

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

FACULTE : des sciences

DEPARTEMENT : des sciences agronomiques

N° :



DOMAINE : Science de la Nature et de Vie

FILIERE : Sciences Agronomiques

OPTION : Ecophysiologie Animale et
Biosécurité Alimentaire

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

Par : ALI SAOUCHA Chahrazad

Intitulé

**Qualités physico-chimique et microbiologique
et aptitude de transformation du lait (vache et
chèvre) en yaourt**

Soutenu devant le jury composé de :

GUERMAH H.	MCB	Université de M'sila	Président
MAHMOUDI N.	MCB	Université de M'sila	Examinatrice
MAHMOUDI S.	MAA	Université de M'sila	Rapporteur

Année universitaire : 2016/2017

Table de matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction.....	01

PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE **Chapitre 1 : Généralités sur le lait**

1.1. Définitions du lait.....	02
1. 2. Composition chimique du lait.....	02
1.2.1. Eau	04
1.2.2. Matière grasse.....	04
1.2.3. Protéines.....	05
1.2.4. Lactose.....	05
1.2.5. Minéraux.....	06
1.2.6. Vitamines.....	06
1.2.7. Enzymes et autres.....	07
1.3. Caractéristique organoleptique du lait	07
1.3.1. La couleur.....	07
1.3.2. L'odeur	07
1.3.3. La saveur.....	07
1.3.4. La viscosité.....	07
1.4. Les caractéristiques physico-chimiques du lait.....	07
1.4.1. La densité.....	08
1.4.2. Point de congélation.....	08
1.4.3. Point d'ébullition.....	09
1.4.4. Acidité de titration ou acidité Dornic.....	09
1.4.5. Le pH.....	09
1.4.6. L'extrait sec.....	09
1.5. Caractéristiques biologiques du lait.....	09
1.5.1. Flore mésophile aérobie totale.....	10
1.5.2. Les germes responsables des défauts de fabrication.....	10
1.6. Facteurs influençant la composition du lait.....	12
1.6.1. Les facteurs intrinsèques.....	12
1.6.1.1. Les facteurs génétiques.....	13
1.6.1.2. Le stade de lactation.....	13
1.6.1.3. Age et nombre de vêlage.....	13
1.6.1.4. Etat sanitaire.....	13
1.6.2. Les facteurs extrinsèques.....	13
1.6.2.1. L'alimentation.....	13
1.6.2.2. La traite.....	14
1.6.2.3. La saison et le climat.....	14
1.6.2.4. Le logement des animaux.....	14

Chapitre 2 : Le yaourt

2.1. Définitions.....	15
2.2. Origine de yaourt.....	15
2.3. Matière utilisée pour la production de yaourt.....	15
2.3.1. Lait frais.....	15
2.3.2. Les bactéries caractéristiques du yaourt.....	15
2.4. Fabrication du yaourt.....	16
2.4.1. Réception du lait.....	16
2.4.2. Standardisation du mélange.....	17
2.4.3. Homogénéisation.....	17
2.4.4. Traitement thermique.....	18
2.4.5. Fermentation lactique.....	18
2.4.6. Conditionnement et stockage.....	19
2.5. Classification du yaourt.....	21
2.6. Caractéristiques nutritionnelles du yaourt.....	21

PARTIE II : Expérimentation **Chapitre 3 : Matériel et méthodes**

3.1. Plan général du travail.....	22
3.2. Echantillonnage du lait.....	25
3.2.1. Lieux d'échantillonnage.....	25
3.2.2. Caractéristiques des élevages.....	27
3.2.2.1. Caractéristiques des vaches laitières et leur conduite d'élevage.....	27
3.2.2.2. Caractéristiques des chèvres et leur conduite d'élevage.....	28
3.2.3. Prélèvement du lait.....	29
3.3. Analyses physico-chimiques.....	29
3.3.1. Détermination du PH.....	29
3.3.2. Mesure de la teneur en matière sèche totale.....	29
3.3.3. Détermination des cendres totales.....	30
3.3.4. Dosage de la teneur en protéines.....	31
3.3.5. Mesure de la teneur en lactose.....	32
3.3.6. Dosage de la matière grasse.....	33
3.3.7. Détermination de la densité.....	34
3.4. Analyses microbiologiques.....	35
3.4.1. Préparation des dilutions.....	35
3.4.2. Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAR).....	35
3.4.3. Dénombrement des coliformes totaux.....	36
3.4.4. Dénombrement des coliformes fécaux.....	36
3.4.5. Recherche des clostridies.....	36
3.4.6. Dénombrement des staphylocoques.....	36
3.4.7. Dénombrement des levures et moisissures.....	37
3.5. Aptitude de transformation de yaourt.....	37
3.5.1 Préparation des yaourts.....	38
3.5.2. Analyses physico-chimiques.....	38
3.5.3 Test de synérèse.....	38
3.5.4. Analyses microbiologiques.....	38
3.5.4.1. Préparation des dilutions.....	38

3.5.5. Dénombrement des bactéries lactiques.....	39
--	----

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1. Analyse physico-chimique du lait.....	40
4.1.1. Taux de matière sèche.....	40
4.1.2. Teneur en cendres totales.....	42
4.1.3. Le pH.....	43
4.1.4. La densité.....	43
4.1.5. La matière grasse.....	44
4.1.6. Teneur en protéines.....	45
4.1.7. Teneur en lactose.....	47
4.2. Analyses microbiologiques du lait.....	48
4.2.1. Analyses microbiologiques du lait de vache.....	48
4.2.2. Analyses microbiologiques du lait de chèvre.....	49
4.3. Analyses physico-chimiques du yaourt.....	51
4.3.1. Matière sèche.....	51
4.3.2. Teneur en cendres totales.....	52
4.3.3. Le pH.....	52
4.3.4. La matière grasse	53
4.3.5. Teneur en protéines.....	54
4.3.6. La synérèse.....	55
4.4. Analyses microbiologiques des yaourts.....	57
4.5. Evolution des bactéries lactiques au cours de stockage.....	59
4.6 Caractéristiques organoleptiques des yaourts.....	59
Conclusion	
Références bibliographiques	
Annexe	

Remerciements

Je remercie, en premier lieu, **ALLAH** le tout puissant pour m'avoir donné la patience, le courage, la force morale et physique pour élaborer ce mémoire.

