin d'une contamination fécale qui pourrait survenir soit au cours de la traite, du transport ou encore du stockage (Bourgeois et al, 1996).

III-3 Les germes pathogènes *Staphylococcus aureus*, *streptocoques*, *salmonella* et *clostridium sulfito-réducteurs*.

Les résultats de l'analyse microbiologique de lait cru de vache chèvre et brebis montrent l'absence totale des germes pathogènes. Ces résultats sont conformes aux normes (JORA, 1998) qui prévoit une absence totale de ces germes pathogènes. Leur présence aurait provoqué, en effet, des détériorations d'ordre textural et surtout organoleptique par la production de composés à saveur désagréable; la dépréciation de la qualité commerciale du produit le plus redoutable ce sont les germes pathogènes qui peuvent libérer des toxines et causer des toxi-infections provoquant : des symptômes assez sévères allant de, fièvre, diarrhée, vomissements jusqu'au risque de mortalité du sujet. Comme agents responsables, l'on peut citer : les Salmonelles, les Staphylocoque, streptocoque et clostridium.

IV Résultats d'analyse physico-chimiques de produit fini

Les résultats de détermination des paramètres physico chimiques des trois lait sont données sur le tableau 23

Tableau 23 : Résultats d'analyse physico-chimique des produits finis

Paramètre	PH	Acidities titrable (°D)	CEN	EST	TP	MG
Yaourt abase de			%	%	%	%
Lait de vache	4,53 ± 0,014	93 ± 2	0,68 ± 0,27	28,06 ± 1,04	3,11 ± 0,98	3,83 ± 0,05
Lait de chèvre	4,56 ± 0,016	88,33 ± 2,08	0,76 ± 0,51	20,53 ± 0,23	3,55 ± 0,18	3,74 ± 0,15
Lait de brebis	4,55 ± 0,004	84 ± 1	0,85 ± 0,30	25,24 ± 0,05	5,43 ± 0,33	4,0 ± 0,60
Yaourt témoin	4,53 ± 0,012	63 ± 0,014	0,71 ± 0,04	13,04 ± 0,140	5,1 ± 0,02	2,12 ± 0,02

IV-1 Acidité

Le taux d'acidité est compris entre 84 et 93°D, pour les trois yaourts fabriqués à base de lait de (vache, chèvre et brebis) enrichis par la poudre de lait, conséquence sans doute d'un taux élevé en acide lactique, d'au moins 0,8g/100g du produit fini ; résultat de la fermentation du lactose en cours de la phase d'incubation. Cette dernière due au développement de l'acidité dans le yaourt, elle est sous la dépendance de deux facteurs : la température et la durée d'incubation (Luquet, 1990).

❖ L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ($p= 0,0028 < 0,01$) de la variation du type de lait sur la valeur de l'acidité titrable

IV-2 PH

Pour les valeurs de pH, elles sont presque identiques et comprises entre 4,53 et 4,55 pour les différents yaourts. Ces résultats s'accordent bien avec ceux cités par Jimoh et Kolapo, (2007), valeurs se situant entre 3,39 et 5,68. Nos valeurs s'accordent également avec celles annoncées par Nongonierma et al, (2006), qui est de l'ordre de 4,4 pour le yaourt à 0 et 5% de matière grasse.

❖ L'analyse de la variance montre un effet non significatif ($p= 0.8009 > 0,05$) de la variation du type de lait sur la valeur de pH.

IV-3 Extrait sec total (EST)

Du tableau, on note des valeurs très importantes en extrait sec totale (EST). Elles sont de 28,06, 20,35, 25,24 et 13,04% pour yaourt à base de lait de (vache de chèvre et de brebis), et du yaourt témoin respectivement. Nos données concernant l'extrait sec, sont supérieures à celles signalées par Nongonierma et al.,(2006) dans un yaourt à 0% de matière grasse avec (14,4 %) et un yaourt à 5% de matière grasse avec (19,4%). Les extraits secs des deux yaourts à 0 et à 5% de matière grasse additionné de sirops de sucres sont égales respectivement à 20,8 et 25,1 % (Nongonierma et al, 2006).ces données sont supérieures aussi à la valeur donnée par le yaourt témoin.

❖ L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ($p= 0.0001 < 0,01$) de la variation du type de lait sur la valeur de l'extrait sec

IV-4 Taux des protéines (TP)

Pour ce qui est du taux de protéines (TP), celui du yaourt à base de lait de brebis est supérieur à ceux des autres yaourts (vache, chèvre et yaourt témoin). Il est de 5,43 %, 3,55%, 3,11 et 5,1% pour le yaourt à base de lait (brebis, chèvre, vache) et yaourt témoin respectivement. Ces données sont comparables à celles trouvées par Ozer et al, (1998), ils ont signalé des valeurs comprises entre 3,6 et 9 % Fernandes et al, (2007), à leurs tours ont annoncé des valeurs légèrement inférieures aux nôtres (3,57 %,3.28%).

❖ L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ($p= 0.0000 > 0,01$) de la variation du type de lait sur la valeur des protéines.

IV-5 Matière grasse (MG)

Il ressort également du tableau cité ci-dessus, que le taux de matière grasse est compris entre 3,72 et 4%. Ce taux est presque identique pour les trois yaourts à base de lait de vache (3,72 %), chèvre (3,85 %) et brebis (4%), ce taux est légèrement supérieur à celui du yaourt témoin (2,12 %). Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par Ozer et al, (1998). Ces derniers ont rapporté des valeurs comprises entre 4,5 et 8,2 %. Cette différence est due à la composition du lait et de la poudre de lait en matière grasse.

❖ L'analyse de la variance montre un effet non significatif ($p= 0.3271 > 0,05$) de la variation du type de lait sur la valeur de la matière grasse.

IV-6 Teneur en cendre (CEN)

D'après les résultats donnés dans le tableau, les yaourts fabriqués à base de lait cru sont plus riches en matière minérale (cendres). Le yaourt à base de lait de brebis est plus riche en cendres, suivie par le yaourt à base de lait de chèvre et yaourt à base de lait de vache. Leurs teneurs respectives sont de 0,85, 0,76 et 0,68 %. Par contre, elle est de 0,71% pour le yaourt témoin, légèrement faible par rapport au yaourt à base de lait de brebis et lait de chèvre, et supérieure au yaourt à base de lait de vache. Nos valeurs sont inférieures à celles trouvées par Ozer et al, (1998). Ces dernières sont comprises entre 0,98 et 1.30% pour des yaourts fabriqués à base d'un lait cru.

❖ L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ($p= 0.0009 < 0,01$) de la variation du type de lait sur la valeur de la teneur en cendre.

V Résultats de l'analyse microbiologique de produit fini

Tableau 24 : Résultats de l'analyse microbiologique des produits fins

Yaourts	vache	Chèvre	Vache	Le témoin	Normes
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	10/g
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	1/g
Staphylococcus	Abs	Abs	Abs	Abs	10/g
Levures	Abs	Abs	Abs	Abs	10 ² /g
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence/g
Clostridium-sulfitoréducteur	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence/g

A partir des résultats du contrôle microbiologique de yaourt à base des trois lait (vache chèvre et brebis) et le yaourt témoin résumés dans le Tableau ci-dessus, on constate une absence totale des germes pathogènes (Staphylococcus aureus et Clostridium-sulfitoréducteur), des germes indices d'hygiène (Coliformes totaux, et coliformes fécaux) ainsi que l'absence des levures et des moisissures. Ainsi les produits finis sont conformes aux normes établies par le J.O.R.A N °35 daté du 27 mai 1998, ce qui traduit une bonne qualité microbiologique due à la bonne maîtrise du process de fabrication au laboratoire.