J'adresse tout d'abord mes sincères remerciements à ma promotrice **M^{elle} MAHMOUDI S. MAA** au département des sciences agronomiques à l'université de M'sila pour avoir accepté la direction de ce travail, pour sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, pour la confiance, les conseils et les corrections qu'elle m'a accordé. Merci également pour votre gentillesse.

J'exprime ma profonde reconnaissance à **Mr. GUERMAHH. MCB** au département des sciences agronomiques à l'université de M'sila qui m'a fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Mes chaleureux remerciements vont également à **M^{elle} MAHMOUDI N. MCB** au département des sciences agronomiques à l'université de M'sila pour toute l'aide qui m'a apporté durant mes études universitaires et pour m'avoir fait l'honneur de juger ce modeste travail.

Ce travail a été entièrement réalisé au niveau des laboratoires de département des sciences agronomiques et au laboratoire des analyses physico-chimiques de la laiterie 'Hodna' à M'sila. Nombreux sont ceux qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à l'aboutissement de ce travail.

Mes vifs remerciements vont à **M^{elle} BOUNAB S. et BEN MEHAIA R.** Chefs des laboratoires d'agronomie, **M^{elle} MERZAKA, M^{elle} AMINA, Mme CHAHRA, Mr. HOUCINE, Mr. YACINE, Mr. HICHAM, Mr. HAMZA** et **Mr. BAHAA** pour leur aide, soutien moral, encouragement et leur amitié.

Mes sincères remerciements vont à **M^{elle} KHARMOUCH S.**, responsable du laboratoire de la laiterie HODNA LAIT pour avoir bien voulu m'accueillir dans son laboratoire et contribuer à la réalisation de ce travail. **Un** grand merci pour tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

DEDICACES

Je dédie ce travail :

À la source de la tendresse, ma mère pour sa gentillesse sa douceur, pour son affection, son amour ses sacrifices et ses encouragements.

À mon très cher père, pour sa confiance, ses encouragements et son soutien dans toute ma carrière d'étude dès le premier pas jusqu'à ce jour-là et qui m'a appris que la patience est le Secret du succès.

*À mes irremplaçables sœur ; Aicha et ses enfants ; Wessal,
Mouhamed.*

À mes chers frères ; Ayachi , Abd errezak, Samir et Rabhe

À mon promoteur ; Mell Mahmoudi S.

À mes amis ; Racha .Imane .Sana .

À toutes qui ma connaît.



CHAHRA

ملخص

للحليب ومشتقاته مكانة بارزة في النظام الغذائي للجزائريين. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الجودة الفيزيو-كيميائية والصحية وتحديد قدرة حليب البقر و الماعز على تجهيز الزبادي. تم تحليل عينات الحليب من ثمانية مزارع في منطقة المسيلة. تم تحديد نوعية الفيزيائية و الكيميائية عن طريق قياس درجة الحموضة والكثافة و المادة الجافة والرماد والدهون والبروتين واللاكتوز. تم تقييم الجودة الصحية من خلال البحث عن بعض مسبب الأمراض و التلف. وقد أعدت الزبادي من نوعين من الحليب مع أو بدون إضافة التين وجرى تقييم جودتها. على الصعيد الفيزيو-كيميائية، نتائج معظم عينات الحليب (البقر و الماعز) هي قريبة أو موافقة للمستوى المتوسط. حليب البقر هو أكثر ثراء في البروتينات من حليب الماعز (5.42 و 4.61٪ في المتوسط، على التوالي)، في حين أن هذا الأخير هو أكثر غنى بالدهون (37 مقابل 29.5 غرام / لتر على التوالي). على الصعيد الصحي، أظهرت نتائج التحاليل المكر وبيولوجية أن كلا النوعين من الحليب (البقر و الماعز) ذات جودة مقبولة (المحتوى الميكروبي FTAM 10^5 و $4.56 \cdot 10^5$ وحدة تكوين مستعمرة/ملل و غياب مسببات الأمراض). الزبادي الذي أعد من حليب الماعز يحوي أعلى مقدار من البروتين والدهون وإضافة التين إليه يحسن خصائصه. إن الجودة الميكرو وبيولوجية للزبادي مرضية للغاية. وهذا يدل على الامتثال لممارسات التصنيع الجيدة وخاصة المعالجة الحرارية.

كلمات مفتاحية: الحليب- الماعز- البقر- الزبادي- الجودة الفيزيو-كيميائية- الجودة المكر وبيولوجية.