VI Résultats des analyses organoleptiques

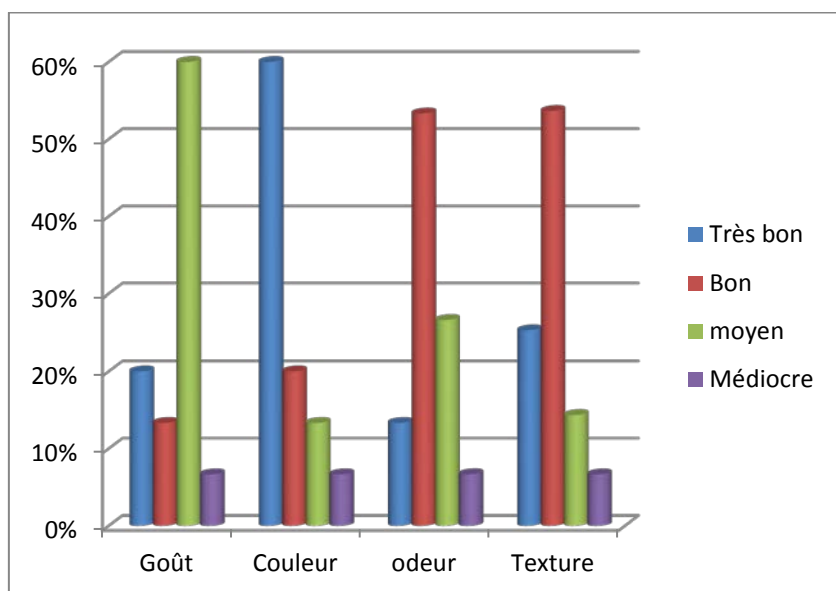
VI-1 Résultats du test de dégustation

Nous signalons que les analyses organoleptique ont été effectuées uniquement sur les yaourts fabriqués à base de lait cru enrichi en poudre de lait et en arôme, en effet les yaourts fabriqués à base de lait cru uniquement (sans arôme, sans poudre) ont présenté une odeur et un arrière-gout indésirables surtout ceux fabriqués à base de lait de chèvre et de brebis.

Les résultats du test organoleptique des yaourts à base de différent types de laits (vache, chèvre et brebis) sont mentionnés sur la graphique ci-dessous.

La figure 12 : présente les résultats de l'épreuve sensorielle relative à l'essai témoin

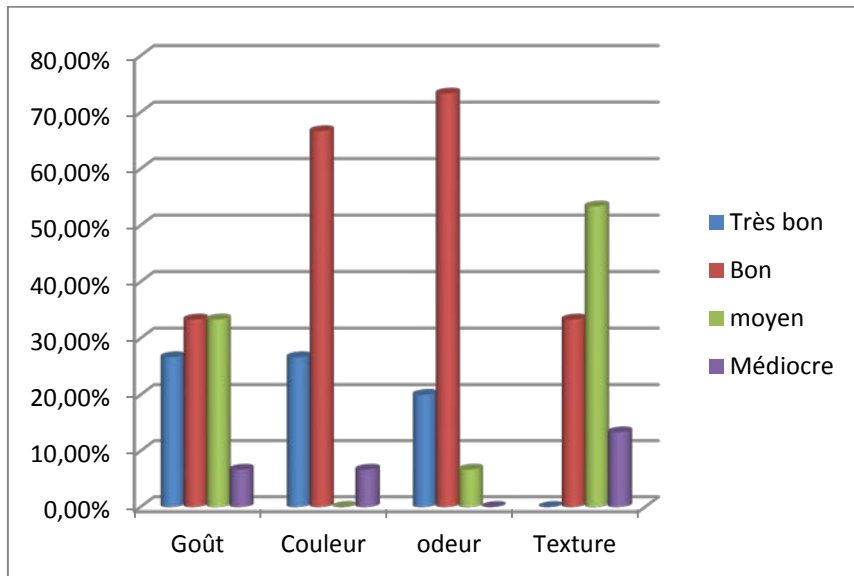
Figure 12 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour le témoin



D'après les résultats obtenus lors du test d'appréciation de l'essai témoin, on note que :

- La texture du yaourt est jugée à 53,66% bonne par le panel de dégustation.
- Le goût du yaourt est jugée à 60% moyen.
- La couleur du yaourt témoin est jugée à 60% très bonne.
- Et l'odeur du yaourt témoin est jugée à 53,33% bonne par les dégustateurs.

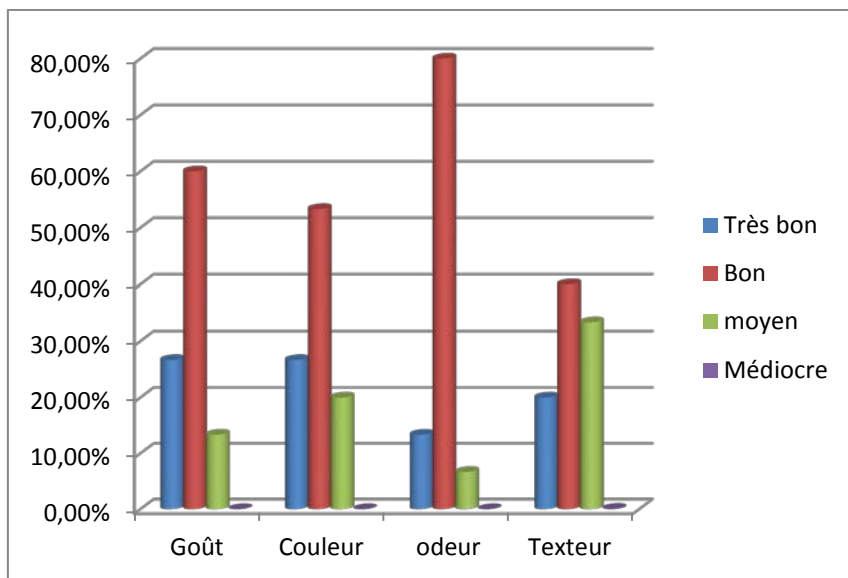
Figure 13 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour le yaourt à base du lait de vache



D'après les résultats obtenus du test d'appréciation du yaourt à base de lait de chèvre on note que :

- La texture du yaourt est jugée à 53,33% moyenne par le panel de dégustateurs
- Le gout du yaourt est jugée à 33,33% bon.
- La couleur du yaourt est jugée à 66,66% bonne.
- L'odeur du yaourt est jugée à 73,33% bonne par dégustateurs.

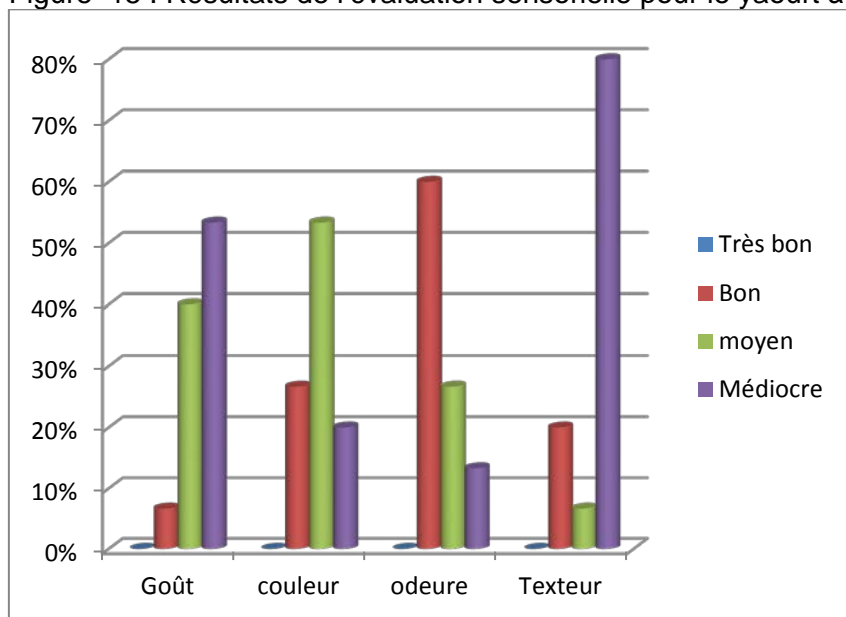
Figure14 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour le yaourt à base du lait de chèvre



D'après les résultats obtenus du test d'appréciation du yaourt à base de lait de chèvre on note que :

- La texture du yaourt est jugée à 53,33% moyenne par le panel de dégustateur.
- Le gout du yaourt est jugée à 33,33% bon.
- La couleur du yaourt est jugée à 66,66% bonne.
- L'odeur du yaourt est jugée à 73,33% bonne par dégustateurs.