Résumé

Le lait et dérivés ont une place primordiale dans le régime alimentaire des Algériens. Notre étude a pour objectif l'évaluation des qualités physico-chimique et hygiénique et la détermination de l'aptitude de transformation du lait de vache et de chèvre en yaourt. Les échantillons du lait analysés sont issus de huit fermes dans la région de M'sila. La qualité physico-chimique a été déterminée en mesurant le pH, la densité, l'extrait sec, les cendres, la matière grasse, les protéines et le lactose. La qualité hygiénique a été évaluée en recherchant quelques germes pathogènes et d'altération. Des yaourts fermes ont été préparés à base de deux types de lait avec et sans adjonction des figues et leur qualité a été évaluée. Sur le plan physico-chimique, les résultats de la plus part des échantillons du lait (vache et chèvre) obtenus sont proches ou conformes aux normes. Le lait de vache est plus riche en protéines que le lait de chèvre (5,42 et 4,61 % en moyenne respectivement) tandis que ce dernier est plus riche en matière grasse (37 contre 29,5 g/l respectivement). Sur le plan hygiénique, les résultats des analyses microbiologiques montrent que les deux types de lait (vache et chèvre) sont de qualité acceptable (charges microbiennes de la FTAM de $4,56 \cdot 10^5$ et $5,27 \cdot 10^5$ UFC/ml et absence totale des germes pathogènes). Les yaourts préparés à base du lait de chèvre sont plus riches en protéines et en matière grasse et l'ajout des figues améliore leurs caractéristiques. La qualité microbiologique des yaourts est très satisfaisante. Ceci indique le respect des bonnes pratiques de fabrication surtout le traitement thermique.

Mots-clés : Lait, chèvre, vache, yaourt, qualité physico-chimique, qualité microbiologique.

Abstract

Milk and derivatives have a primordial place in the diet of Algerians. Our objective is to evaluate the physicochemical and hygienic qualities and to determine the processing capacity of cow's milk and goat's milk to make yoghurt. The milk samples analyzed come from eight farms in the M'sila region. Physico-chemical quality was determined by measuring pH, density, dry extract, ash, fat, protein and lactose. Hygienic quality was evaluated by looking for some pathogenic and altering germs. Firm yogurts were prepared from two types of milk with and without the addition of figs and their quality was evaluated. For the physico-chemical quality, the results of most milk samples (cow and goat) obtained are close to or in line with standards. Cows' milk is richer in protein than goat milk (5.42% and 4.61% on average respectively), while the latter is richer in fat (37 vs 29.5 g / l respectively). From a hygienic point of view, the results of the microbiological analyzes show that the two types of milk (cow and goat) are of acceptable quality (FTAM microbial loads of 4.56.10⁵ and 5.27.10⁵ CFU / ml and total absence of pathogenic germs). Yogurts prepared with goat's milk are richer in protein and fat and the addition of figs improves their characteristics. The microbiological quality of yogurt is very satisfactory. This indicates compliance with good manufacturing practices, especially heat treatment.

Keywords: Milk, goat, cow, yoghurt, physico-chemical quality, microbiological quality.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition chimique du lait de vache.....	3
Tableau 2 : Composition moyenne en % du lait de vache, chamelle, brebis et chèvre.....	4
Tableau 3 : Composition en lipides des laits de différentes espèces.....	5
Tableau 4 : Teneurs en minéraux et en oligo-éléments de lait de vache et lait de chèvre en (mg/l).....	6
Tableau 5 : Caractéristique physico-chimique du lait de vache et chèvre.....	8
Tableau 6 : Composition recommandée et optionnelle des ferments du yaourt.....	15
Tableau 7 : Causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et les incidences sur la qualité du yaourt.....	16
Tableau 8 : Valeur nutritionnelle du lait et du yaourt.....	20
Tableau 9 : Site de prélèvement du lait et caractéristiques des élevages.....	23
Tableau 10 : Recette d'un yaourt nature ferme pour 100 g.....	35
Tableau 11 : Analyses microbiologiques du yaourt.....	37
Tableau 12: Teneur en cendres totales du lait de vache et du lait de chèvre.....	41
Tableau 13 : Analyses microbiologiques du lait de vache (UFC/ml).....	47
Tableau 14 : Analyses microbiologiques du lait de chèvre (UFC/ml).....	48
Tableau 15 : Teneurs en cendres totales dans les yaourts préparés.....	51
Tableau 16 : Résultats des analyses microbiologiques (UFC/ml) des yaourts témoins à base du lait de vache et du lait du chèvre	56
Tableau 17 : Résultats des analyses microbiologiques (UFC/ml) des yaourts aux figues à base du lait de vache et du lait du chèvre	57
Tableau 18 : Caractéristiques organoleptiques des yaourts préparés.....	69

Liste des figures

Figure 1 : Diagramme simplifié de la production du yaourt.....	18
Figure 2 : Diagramme représentant le protocole expérimental.....	21
Figure 3 : Situation géographique des lieux d'échantillonnage.....	24
Figure 4 : Diagramme de fabrication du yaourt.....	36
Figure 5 : Teneur en matière sèche dans : (a) le lait de vache, (b) le lait de chèvre	40
Figure 6 : pH des échantillons du : (a) le lait de vache, (b) le lait de chèvre	41
Figure 7 : Densité du : (a) le lait de vache, (b) le lait de chèvre	43
Figure 8 : Teneur en matière grasse (g/l) dans : (a) le lait de vache, (b) le lait de chèvre	44
Figure 9 : Teneur en protéines (%) dans :(a) le lait de vache, (b) le lait de chèvre	45
Figure 10 : Teneur en lactose (%) dans : (a) le lait de vache, (b) le lait de chèvre	46
Figure 11 : Teneur en matière (%) sèche de yaourt.....	50
Figure 12 : pH de yaourt.....	52
Figure 13 : Teneur en matière grasse de yaourt.....	53
Figure 14 : Teneur en protéines de yaourt.....	54
Figure 15 : Synérèse du yaourt.....	55
Figure 16 : Evolution des bactéries lactiques « <i>streptococcus thermophilus</i> ».....	58
Figure 17 : Courbe d'étalonnage de BSA.....	Annexe
Figure 18 : Courbe d'étalonnage de lactose (mg/ml).....	Annexe