Figure 15 : Résultats de l'évaluation sensorielle pour le yaourt à base du lait de brebis



D'après les résultats obtenus du test d'appréciation du yaourt à base de lait de brebis, on note que :

- La texture du yaourt est jugée à 80% médiocre par le panel de dégustation.
- Le gout du yaourt est jugée à 53,33% médiocre.
- La couleur du yaourt est jugée à 53,33% moyenne.
- L'odeur du yaourt est jugée à 26,66% moyenne par dégustateurs

VI-2 Résultat du test descriptif comparatif

Les résultats du test descriptif sont représentés sur la figure suivante :

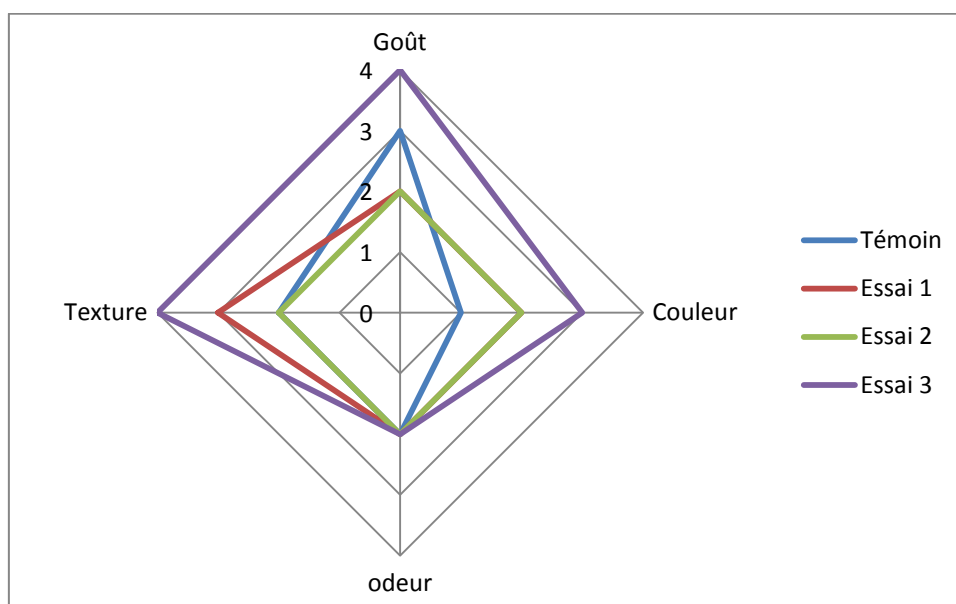


Figure16 : profil sensoriel des produits finis

Le test comparatif a donné les résultats suivants :

VI-2-1 La texture

- Pour le yaourt à base du lait de chèvre et le yaourt témoin la texture (la viscosité et l'aspect) a été jugé bonne par les dégustateurs.
- Pour le yaourt à base du lait de vache la texture (la viscosité et l'aspect) est jugé moyenne par les dégustateurs.
- Pour le yaourt à base du lait de brebis la texture (la viscosité et l'aspect) est jugé médiocre par les dégustateurs.

Une texture diluée et un aspect fromager a été marqué pour le yaourt à base du lait de brebis

VI-2-2 Le gout

- Pour les yaourts à base du lait de (chèvre et vache) le gout est jugé bon par les dégustateurs.
- Pour le yaourt témoin le gout est jugé moyen par les dégustateurs.

- Pour le yaourt à base du lait de brebis le gout est jugé médiocre par les dégustateurs.

VI-2-3 Couleur

- Pour les yaourts à base du lait de (chèvre et vache) la couleur est jugé bonne par les dégustateurs.
- Pour le yaourt témoin la couleur est jugé très bonne par les dégustateurs.
- Pour le yaourt à base du lait de brebis la couleur est jugé moyenne par les dégustateurs.

VI-2-4 Odeur

La odeur des yaourts fabriqués à base de lait de (vache, chèvre et brebis) et du yaourt témoin a été jugé bonne par les de dégustateur.

En conclusion, la texture la plus adopté par les dégustateurs est celle du yaourt à base du lait de chèvre.

Le gout le plus adopté par les dégustateurs est celui du yaourt fabriqué à base du lait de chèvre et lait de vache

La couleur la plus adopté par les dégustateurs est celle du yaourt témoin

D'après les dégustateurs, l'odeur a été considérée comme étant bonne pour les quatre types de yaourt

VII Etude technico-économique :

Les frais d'une installation industrielle se distinguent en deux types :

1- les charges fixes : elles représentent les charges totales supportées par l'entreprise pour toutes les factures économiques définies comme fixes (électricité, salaires, transport des matières premières, services ...) pour l'unité.

Ces charges fixes sont estimées par un coût de 8%.

2- Les charges variables : elles concernent spécialement les matières premières.

VII-1 Les coûts des matières premières :

Les coûts des matières premières utilisées lors de la fabrication du yaourt sont rapportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 25 : Coûts des matières premières utilisées pour la fabrication d'un Kilogramme de yaourt étuvé

Ingrédients	Prix (DA)
Sucre (Kg)	60
PDL 0% (Kg)	159
PDL 26% (Kg)	187
Eau de processe (L)	24
Ferments lactiques	–
Arômes (Kg)	516
Total	759

Un calcul des coûts des formulations de yaourt étuvé à base de trois laits crus a été réalisé et rapportée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 26 : Coûts des trois formulations en (DA)/Kg

	Essai 1 (Lait de vache)	Essai 2 (Lait de chèvre)	Essai 3 (Lait de brebis)	témoin
Lait cru	41.25	72	45	-
Sucre	6	6	6	5,76
PDL 0%	0.75	5.5	2.5	8,42
PDL26%	-	-	-	14,77
Eau de process	3.5	6.5	9.2	19,44
Ferments lactiques	-	-	-	
Arômes	0,51	0,51	0 ,51	0 ,51
Total	52,01	90,51	63,21	48,9

Nous remarquons que un kilogramme de yaourt étuvé à base de lait de vache cru coute 52.01 DA/kg, ce qui se rapproche du prix du yaourt témoin (48.90 DA) qui est à base de lait reconstitué. Nous notons aussi que le prix d'un kilogramme de yaourt étuvé à base de lait de chèvre cru est le plus élevé des trois formulations avec 90.51 DA/kg contre 63.21 DA/kg pour le yaourt à base de lait de brebis crus.

Ainsi, il en ressort de cette appréciation économique que l'utilisation du lait cru comme ingrédient principale dans la formulation d'un yaourt étuvé offre certes une produit avec les mêmes caractéristiques que celui fabriqué à base lait reconstitué mais coutera plus cher sur le marché algérien où les quantités de laits crus collectées restent insuffisante par rapport à la demande laissant ainsi le prix des laits crus des autres espèces hormis la vache régie par la règle commerciale de l'offre et la demande .Néanmoins ces appréciations économiques ne devrait en aucun cas décourager les industriels à mettre sur le marché de nouveaux produits pouvant être plus cher mais ayant une valeur nutritionnelle supplémentaire.

Conclusion

Au terme de notre travail qui a porté sur l'étude des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du lait de brebis, chèvre et celui de vache, on peut déduire ce que Le lait de brebis est plus riche que celui de vache et chèvre en tous les nutriments : protéines, matières grasses, lactose et minéraux avec respectivement: (54,36, 76,66, 46,8, et 8,93 g/l).

A l'issue de cette étude, nous pouvons conclure qu'il est possible de fabriquer du yaourt avec le lait cru de chèvre et le lait cru de vache d'autant plus que l'analyse sensorielle l'a confirmé ,ce qui pourrait suggérer l'utilisation de ces types de lait pour la fabrication du yaourt, alors que le lait de brebis pourrait être orienté vers la fabrication de d'autres produits laitiers tels que les fromages, car le lait de brebis particulièrement riche en composants fromagère telle que le lactose et la matière grasse.

Les analyses de la variance ont montré un effet hautement significatif de la variation du type de lait sur les valeurs de l'acidité titrable, le taux des protéines, l'extrait sec totale et des cendres, par contre un effet non significatif de la variation du type de lait sur les valeurs de la matière grasse et du PH.