Liste des abréviations

<p>°C : degré Celsius</p> <p>pH : Potentiel d'hydrogène</p> <p>log : logarithme</p> <p>g: gramme</p> <p>K⁺ : potassium</p> <p>P : phosphore</p> <p>NaOH : Hydroxyde de sodium</p> <p>UFC : Unité Formant Colonie</p> <p>°D : degré Dornic</p> <p>h : heure</p> <p>m/s : mètre par seconde</p> <p>min : minute</p> <p>M : Masse</p> <p>E: échantillon</p> <p>YTV : yaourt témoin au lait de vache,</p> <p>YTC : yaourt témoin au lait de chèvre,</p> <p>YFV : yaourt du lait de vache aux figes,</p> <p>YFC : yaourt du lait de chèvre aux figes.</p> <p>BSA ; sérum albumine bovine</p>	<p>AFNOR : Association Française de Normalisation</p> <p>DSA : Direction des Services Agricole</p> <p>FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations</p> <p>HTST : High Température Short Time</p> <p>Gélose OGA : Gélose glucosée à l'oxytétracycline</p> <p>MRS : Man, Rogosa & Sharpe</p> <p>PCA : Plate Count Agar</p> <p>BLM : Bovin laitières moderne</p> <p>BLA : Bovin laitières améliorée</p> <p>BLL : Bovin laitières locale</p> <p>CMV : Complément minéralo-vitaminique</p> <p>NA : Normes algériennes</p> <p>FMAR : flore mésophile aérobie totale</p> <p>CSR : clostridium sulfito-réducteur</p> <p>EV : échantillon du lait de vache</p> <p>EC : échantillon du lait de chèvre</p> <p>JORA : Journal Officiel de la République Algérienne</p> <p>IND : Indénombrable</p> <p><i>St: Streptococcus thermophilus</i></p> <p><i>Lb: Lactobacillus bulgaricus</i></p> <p><i>E. coli</i> : <i>Escherichia coli</i></p>
---	--

Introduction

Le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment de haute valeur nutritionnelle très riche en protéines, lipides, glucides et surtout par un apport en oligo-éléments tel que le calcium. De ce fait il occupe une place incontestable dans la ration alimentaire humaine dans la plus part des pays ayant un niveau de vie bas, moyen ou élevé (**FRANWORTH et MAINVILLE, 2010**).

L'Algérie produit 3548825 tonnes du lait de vache, 363238 tonnes du lait de brebis et 313936 tonnes du lait de chèvre (**FAO, 2014**). La production nationale du lait est insuffisante pour couvrir les besoins de la population ; l'Etat importe 2581000 tonnes du lait sous forme de lait en poudre soit environ 45 % des besoins totaux (**FAO, 2013**).

En Algérie le lait et ses dérivés constituent une denrée de grande consommation. Ils sont consommés sous forme de lait reconstitué ou de lait recombinaison, de yaourt, de lait caillé ou de fromage. La moyenne de la consommation du lait est estimée à 120 l par habitant en 2013. A titre de comparaison, cette moyenne est respectivement de 83 l/an/habitant pour la Tunisie et de 64 l/an/habitant pour le Maroc (**KACIMI et HASSANI, 2013**).

Le yaourt ou yoghourt et le lait caillé sont les laits fermentés les plus consommés. Selon la FAO/OMS (1977) le yaourt est un lait coagulé obtenu par la fermentation lactique acide due à *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* du lait pasteurisé ou concentré avec ou sans addition (de lait en poudre, etc). Les microorganismes de produit final doivent être viables et abondants. Il est possible d'utiliser soit du lait entier soit du lait partiellement ou totalement écrémé (**BOUDIER, 1985**).

L'objectif de ce travail est d'évaluer d'une part les qualités physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait de chèvre issus de huit fermes distribuées dans la Wilaya de M'sila et d'autre part leur aptitude de transformation en yaourt.

Le présent travail est divisé en deux grandes parties:

- La première partie, se résume en une recherche bibliographique portant sur des généralités sur le lait et sur le yaourt.
- La deuxième partie pratique, décrit le matériel et les méthodes utilisés dans cette étude, les résultats obtenus et leurs discussions et une conclusion résumant les résultats les plus importants de ce travail.

Chapitre 1

Généralités sur le lait

1.1. Définitions du lait

La dénomination « lait » est réservée exclusivement aux produits de la sécrétion mammaire normale, obtenus par une ou plusieurs traite, sans aucune addition ni soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique (*JORA N° 69, 1993*).

Le lait est un mélange très complexe de matière grasse à l'état d'émulsion, de protéines à l'état de suspension colloïdale, de sucre et de sels à l'état de solution vrai. De plus, il est riche en calcium et phosphore, en vitamines et en enzymes (*DILLON, 1989*).

1.2. Composition chimique du lait

Le lait est une émulsion (dispersion grossière) de matière grasse dans une solution colloïdale de protéine dont le liquide inter micellaire est une solution vraie (*KODIO, 2005*).

Le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E (Tableau 1 et 2) (*FAVIER, 1985 cité par GHAOUS, 2011*).

Tableau 1 : Composition chimique du lait de vache (*ALAIS, 1984*).

Substances	Quantité (g/l)	Etat physique des composants
Eau	905	Eau liée (3,7 %) Eau libre (solvant)
Glucide : lactose	49	Solution
Lipides	35	En solution de globules gras (3-5µm)
Matière grasse proprement dite	34	
Lécithine (phospholipides)		
Partie insaturable (stérol, carotène, tocophérols)	0,5	
Protide	34	Suspension micellaire de Phospho-caséinates de calcium (0,08 à 0,12 µm) Solution colloïdale Solution vraie
Caséine	27	
Protéines solubles (albumine, globuline)	5,5	
Substances azotées non protéiques	1,5	
Sel	9	Solution ou état colloïdale (sel K, Ca, Na, Mg...)
Acide citrique	2	
Acide phosphorique (H ₂ PO ₄)	2,6	
Acide chlorhydrique (HCl)	1,7	
Vitamines, enzymes, gaz dissous,	Trace	
Extrait sec total	127	
Extrait sec non gras	92	

Tableau 2 : Composition moyenne en % du lait de vache, chamelle, brebis et chèvre (*ALAIS, 1984 ; AMIOT et al., 2002*).