L'analyse sensorielle a montré que c'est les yaourts fabriqués avec le lait de chèvre et avec le lait de vache sont les plus appréciés du point de vue gout, odeur, couleur et texture

L'analyse économique a montré qu'un prix d'un kilogramme de yaourt étuvé à base de lait de vache cru coutera 52,01DA, ce qui est proche du prix du yaourt témoin qui est à base de lait reconstitué avec 48,9 DA. Nous notons aussi que le prix d'un kilogramme de yaourt étuvé à base de lait de chèvre cru est le plus élevé des trois formulations pour le yaourt avec 90,51DA

Ces appréciations économiques ne devrait en aucun cas décourager les industries à mettre sur le marché de nouveaux produits pouvant être plus cher mais ayant une valeur nutritionnelle supplémentaire.

Enfin, nous espérons par ce modeste travail, attirer l'attention de l'industrie laitière sur l'importance et l'intérêt nutritif du lait de chèvre , et bien sûr il est souhaitable d'approfondir ce travail par l'étude d'autres caractères biochimiques (acides aminés, acides gras, oligo-éléments , vitamines, etc. .).

Références bibliographiques

- **Absolonne J., 1989.** Les yaourts : adaptation aux objectifs nutritionnels. Les laits fermentés; actualité de la recherche.135-159 pp.
- **Accolas J.P., 1979.** Les levains lactiques thermophiles, propriétés et comportement en technologie du lait ; tome 4. 487- 524 pp.
- **Accolas J.P., Hemme D., Mazeaud M.J., Vassal A., Bouillane C., et Veau M., 1982.** Les levains lactiques thermophiles : propriétés et comportement en technologie laitière. Le lait, 49 : 346-352.
- **Adolfsson O., Meyadani S.N., Russell R.M., 2004 .**Yogurt and gut function. p80.
- **Alais C., 1975.** Science du lait : Principes des techniques laitières. Troisième Ed Masson. Paris, 797 p.
- **Alais C., 1984.** Science du lait. Principes des techniques laitières4" Ed. Paris. PP. 598-812
- **Alakali, J. S., Okonkwo, T. M et Umoru, S. A., 2008.** Effect of thermization on shelf stability of yoghurt. EJEAFChe .Electronic journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry .7 (13) : 2647-2654.
- **Amoit. J, Fourmiers. S, Yolaine. L, Paquin. P, Simpson. R.** Science et Technologie du lait, Transformaion du la it .Canada : Fondation et Technologie laitiers du québec Inc, 2002: 19, 27-29, 54 56,80.
- **Assenat I, 1985.** Le lait ciL brebis . Vol 1. Ed . Techniques et documentation Lavoisiel'. Apria. Paris .. pp : 281 . :146.
- **Beal C. et Sodini I., 2003.** Fabrication des yaourts et des laits fermentés in technique d'ingénieur. Traité groalimentaire .Paris .f6315.17p.
- **Benaouda L., Bergaoui I.M., 2012.** Etude préliminaire de développement d'une technologie innovatrice de pasteurisation du lait : champs électrique pulsé (CEP).Mémoire d'ingénieur. Spécialité de Technologie Alimentaire. Option ; Nutrition humaine. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach –Alger.

- **Bengharbia N. et Saadat N., 2010.** Contrôle physicochimique et microbiologique et organoleptique de deux types de yaourts (fruité et aromatisé) conservé à deux températures (6°C et ambiante). Mémoire d'ingénieur .Contrôle de qualité.faculté d'agro-vétérinaire et biologie.Univ.Blida.
- **Boubchir Ladj K. 2010.** Effets de l'enrichissement (avec des concentrés de protéines laitières) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqué à la laiterie Soummam d'Akbou. Mémoire de magister Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques. Algérie.
- **Boudraa G, Touhami M, Pochart P, Soltana R, Mary JY et Desjeux J-F, 1990.** Effect of feeding yogurt versus milk In children with persistent diarrhea. J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. 11 :509-512.
- **Bourgeois C-M., Mescle J-F. et Zucca J., 1996.** Microbiologie alimentaire. Tome1: aspects microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments Ed. Lavoisier, Paris. PP. 576-672
- **Bourgeois CM., Mexele NP. et Zucca J., 1996.** Microbiologie alimentaire : aspect microbiologique de la sécurité et la qualité des aliments .Tome 1 ; édition Lavoisier ,Paris. 272 – 292pp.
- **Bourgeois CM. et Larpent JP., 1996** .Microbiologie alimentaire 2 : les fermentations alimentaires. 2ème édition. Tec et Doc- Lavoisier. Paris.
- **Bourgeois C-M., Mescle J-F. et Zucca J., 1998.** Microbiologie alimentaire.Tome I : aspects microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments 2eEd. Lavoisier, Paris. PP. 197-230
- **Bourlioux P , Braesco V , Mater D .D.G., 2011** . Yoghurts and other fermented milks. Cahiers de Nutrition et de Diététique. 46: 305–314.
- **Boutron M-C ., Faivre J., Marteau P., Couillault C., Senesse P. et Quipourt V.,1996.** Calcium, phosphorus, vitamin D, dairy products and colorectal carcinogenesis : a French case-controlled study. Brit. J. Cancer. 74 : 145- 151.
- **Branger A., 2004.** Fabrication de produits alimentaires par fermentation : les ferments, in technique d'ingénieur. Référence [F3500].
- **Brule G.,** « Le lait matière première de l'industrie laitière », CEPIL-INRA,

Paris, 1987, 132p

- **Burgain J. , Gaiani C. , Jeandel C. , Cailliez-Grimal C. , Revol A., Scher J. , 2012.** Maldigestion du lactose : formes cliniques et solutions thérapeutiques. Cahiers de Nutrition et de Diététique .45 :201-209
- **Cerning C., Bouillane C., Desmazeaud M.J. ,1988.** Exocellular polysaccharide production by *Streptococcus thermophilus*. Biotechnology letters.10: 255-260.
- **Cheftel Jean-claude, Cheftel Henri :** « Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments »TEC & DOC – LAVOISIER, 1977, 78 p.
- **Cross M.L., Stevenson L.M., Gill H.S., 2001.** Anti-allergy properties of fermented foods an important immunoregulatory mechanism of lactic acid bacteria.p1.
- **Dacosta Y., 2000.** La bio-protection des aliments, Technique et documentation.1-30pp.
- **Debernard, J; 2004.** Guide de l'élevage du mouton méditerranéen et tropical. Ed. CEVA santé animale Z.I. la ballastière 155 p.
- **Debry.g. 2001 , « Lait nutrition et santé ».** Paris : (Ed), Technique et Documentation, ISBN : 566p.
- **Dellaglio F., de Roissart H., Torriani S., Curk M. C. et Janssens D. ,1994.** Caractéristiques des bactéries lactiques. In : Bactéries lactique. Ed: Lorica. Volume 1. 25-60 pp.
- **Delacroix Buchet A., Barillrt F., Lagriffoul G., 1994.** Caractérisation de J'aptitude fromagère des laits de brebis Lacaune à J'aide d'un fr0131agraph. Lait, 03: 174- 186.
- **De Simone C., Vesely R., Bianchi Salvadori B. et Jirillo E.,1993 .**The role of probiotics in the modulation of the immune system in man and in animals. Int. J. Immunother. 9 : 23-28.
- **FAO (food Agriculture Organization of the united nation),, 1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine Ed. ROME. PP. 651
- **FAO., 2002.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 5 : Lait fermentés.Collection FAO/ Alimentation et Nutrition. 7-28pp.

- **Fernandes, A. M., Oliviera, C. A. F., Lima, C. G. 2007.** Effects of somatic cell counts in milk on physical characteristics of yoghurt. *International Dairy Journal*, 17, 111-115.
- **Freuno.g.1997,** «Intérêt nutritionnel et diététique du lait de chèvre». Centre régional de documentation caprin, 199p.
- **Garbonnelle B., Denis F., Marmonier A., Pinon G. et V argues R., 1990.** Bactériologie médicale. Techniques usuelles . 3^e Ed. SIMEP, Paris. PP. 39-292
- **Gerdes S. K , Harper W. J. et Miller G. ,2001.** Bioactive compounds of whey and cardiovascular health. Application monograph cardiovascular health. 1-8 pp.
- **Gouesbet G., Jan G. , Boyaval P.,2001.** *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* thermotolerance , Lait ,81 :301-309.
- **Grappin** « Etude des laits de chèvre : teneur du lait de chèvre en matière grasse, matière azotée et fractions azotées », 1981, 133 p.
- **Ghiraud J-P., 2003.** Microbiologie alimentaire 2^e Ed. DUNOD, Paris. PP. 340-651
- **Guegen. 1979** « Les constituants de lait ». « Lait nutrition et sa é ». Paris : Technique et Documentation : 566p.
- **Guiraud JP., 1998.** Microbiologie alimentaire .Tome II .Edi. Dunod, Paris,p652.
- **Ghiraud J-P., 2003.** Microbiologie-alimentaire, 2^e DUNOD, Paris. PP. 340-651
- **Guiraud J.P et Rosec J.P., 2004.** pratique des normes en microbiologie alimentaire .AFNOR. Paris. p450. G UITARD J.P., 1991. La production ovine laitière : Impm1ance de la production et conduite des troupeaux . Ed . Techniques agricoles . France, pp : 1 - 8.
- **Henry R., 2011.** Caractérisation des régulateurs transcriptionnels Rgg et étude du rôle de la protéine Rgg0182 de *Streptococcus thermophilus* .Thèse Doc.Univ.Henri Poincare .P188 .
- **Hermier J., Lenoir J. et weber F., 1992.** Les groupes microbiens d'intérêt laitiers Ed. CEPIL, Paris_ pp. 349-568
- **Herrerosa M. A., Sandovalb H.,Gonzaleza L. et Castrob J. M.,2005.** Antimicrobial ctivity and antibiotic resistance of lactic acid bacteria isolated from armada cheese (a spanish goat's milk cheese). *Food microbiol.* 455-459 pp.

- **Ikene C ., 1997.** Influence des facteurs stimulant l'acidification du lait sur les souches thermophiles et mésophiles , mémoire d'ingénieur en agronomie option : nutrition .Spécialité, technologie alimentaire et nutrition humaine .L'INRA.
- **Jeantet, R., Croguennec T., Michel M. ,Schuck P., Brulé G., 2008.** Les produits laitiers.Ed. Tec & Doc Lavoisier. 23-35pp
- **Jimoh, K. O. et Kolapo, A. L. 2007.** Effect of different stabilizers on acceptability and shelfstability of soy-yogurt. African Journal of Biotechnology, Vol. 6(8), 1000-1003.
- **Lamontagne M., Champagne C., Ausseur J-R., Moineau S., Gardner N., Lamoureux M., Jean J. et Fliss I., 2002.** Microbiologie du lait In : Science et technologie du lait : transformation du lait Ed. Tresse internationale polytechnique Ecole technique de Montréal. PP. 75-159
- **Larreta-Garde.V.,1997.**Enzymes en agroalimentaires. Ed. Technique et documentation. 63-70pp.
- **Lavoisier,** « Les Produits Laitiers »,2° édition. Paris : Technique et documentation, 1990, p 302-304.
- **LEMOINE R., 1990.** Composition et rendement fromager du lait de brebis en Pyrénées- Atlantiques . Compte rendu de fin d'étude ITOVIC et SICA-CREOM : Ed . ITOVIC. Paris, pp : 21 - 28.
- **Muir d.d., Home d.s., Law a.j.r., Steel w., 1993. Ovine Milk.** .seasona changes in composition of milk from commercial scottish flock. Milchwessenchaft, 48 : 363- 366
- **Le Jaouen J.C.,** « Composition du lait et de nombreux facteurs, » *La chèvre*, 1986, 153p.
- **Leory F.,Degeest B., De Vuyst L.,2002.**A novel area of predictive modeling: describing the functionally of beneficial micro-organisms in foods .International Journal of Food Microbiology, 73 : 251-259.
- **Leveau J.Y., Bouix M., 1993.** Microbiologie industrielle : les microorganismes d'intérêt industriel . édition technique et documentation, Lavoisier. P175.
- **Loones A. ,1994.** Lait fermentés par les bactéries lactiques. In. <<bactéries lactiques>>. Vol 2 . De Roissart H . et Luquet F-M .Ed. Iorica. Paris.37-152 pp.

- **Luquet, F. M., Carrieu, G. 2005.** Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires, Ed Lavoisier Tec et Doc, Paris, 307 p.
- **Luquet.f.m, boudier.j.f. 1981,** dictionnaire laitier 2eme ed augmentée. paris : technique et documentation : 220p
- **Luquet.f.m.1985,** « Lait et produits laitiers vaches, brebis, chèvres ». Les produits laitiers transformation et technologie. Paris : Technique et Documentation : (1-27) p.
- **Luquet F-M., 1986.** Lait et produits laitiers. Tome III: vache, brebis, chèvres Ed Tee et Doc, Lavoisier, Paris. PP. 76-445
- **lupien.j. 1995,** « le lait et les produits laitiers dans la nutrition 1umain ». organisation des notions unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- **Moi m. et Moll n., 1995.** sécurité alimentaire de consommateur ed lavoisier, paris. pp.119-300
- **Manji.b, kakuda.y. 1986,** «isolation and characterization of alkaline milk proteinase from bovine milk ». j. dairy sci,57 : 591 p.
- **Mahaut m. Jeantel r. Brilje g. 2000.** initiation à la technologie fromagère.ed. techniques et documentation.Lavoisier, Paris, pp : 2- 21.
- **Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G., Schuck, P. 2000.** Les produits industriels laitiers.Tech&Doc, Lavoisier, Paris.
- **Marteau P., Flourié B., Pochart P., Chastang C., Desjeux J.F. & Rambaud J.C., 1990.** Effect of the microbial lactase(EC 3.2.1.23) activity in yoghurt on the intestinal absorption of lactose: an in vivo study in lactase-deficient humans. Brit. J. Nutr :64,71-79.
- **Mathieu.j. 1998,** « Initiation à la physico-chimie du lait». Paris: Technique et Documentation : 220p.
- **Noble F., 1998.** Diagnostic-Elaboration de plan de formation-formation continue Ministère de l'agriculture et de la pêche Ecole nationale d'industries agro-alimentaires INILIA Surgères
- **Nongonierma, A. B., Springett, M., Le Quéré, J. L., Cayot, P., Voilley, A. 2006.** Flavour release at gas/matrix interfaces of stirred yoghurt models. *International Dairy Journal*,16,102-110.

- **OMS, 1995.** World Health Organization: The treatment of diarrhoea: A manual for physicians and other senior health workers. Genève : FAO/WHO. P 23.
- **Ozer, B.H., Robinson, R.K., Grandison, A. S., Bell, A. E. 1998.** Gelation properties of milk concentrated by different techniques. *International Dairy Journal*, 8, 793-799.
- **Paci Kora, E. 2004.** Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur ? Thèse de doctorat de l'institut national agronomique de Paris-Grignon, science des aliments, 258p.
- **Paquet D. , Ayerbe A. , Soustre Y., 2010** .Laits fermentés, yaourts, fromages frais et desserts lactés, Lavoisier , Sciences des aliments . vol. 29, n° 1-2, 61-67 pp.
- **Pearce J.,1996** . Effects of milk and fermented dairy products on the blood cholesterol content and profile of mammals in relation to coronary heart disease. *Int. Dairy J.* 6 :661-672.
- **Pellegrini O., Remeliff., Rivemale m., 1994.** Evolution des caractéristiques physico-chimiques et des paramètres de coagulation du lait de brebis collecté dans la région de Roquefort Lait 75 : 425 - 442
- **Perreau J-M. et Cauty I., 2003.** La conduite du troupeau laitier Ed. France agricole, Paris. PP. 49-229
- **Pougheon S. et Goursaud J., 2001.** Le lait et ses constituants : caractéristiques physico-chimiques In : lait, nutrition et santé Ed. Tee et Doc, Paris. PP. 4-41
- **Rakotondrasoa Hangotiniaina Nonjavola** « Contribution de la filière lait au développement de la commune rurale d'ambatomanga », Mémoire de maîtrise option : développement rural, Département ECONOMIE, FACULTE DE DROIT, D'ECONOMIE, DE GESTION ET DE SOCIOLOGIE, Université d'Antananarivo, 2005,104p.
- **Rasic, J.L., Kurmann, J.A., 1978.** Fermented fresh milk products. Yoghurt. Scientific grounds, technology, manufacture and preparation, Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, Denmark. Vol .1.