Composants (%)	Vache	Chamelle	Brebis	Chèvre
Protéines	3,2	3,0	5,3	2,9
Caséines	2,8	2,0	2,5	4,6
Lipides	3,7	5,4	7,4	3,8
Lactose	4,6	3,3	4,8	4,4
Minéraux	0,8	0,7	0,7	0,9
Eau	87,5	87,6	81,5	87,0

1.2.1. Eau

L'eau est le constituant majoritaire du lait (905 g/l). Elle se trouve sous forme liée ou libre (*ALAIS, 1984*).

1.2.2. Matière grasse

La matière grasse du lait se compose principalement de triglycérides, phospholipides et une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de β -carotène (*FILQ, 2002*).

Les matières grasses du lait ont la forme de petits globules sphériques qui sont invisibles à l'œil nu. La dimension des globules de matières grasses est d'environ 0,1 à 20 μm (1 μm =0,001mm). Le diamètre moyen des globules étant de 3 à 4 μm , on estime qu'il y a environ de trois à quatre milliards de globules gras par millilitre de lait entier. Les globules gras dans le lait sont en émulsion de type «Huile dans l'eau» (*CHILLIARDE, 1996*).

Le lait de chèvre est pauvre en carotène et donc, peu coloré par rapport aux autres laits, il est plus riche en acides gras à 10 atomes de carbone et présente un pourcentage plus élevé de petits globules gras que le lait de vache, il ne contient pas d'agglutinines et présente une activité lipasique plus faible que le lait de vache (*CHILLIARDE, 1996*). Le tableau 3 représente la composition en lipides de lait de vache et de lait de chèvre.

Tableau 3 : Composition en lipides des laits de différentes espèces (*CHILLIARD, 1996*).

Composition (%)	Chèvre	Vache
Triglycérides	95	98
Glycérides partielles	3	0,5
Cholestérol	0,4	0,3
Phospholipides	1	0,9
Acides gras libres	0,6	0,4

1.2.3. Protéines

Les protéines représentent 95 % environ des matières azotées et sont constituée soit d'acides aminée seulement (β - lactoglobuline, α lactalbumine), soit d'acide aminée et d'acide phosphorique (caséines a et b) avec parfois encore une partie glucidique (caséine k) (*DALGEISH, 1982*).

- **Caséines** : la caséine est un polypeptide complexe, résultat de la polycondensation de différents aminoacides, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. La caséine native est composée de 94 % protéine, 3 % calcium, 2,2 % phosphore, 0,5 % acide citrique et 0,1 % magnésium (*JEAN et DIJON, 1993 ; ADRIAN et al., 2004*).
- **Protéines du lactosérum** : elles représentent 15 à 28 % des protéines du lait de vache et 17% des matières azotées. Ces protéines sont riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane. Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique (*DEBRY, 2001 ; THAPON, 2005*).

1.2.4. Lactose

Le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$, est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose, c'est un disaccharide constitué par de l'alpha (α) ou bêta (β) glucose et bêta (β) galactose (*LUQUET et BONJEAN-LINCZOWSKI, 1985*).

1.2.5. Minéraux

Le lait contient plusieurs minéraux (Tableau 4) tels que : le sodium, phosphore, le magnésium, les chlorures de sodium ou de potassium et les phosphates de calcium (*LUQUET et BONJEAN-LINCZOWSKI, 1985 ; JQUES, 1998*).

Tableau 4 : Teneurs en minéraux et en oligo-éléments de lait de vache et lait de chèvre en (mg/litre) (*ROBERT et al., 2002*)

	Vache	Chèvre
Minéraux		
Sodium	0,50	0,37
Potassium	1,50	1,55
Calcium	1,25	1,35
Magnésium	0,12	0,14
Phosphore	0,95	0,92
Chlore	1,00	2,20
Oligo-éléments		
Fer	0,20-0,50	0,55
Cuivre	0,10-0,40	0,40
Zinc	3-6	3,20
Manganèse	0,010-0,030	0,06
Molybdène	0,070	
Aluminium	0,6-1	-

Les minéraux présents dans le lait de chèvre et de lait de vache sont identiques. Toutefois, on rapporte un pourcentage de sodium légèrement inférieur dans le lait de chèvre.

1.2.6. Vitamines

Les vitamines du lait sont prélevées directement du sang. On trouve en abondance les vitamines A, D, B2, mais on retrouve à un faible taux de la vitamine C.

On classe les vitamines en deux grandes catégories :

- Les vitamines hydrosolubles: la richesse de lait en vitamine B est régulièrement élevée quel que soit la saison et le régime alimentaire.
- Les vitamines liposolubles : A, D, E, K, qui leurs taux dépendent de nombreux facteurs notamment alimentaires. Le lait renferme un taux élevé de vitamine A lorsque le rationnement des animaux est riche en herbes fraîches (fourrage vert) (*ROY, 1951; WOLTER, 1997*).

1.2.7. Enzymes et autres

Les enzymes présentes dans le lait sont les lipases, galactase, phosphate, réductase, catalase et peroxydase. Il existe aussi dans le lait des gaz dissous qui sont le gaz carbonique, l'oxygène, l'azote, dont 4 à 5% du volume du lait se retrouve à la sortie de la mamelle (*ADRIAN, 1973; ANDRE, 1975*).

1.3. Caractéristiques organoleptiques du lait

1.3.1. L'odeur

Le lait a une odeur toujours faible (caractéristique de l'animal qui l'a produit), agréable et variable en fonction de l'alimentation (*SEYDI, 2004*). L'odeur est caractéristique le lait du fait de la matière grasse qu'il contient fixe des odeurs animales. Elle est liée à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette) (*VIERLING, 2003*).