- **Remeuf, Lemori.j. 1991**, « Relation ship between the physicochemical characteristics of goat's milk and its rennet ability : Bull ». : J. Dairy Fed, 202p.
- **Remeuf f., Cossin v. Dervin c., Lenoir j. Tomassone r., 1991. Relation** entre les caractères physico-chimiques des laits et leurs aptitude fromagère .Lait, 71 397- 421.
- **Renard A-C . , 2012.** Allégations santé L'Efsa dit oui aux ferments vivants du yaourt. Revue laitière française. Ed. Société des éditions laitière française.719 : 36-37.
- **Schkoda, P., Hechler,A., Hinrichs, J. 2001.** Influence of the protein content on structural characteristics of stirred fermented milks. *Milchwissenschaft*, 56, 19-22.
- **Schmidt J.M, Tourneur C et Lenoir J. ,1994.** Fonction et choix des bactéries lactiques en technologie laitière. In « bactéries lactiques » volume 2. Ed.Lorica.Paris. P 37-54.
- **Shahani K M. et Chandan R C. ,1979.** Nutritional and healthful aspects of cultured and heat ontaining dairy food. Dairy sci. 62 (10) : 1685-1694.
- **Singh Sudheer K., Ahmed Syed U. , Ashok P., 2006.** Yogurt science and technologie. 2nd Ed .Cambridge :Woodhead Publishing
- **Steele J., 1997.** Biology and application of rod and Coccus Cultures. Marschall Italian and Specialty Cheese Seminars. 1-8 pp.
- **Storry j.e.,Gr-ndison a.s., Millard d., Owen a ..j., Ford.g.d 1983.** Chemical compositi on and coagulating properties of renneted milks from different breeds and species of ruminant . J . Dairy . SCi .. 50 : 215 - 229 .
- **Suarez F.L .et Savaiano D.A. ,1997.** Diet, genetics, and lactose intolerance. Food Technol. 51 :74-76.
- **Sutra L, 1998.** Manuel de bactériologie alimentaireEd. 15 rue LACEPED, Paris. PP. 4-189
- **Tamime A.Y, Robinson R.K.,1999 .** Yogurt science and technologie.2nd Ed .Cambridge :Woodhead Publishing.

- **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.
- **Terré S. ,1986.** Propriétés technologiques, nutritionnelles et physiologiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Techniques Laitière et Marketing. 1008 : 26-36 .
- **Vanassche, 1994.** Technologie et propriétés des produits laitiers fermentés. Le lait et nous. Volume 04. 17-19pp.
- **Vandamme, P., Pot, B., Gillis, M., de Vos, P., Kersters, K. et Swings, J. 1996.** Polyphasic taxonomy, a consensus approach to bacterial systematics. Microbiol Rev. 60 (2) : 407-438.
- **Vignola, C. I., 2002.** Science et technologie du lait: transformation du lait. Ed Lvoisier, Paris,600p.
- **Zourrari A. et Desmazeaud M.J.,1991.** Caractérisation de bactéries lactiques thermophiles isolées de yaourts artisanaux grecs. II. Souches de *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* et cultures mixtes avec *Streptococcus salivarius subsp thermophilus*. Lait. 71: 463-482.

Normes et textes réglementaires consultés

- **ISO 6222, 1999.** Norme internationale ISO 6222. Méthode microbiologique pour le dénombrement des germes totaux à 22°C, 37°C dans l'eau, Dénombrement des micro-organismes revivifiables - Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé..
- **ISO 7218, 2001.** Norme internationale ISO 7218. Microbiologie des aliments, règles générales pour les examens microbiologiques.
- **ISO 4833, 2003.** Norme internationale ISO 4833. Microbiologie des aliments- Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes - Technique de comptage des colonies à 30 degrés C.
- **ISO 4832, 2006.** Norme internationale ISO 4832. Microbiologie des aliments- Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes- Méthode par comptage des colonies.

- **ISO 6611, 2004.** Norme international ISO 6611. Lait et produits laitiers- Dénombrement des unités formant colonie de levures et/ou moisissures- Comptage des colonies à 25 degrés C.
- **JORA 1998.** Journal Officiel De La République Algérienne N° 86. Arrêté interministériel du 16 Joumada Ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatifs aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leur mise à la consommation.P.22.
- **JORA, 1998.** Journal Officiel De La République Algérienne N° 35. Arrêté interministériel du 24 janvier 1998 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées attains. 9-25pp.

ANNEXES

Annexe 1

Tableau 27 : La table de NPP

1*50 ml	5*10ml	5*1ml	Nombre caractéristique	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 2

➤ **Matériel utilisé**

- ✓ Agitateur ;
- ✓ Bain-marie ;
- ✓ Balance à précision ;
- ✓ Burette ;
- ✓ Capsule.
- ✓ Centrifugeuse ;
- ✓ Dessiccateur ;
- ✓ Distillateur ;
- ✓ Etuve ;
- ✓ Four à moufle ;
- ✓ Papier filtre ;
- ✓ Pincés stériles;
- ✓ pH mètre ;

❖ **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 ;

❖ **Verreries**

- ✓ Anse à boucle ;
- ✓ Becher 250 ml et 50 ml ;
- ✓ Capsules métalliques ou en porcelaine ;
- ✓ 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 pasteur ;
- ✓ Pipettes de 0.1, de 10 et de 25 ml ;
- ✓ Tubes à essai stériles;

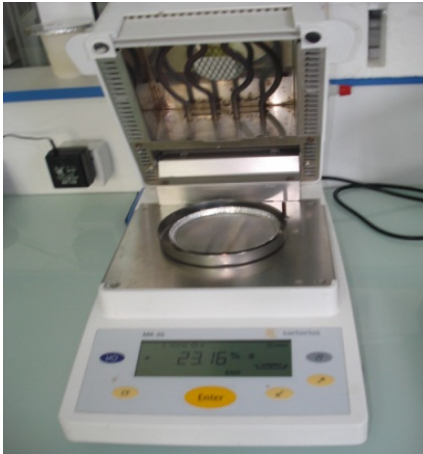
Annexe 3

Tableau 28 : Compositions des milieux de cultures

MILIEU DE CULTURE	COMPOSITION	QUANTITEE	pH
Gelose Plat count agar (PCA)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peptone ❖ Extrait de levure ❖ Glucose ❖ Eau distillée ❖ Autoclaver 	<ul style="list-style-type: none"> • 5g • 2,5g • 1g • 1000 ml • 20 mn à 120 °C 	5,4
VRBL : (Gélose Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge Neutre)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peptone ❖ Extrait de levure ❖ Sels biliaires ❖ Glucose ❖ Chlorure de sodium ❖ Rouge neutre ❖ Cristal violet ❖ Lactose ❖ Autoclaver 	<ul style="list-style-type: none"> • 7g • 5g • 1,5g • 10g • 5g • 30mg • 2mg • 12g • 20mn à 120°C 	7,4
Bouillon Lactose à la Poudre de Bromocresol (BCPL)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peptone ❖ Extrait de viande ❖ Lactose ❖ Poudre de bromocrésol ❖ Eau distillée 	<ul style="list-style-type: none"> • 5g • 3g • 10 g • 25 g • 1000 mL 	7
Gélose glucose à l'Oxytétracycline (OGA)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Extrait de levure ❖ Glucose. ❖ Agar. ❖ Eau distillé. 	<ul style="list-style-type: none"> • 5g. • 20g • 16g • 1000ml 	6,8
Milieu M17	<ul style="list-style-type: none"> • Peptone 1 (hydrolysate tryptique de caséine) • Peptone 2 (hydrolysate peptique de viande) • Peptone 3 (hydrolysate papaénique de soja) • Extrait de levure déshydratée • Extrait de viande • B-glycérophosphate (sel disodique) (C₃H₇) • Sulfate de magnésium heptahydraté (MgSO₄7H₂₀) • Acide ascorbique (C₆H₈O₆) • Agar-agar • Eau950 	<ul style="list-style-type: none"> • 2,50 g • 2,50 g • 5,00 g • 2,50 g • 5,00 g • 19,00 g • 0,25 g • 50 g • 9-18 g • 950 ml 	