1.3.2. La couleur

Le lait est un liquide blanc mat, opaque à cause des micelles de caséinates, parfois bleuté ou jaunâtre du fait de la beta carotène ou de la lactoflavine contenues dans la matière grasse (*SEYDI, 2004*).

1.3.3. La viscosité

La viscosité est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine influencent grandement sur la viscosité du lait (*RHEOTEST, 2010*).

1.3.4. La saveur

La saveur du lait normal frais est agréable, les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. Il en est en parfois de même du colostrum.

L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés, peuvent transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un goût amer. La saveur amère peut aussi apparaître dans le lait par suite de la pullulation de certains germes d'origine extramammaire (*THIEULIN et VUILLAUME, 1967*)

1.4. Caractéristiques physico-chimiques

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique, la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (Tableau 5).

Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache et chèvre (*AIT AMER MEZIANE, 2008*).

Composition	Vache	Chèvre
Densité du lait entier à 20°C	1.028 – 1.033	1.027 – 1.035
pH-20 °C	6.60 – 6.80	6.45 – 6.60
Acidité titrable (°Dornic)	15 – 17	14 – 18

1.4.1. La densité

La densité de lait d'une espèce donnée, n'est pas une valeur constante, elle varie d'une part, proportionnellement avec la concentration des éléments dissous et en suspension et d'autre part, avec la proportion de la matière grasse. La densité de lait de vache est comprise entre 1030 et 1033 à une température de 20 °C, à des températures différentes, il faut effectuer une correction. La densité est mesurée par le thermo-lacto-densimètre (*ALAIS, 1984*). D'après *VIGNOLA (2002)*, la densité du lait augmente avec l'écémage, et diminue avec le mouillage.

1.4.2. Point de congélation

Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physiques les plus constantes. Sa valeur moyenne, si l'on considère des productions individuelles de vache, se situe entre -0,54 °C et -0,55°C (*MATHIEU, 1998*). La mesure de ce paramètre permet l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait. Un mouillage de 1 % entraîne une augmentation du point de congélation d'environ 0,0055 °C (*GOURSAUD, 1985*).

1.4.3. Point d'ébullition

On définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi, comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5 °C. Cette propriété physique diminue avec la pression. On applique ce principe dans les procédés de concentration du lait (*VIGNOLA, 2002*).

1.4.4. Acidité de titration ou acidité Dornic

L'acidité de lait est une notion importante pour l'industrie laitière. Elle permet de juger l'état de conservation du lait. Elle résulte d'une titration qui consiste à ajouter au lait un volume nécessaire de solution alcaline titrée pour atteindre le point de virage d'un indicateur, en générale la phénophtaléine. Elle est exprimée en "degré Dornic" (°D), ce dernier exprime la teneur en acide lactique: 1°D = 0,1g d'acide lactique. L'acidité titrable est comprise entre 15 °D et 18 °D (*ALAIS, 1984*).

1.4.5. Le pH

Le pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait. Un lait de vache frais a un pH de l'ordre de 6,7. S'il y a une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium (H₃O⁺) et donc une diminution du pH, car : $\text{pH} = \log 1/ [\text{H}_3\text{O}^+]$. A la différence avec l'acidité titrable qui elle mesure tous les ions H⁺ disponibles dans le milieu, dissociés ou non (acidité naturelle + acidité développée), reflétant ainsi les composés acides du lait (*CIPC lait, 2011*).

1.4.6. L'extrait sec

C'est l'ensemble des substances présentes dans le lait à l'exclusion de l'eau. La teneur, en extrait sec du lait se diffère selon l'espèce (127g/l). La cause de cette différence est essentiellement due à la teneur en matière grasses (*ALAIS, 1984*).

1.5. Caractéristiques biologiques du lait

L'appréciation de la qualité bactériologique du lait cru consiste à la recherche des germes pathogènes, des germes utiles et des germes nuisibles à la conservation. Le lait est un excellent milieu de croissance pour de nombreux germes et bactéries. Pour être propre à la consommation, le lait et les produits laitiers doivent être exempts de micro-organismes et toxines dangereux pour

la santé. On considère que le lait ne doit pas contenir plus de un million de germes par mL dans le bac de mélange à la laiterie. Le lait ne doit pas contenir plus de 50 000 germes par mL après la traite à l'entrée dans le refroidisseur à la ferme (**GREAUME, 1975**).

1.5.1. Flore mésophile aérobie totale

La flore mésophile aérobie totale est constituée d'un ensemble de microorganismes variés correspondant aux germes banaux de contamination. Son dénombrement reflète la qualité microbiologique générale du lait cru et permet de suivre son évolution au cours de sa transformation. Ainsi le nombre de germes totaux pourra donner une indication de l'état de fraîcheur ou de décomposition (altération) du lait (**GUIRAUD et ROSEC, 2004**).

1.5.2. Les germes responsables des défauts de fabrication

Il s'agit principalement de psychrotrophes et de thermorésistants. Ces deux types de germes entraînent des défauts organoleptiques, des problèmes de protéolyse (dégradation des protéines).

➤ Flore psychrotrophe

La conservation du lait au froid aboutit à une sélection des germes psychrotrophes capables de se multiplier à des températures égales ou inférieures à 7 °C. Ces germes proviennent du sol, des eaux ou des fourrages. Ils ne constituent pas un groupe taxonomique à part, mais, présentent quelques caractères en commun : aérobies, Gram négatif, non sporulés (**MOCQUOT et AUCLAIR, 1967 ; THOMAS, 1973**). Ces bactéries appartiennent à certains genres : *Pseudomonas* (*Ps. fluorescens*, *Ps. putrefaciens*...), *Alcaligenes* (*A. viscolactis*, *A. tolerans*...), ainsi que des entérobactéries des genres *Enterobacter*, *Serratia* et *Hafnia*. Les espèces bactériennes Gram positif, sont moins fréquentes. On rencontre notamment des *Bacillus* et des *Clostridium* (**AUCLAIR, 1979**).

Les bactéries lactiques sont largement représentées au sein du groupe des psychrotrophes. Ce sont des bacilles ou des cocci à Gram positif, non sporulés, dépourvus de catalase, produisant de l'acide lactique selon un métabolisme homo ou hétéro-fermentaire. Les lactobacilles présentent une activité jusqu'à une température de +2 °C (**BORNERT, 2000**).

➤ **Flore thermorésistante**

Un certain nombre de bactéries sont capables de résister aux traitements thermiques usuels utilisés dans le but d'assainir ou de conserver le lait. Elles sont dites thermorésistantes (**GUIRAUD, 2003**). Leur développement ultérieur peut altérer les produits et, parfois, être dangereux pour la santé. Cette flore est apportée dans le lait par le sol, les ensilages, les fèces et les résidus dus à l'insuffisance de nettoyage et de désinfection des matériels en contact avec le lait (**MOURGUES et al., 1983**).

➤ **Les bactéries témoins de contamination fécale**

Certaines bactéries ou groupes bactériens mis en évidence peuvent être considérés comme témoins de contamination d'origine fécale et indiquent la présence possible de germe pathogène (**SUTRA et al., 1998**). Parmi eux, nous avons :

▪ **Les coliformes**

Les coliformes sont des entérobactéries (bacilles Gram-, asporulés, glucose+, oxydase-, nitrate réductase+, aérobies anaérobies facultatifs) qui fermentent le lactose avec production de gaz. Il comprend les genres *Escherichia* (avec espèces *coli*, *intermedium*, *freudii*), *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. Leur développement est freiné par l'abaissement du pH et leur croissance stoppée lorsque le pH est inférieur à 4,5. Ils sont peu résistants à la chaleur (**LE MINOR et RICHARD, 1993**).

▪ **Les streptocoques fécaux**

Les streptocoques du groupe D susceptibles de contaminer le lait sont plutôt typiques des déjections animales, comme *S. bovis*, *S. equinus*, *S. gallolyticus* et *S. alactolyticus* (**CLAUSEN et al., 1977 ; FARROW et al., 1984 ; BITTON, 1999**).

De toutes les bactéries non sporogènes, ces germes sont parmi ceux qui résistent le mieux à des conditions de milieu défavorables. Ils résistent mieux que les coliformes et *E. coli* à la réfrigération, à la congélation, au chauffage, à la salaison et à la dessiccation (**CUQ, 2007**) et sont, donc selon certains auteurs de meilleurs indicateurs de la qualité hygiénique du lait (**WAES, 1973**). Toutefois, ces germes sont moins souvent associés aux germes pathogènes que les coliformes fécaux. Ils ne renferment pas d'espèce considérée pathogène du point de vue alimentaire (**CUQ, 2007**).

➤ La flore pathogène

La contamination du lait et des produits laitiers par les germes pathogènes peut être d'origine endogène, et elle fait, alors, suite à une excrétion mammaire de l'animal malade ; elle peut aussi être d'origine exogène, il s'agit alors d'un contact direct avec des troupeaux infectés ou d'un apport de l'environnement (eaux, personnel) (*BRISABOIS et al., 1997*). Parmi ces germes nous avons :

▪ Les salmonelles

Ces entérobactéries sont essentiellement présentes dans l'intestin de l'homme et des animaux. Elles ne font pas partie de la flore commensale du tube digestif de leurs hôtes, mais le portage asymptomatique reste fréquent et représente la plus grande voie de dissémination des bactéries dans l'environnement et dans les aliments (*GUY, 2006*). Dans le genre *Salmonella*, plus de 2000 sérotypes ont été décrits, tous présumés pathogènes pour l'homme. Elles survivent aux basses températures et donc résistent à la réfrigération et à la congélation. En revanche, elles sont détruites par la pasteurisation (72 °C pendant 15 s). Elles sont capables de se multiplier dans une plage de pH de 5 à 9, mais sont sensibles à la fermentation lactique, lorsque celle-ci entraîne des concentrations en acide lactique supérieures à 1 % et un pH inférieur à 4,55 (*JAY, 2000 ; GUY, 2006*).

▪ Les staphylocoques

Le genre *Staphylococcus* appartient à la famille des *Staphylococaccae*. Ce sont des coques à Gram positif, non sporulés et immobiles. Parmi les staphylocoques coagulase positive, seules les souches productrices d'entérotoxine sont impliquées dans une intoxication alimentaire (*LEYRAL et VIERLING, 2007*).

S. aureus est un germe mésophile dont la température optimale de croissance est comprise entre 30 et 37 °C, il est capable de se multiplier à des valeurs de pH comprises entre 4,2 et 9,3 avec un pH optimal de croissance de 7,0 à 7,5. Comme beaucoup d'espèces de staphylocoques, *S. aureus* est un germe halotolérant, qui peut se multiplier en présence de concentrations élevées de chlorure de sodium (en général jusqu'à 10 %) (*CUQ, 2007*).

1.6. Facteurs influençant la composition du lait

1.6.1. Les facteurs intrinsèques

Les facteurs intrinsèques sont liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc.).

1.6.1.1. Les facteurs génétiques

Il existe des variations importantes de la composition du lait entre les différentes races laitières et entre les individus d'une même race. D'une manière générale, on remarque que les fortes productrices donnent un lait plus pauvre en matières azotées et en matière grasse. Ces dernières sont les plus instables par rapport au lactose (**VEISSEYRE, 1979**).