Gélose viande foie (VF)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Extrait viande foie ❖ Amidon ❖ Glucose ❖ Agar ❖ Eau distillée 	<ul style="list-style-type: none"> • 30g • 2g • 2g • 11g • 1000ml 	
Milieu MRS acidifié	<ul style="list-style-type: none"> • Peptone 1 • Extrait de viande • Extrait de levure déshydraté • Glucose (C₆ H₁₂ O₆) • Tween 80 (sorbitanne monoléate) • Hydrogène-orthophosphate dipotassique (K₂HPO₄) • Acétate de sodium, trihydraté(CH₃CO₂ Na₃H₂O) • Citrate d'ammoniaque (C₆H₆O₇(NH₄)₂) • Sulfate de magnésium heptahydraté (MnSO₄7H₂O) • Sulfate de manganèse tétrahydraté (MnSO₄H₂O) • Agar-agar • Eau 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 g • 10 g • 5 g • 20 g • 1 ml • 2 g • 2 g • 2 g • 2 g • 0,05 g • 9-18 g • 1000 ml 	6,8 à 7
Milieu Sabouraud	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peptone de viande ❖ Peptone de caséine ❖ Glucose ❖ Eau distillée 	<ul style="list-style-type: none"> • 5g • 5g • 20 g • 1000 mL 	6,3
Gélosemannitol (Chapman)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Extrait de viande 1g ❖ Peptone 10g ❖ Chlorure de sodium 5g ❖ Mannitol 10g ❖ Rouge de phénol 25mg ❖ Gélose 15 mg ❖ Eau distillée 	<ul style="list-style-type: none"> • 1g • 10g • 5g • 10g • 25 mg • 15 mg • 1000 ml 	7,4
Gélose Plat count agar (PCA)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peptone ❖ Extrait de levure ❖ Glucose ❖ Eau distillée ❖ Autoclaver 	<ul style="list-style-type: none"> • 5g • 2,5g • 1g • 1000 ml • 20 mn à 120 °C 	5,4

Annexe4 : Equipement utilisés au laboratoire de Trèfle



Dessiccateur à infrarouge



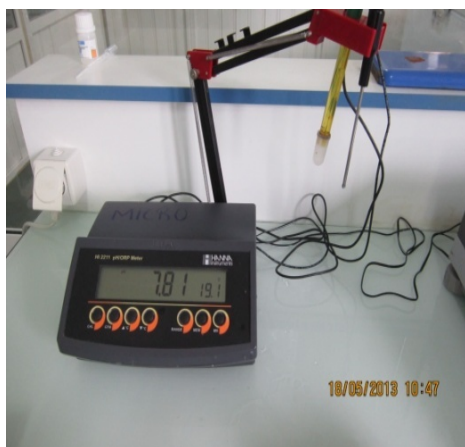
Etuves d'incubation à 55°C



Étuve d'incubation à 45°C



Verreries



PH mètre



Hôte



Butyromètre



Bain Mari



Stérilisateur



La soude à N/9



Autoclave



Réfrigérateur



Balance à précision



Plaque chauffante



Distillateur



Minéralisateur



Centrifugeuse



Boites de pétrie

Annexe5 :Photographies représentant les yaourts préparés



Figure:17



Figure:18

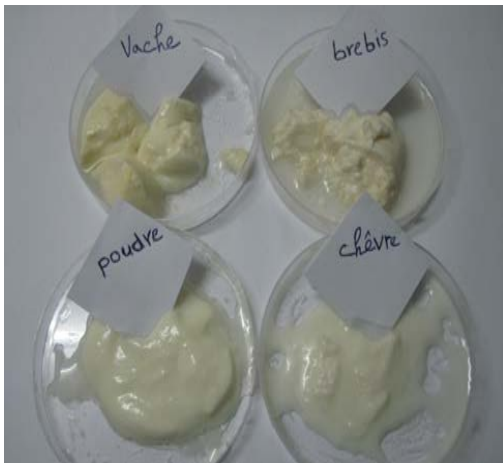


Figure:19

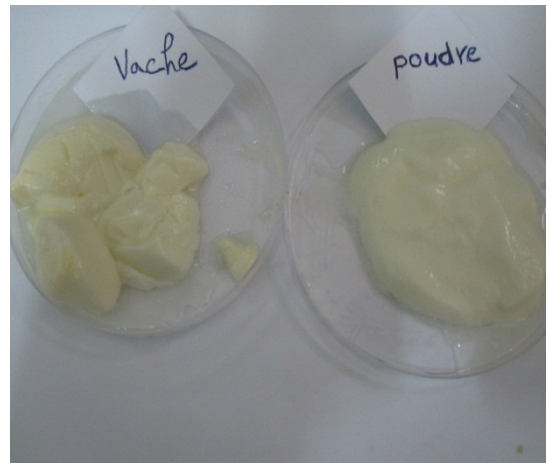


Figure:20



Figure:21



Figure:22



**Figure 23 : Incubation de yaourts
Préparée dans une étuve de 45 C°**



**Figure 24 : incubation des
bactéries recherché dans le
Yaourt**

Annexe6

Analyse de variance des différents paramètres étudiés

Tableau29 : Analyse de variance de MG

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR. Totale	1.76	8	0.22				
VAR Facteur 1	0,55	2	0.27	1,36	0.3271		
VAR. Résiduelle 1	1,21	6	0.20			0.45	12,3%

Tableau 30 : Analyse de variance de AT

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	140,22	8	17,53				
VAR Facteur 1	121,56	2	60,78	19,54	0,0028		
VAR. Résiduelle 1	18,67	6	3,11			1,76	2,0%

Tableau 31 : Analyse de variance de CEN

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	5,14	8	0,64				
VAR Facteur 1	4,70	2	2,35	31,54	0.0009		
VAR. Résiduelle 1	0,45	6	0,07			0.27	3,6%

Tableau 32: Analyse de variance de TP

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	886,90	8	110,86				
VAR Facteur 1	884,65	2	442,32	1178,77	0.0000		
VAR. Résiduelle 1	2,25	6	0.38			0.61	1,5%

Tableau 33 : Analyse de variance de pH

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	0,03	8	0,00				
VAR Facteur 1	0,00	2	0,00	0,23	0.8009		
VAR. Résiduelle 1	0,03	6	0,01			0.07	1,6%

Tableau 34 : Analyse de variance de EST

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	89,18	8	11,15				
VAR Facteur 1	86,91	2	43,45	114,42	0.0001		
VAR. Résiduelle 1	2,28	6	0,38			0.62	2,5%

Tableau 35: Résultats de l'évaluation sensorielle pour les trois essais

	Goût	Couleur	odeur	Texture
Témoin	3	1	2	2
Essai 1	2	2	2	3
Essai 2	2	2	2	2
Essai 3	4	3	2	4

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

Annexe7

Fiche de dégustation

Nom:.....

Prénom

Fonction.....

	FICHES DE DEGUSTATION	Date de dégustation:.....
--	------------------------------	---------------------------

<i>Type de produit</i>	<i>Texture</i>		<i>Gout</i>	<i>Odeur</i>	<i>Couleur</i>	<i>Autres Commentaires</i>
	<i>Aspect</i>	<i>Viscosité</i>				

NB : Evaluation de 1- 4 (1- très bon ; 2- bon ; 3- moyen ; 4- médiocre)

Annexe 8

25g d'échantillon

+ 225mL TSE

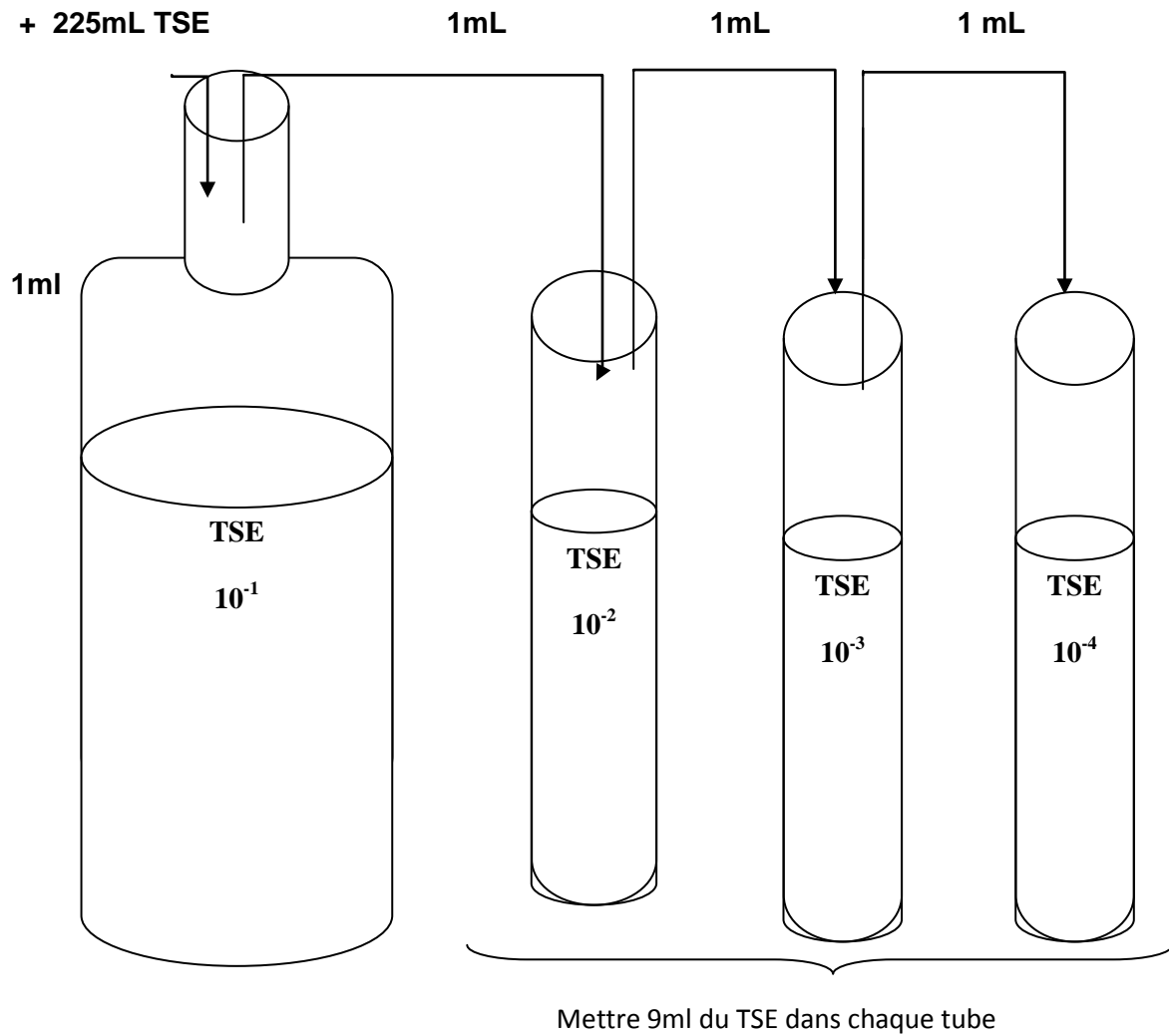


Figure 25: Technique de préparation des dilutions décimales

Annexe 9

Tableau 36 : composition du lait de différentes espèces.

Nutriments	Vache	Humain	Chèvre	Brebis
Protéines gras (g/100g)				
Caséines	3,3	1,0	3,6	6,0
Lactosérum	2,7	0,6	-	-
Matière grasse	0,6	0,4	-	-
Lactose (gras)	3,3	4,4	4,6	7,0
Minéraux (gras)	4,7	6,9	4,4	5,4
Calcium mg / 100g	0,7	0,2	0,8	1,0
Phosphore	1,19	32	134	193
Magnésium	23	14	111	158
potassium	13	3	14	18
Vitamines (gras)	152	51	204	136
Riboflavine	0,16	0,04	0,14	0,35
Vitamine B12 (µg/100g)	0,36	0,04	0,06	0,71

(vignole ,2002).

Tableau 37 : composition moyenne en vitamines du lait cru.

VITAMINES	TENEUR MOYENNE
Vitamines liposolubles :	
Vitamine A	40 µg/100ml
Vitamine D	2.4 µg/100ml
Vitamine E	100 µg/100ml
Vitamine K	5 µg/100ml
Vitamines hydrosolubles :	
Vitamine C (acide ascorbique)	2mg/100ml
Vitamine B1 (Thiamine)	45 mg/100ml
Vitamine B 2 (Riboflavine)	175µg /100ml
Vitamine B6 (Pyrodoxine)	50 µg/ 100ml
VitaminB12 (cyanocobalamine)	0.45 µg/ 100ml
Niacine et niacinamide	90 µg /100ml
Acide panthonique	350 µg/ 100ml
Acide folique	5.5 µg/ 100ml
Vitamine H (biotine)	3.5 µg/ 100ml

(D'après Debry ; 2001).

Tableau 38 : caractéristiques de Streptococcus thermophiles

Caractéristiques	Réactions
Culture à 10°C	-
Culture à 37°C	+
Culture à 45°C	+
Survie à 63°C/30 minutes	+
Fermentation gazeuse (Co ₂)	-
Production de di acétyle	-
Production de NH ₃ (de l'argénine)	-
Croissance en présence de Nacl :	
2%	-
4%	-
6,5%	-
sucres fermentés : pentoses	-
saccharose	+
mannitol, maltose, salicine	-
résistance à la pénicilline	-
caractère pathogène	-

(Bourgeois et Larpent, 1989)

+ réaction positive.

- réaction : négative.

Tableau 39: caractéristiques de Lactobacillus bulgaricus :

caractéristiques	réactions
Culture à 15°C	-
Culture à 45°C	+
à { 60°C /90 minutes 65° C / 30 minutes	+
acide dans le lait (%)	- 1,7
Production { Co ₂ (Sucre)	-
NH ₃ (argentine)	-
Nacl 2%	-
Culture en présence de { Nacl 4%	+
Exigence en riboflavine	
Fermentation de :	
Xylose	-
Arabinose	-
Glucose	+
Galactose	+
Lactose	+
Maltose	-
Saccharose	-

(Bourgeois et Larpent ,1983).

+ : réaction positive

- : réaction négative.

Tableau 40: principaux rôles des bactéries lactiques dans les aliments.

Rôles positifs	Rôles négatifs
<p>Structure et texture</p> <p>-acidification laits fermentés, fromages.</p> <p>-polysaccharides laits fermentés.</p> <p>Arôme et saveur</p> <p>-Acide organique tous produits fermentés.</p> <p>-diacétyl/acétaldéhyde beurre et crème/ yaourt.</p> <p>-lipolyse.</p> <p>--saucisson, fromages.</p> <p>Conservation</p> <p>Tous produits.</p> <p>-acide organique.</p> <p>-bactériocine.</p> <p>-peroxyde d'hydrogène.</p> <p>Nutrition</p> <p>Laits fermenté.</p> <p>-digestion du lactose.</p> <p>-colonisation de l'intestine.</p>	<p>Altération de l'aspect</p> <p>-polysaccharides.</p> <p>Produits carné, vin, bière.</p> <p>-Co₂.</p> <p>-peroxyde d'hydrogène.</p> <p>-produits carnés.</p> <p>Altération des qualités organoleptique</p> <p>-acidification trop poussée lait cru, vin, produit carné.</p> <p>Oxydation des acides gras beurre et crème, produit carnés.</p> <p>-protéolyse : peptides amères fromages.</p> <p>Production de composés toxiques</p> <p>-amines (tyramine) produit carnés.</p>

(Pilet et al, 1998).

INTRODUCTION