JAKOB et HÄNNI (2004), évoquent l'existence de variante génétiques A et B issus des mutations ponctuelles. Ces derniers donnent des protéines différentes qui ne se distinguent que par l'échange d'un ou deux acides aminés. Les variantes génétiques des protéines du lait, notamment ceux de la caséine κ (κ -Cn) et de la β -lactoglobuline (β -Lg), influencent la composition du lait et certains critères de productivité des vaches.

1.6.1.2. Le stade de lactation

L'évolution des principaux composants du lait est inversée par rapport à l'évolution de la quantité produite durant toute la période de lactation. Les teneurs en matière grasse et protéines sont maximales au cours des premiers jours de lactation, minimales durant le deuxième et le troisième mois de lactation et s'accroissent ensuite jusqu'à la fin de lactation avec une diminution de la production laitière (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

1.6.1.3. Etat sanitaire

Une infection de la mamelle ou de l'organisme de l'animale se traduit par une baisse de la production laitière et une modification de la composition du lait. La sécrétion des constituants, synthétisés spécifiquement par la mamelle, diminue de même que leur teneur dans le lait. Les constituants prélevés dans le sang voient leur teneur augmenter: chlorures, globulines, sérum-albumine, protéoses-peptones. Le taux butyreux ne varie pas de façon systématique (**DECAEN, 1969**).

1.6.2. Les facteurs extrinsèques

L'alimentation, logement, traite et climat sont les principaux facteurs du milieu agissant sur la production et la composition du lait. Ces facteurs ne sont d'ailleurs pas indépendants l'un de l'autre.

1.6.2.1. L'alimentation

La production et la composition du lait sont directement influencées par la quantité et la qualité de l'alimentation (**MEYER et DENIS, 1999**). Une sous-alimentation, entraîne une

diminution de la production laitière, du taux protéique et une augmentation du taux butyreux (*BAMOUH, 2006*). Au contraire une suralimentation peut induire à un excès d'engraissement de l'animale. En effet, les vaches trop grasses sont plus sujettes à différentes infections bactériennes notamment les mammites. Ces dernières ont un effet néfaste sur la production ainsi que sur la qualité du lait (*BETH, 1996*).

1.6.2.2. La traite

La traite doit respecter la physiologie de l'éjection du lait résultant d'un réflexe Neuro-hormonal. Les facteurs inhibant l'éjection du lait (stress, douleur, émotion) réduisent considérablement la quantité de lait. Le nombre de traite par jour a également une incidence sur la quantité de lait produite. En effet on note une augmentation de 40 % si l'on passe de deux à trois Traites par jour (*VAITCHAFA, 1996*).

1.6.2.3. La saison et le climat

La quantité de lait produite et sa composition restent constantes dans un intervalle de température comprise entre 5 et 27 °C. Cependant cette production diminue si la température augmente ou inversement.

Le taux butyreux est plus faible en fin du printemps. Il atteint des valeurs maximales à la fin de l'automne. La teneur en protéines passe par deux minimums: un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par deux maximums à la mise à l'herbe et l'autre à la fin de la période de pâturage (*GOURSAUD, 1985 ; DEBRY, 2001*).

1.6.2.4. Le logement des animaux

Le taux de microbes est plus facilement maîtrisé lorsque les animaux disposent d'une litière. Ceci améliore la santé des animaux mais aussi la qualité du lait. En effet, les principaux agents d'altération de la qualité du lait sont issus de l'environnement (logement, animaux et matériels souillés) (*MALLEREAU et PORCHER, 1992*).

Chapitre 2

Le yaourt

2.1. Définition

Selon le Codex Alimentaires (norme N°A-11, 1975) « le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par la fermentation lactique grâce à *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à partir du lait frais, ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition (poudre de lait ...). Les microorganismes doivent être viables et abondants », qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouvent vivantes dans le produit mis en vente.

Bien plus tard, l'arrêté du 29 juin 1978 (J.O. du 22 juillet 1978) stipule "Le yaourt doit contenir au moins 10^8 bactéries lactiques thermophiles spécifiques, vivantes, par gramme. Le contrôle doit être effectué dans un délai de 4 jours au maximum après la fabrication.

2.2. Origine de yaourt

Originaire d'Asie le mot yaourt «yoghourt ou yogourt» vient de «yoghurmark» mot turc signifiant «épaissir» (*TAMIME et DEETH, 1980*). METCHNIKOFF (1845-1916) isole ensuite les bactéries spécifiques de yaourt «le bacille bulgare», analyse l'action acidifiante du lait caillé et suggère une méthode de production sûre et régulière (*ROUSSEAU, 2005*).

Traditionnellement, c'est le yaourt dit «nature» et ferme qui constituait l'essentiel de la production de lait fermentés. Dans les années 1960-1970, sont apparus les produits sucrés puis aromatisés et aux fruits. Actuellement, ils sont majoritaires sur le marché. L'apparition du yaourt brassé a constitué une autre étape importante de la commercialisation des laits fermentés. En outre le développement commercial des produits probiotiques est important et correspond à une demande du consommateur (*BRULE, 2003*).

2.3. Matières utilisées pour la production de yaourt

2.3.1. Lait

Le lait est un produit de forte valeur nutritionnelle. C'est l'un des rares aliments contenant une teneur équilibrée en nutriment de base (glucides, lipides et protéines).

2.3.2. Bactéries lactiques

➤ *Streptococcus thermophilus*

St. Thermophilus est un Cocci gram positive, anaérobie facultatif, non mobile on le trouve dans les laits fermentés et les fromages (*DELLZGLIO et al., 1993 ; ROUSSEL et al., 1994*). C'est une bactérie thermorésistante, sensible au bleu de méthylène (0,1 %) et antibiotique. Elle est aussi résistante au chauffage à 60 °C pendant 30 minutes (*DELLAGLIO et al., 1994*). Elle est isolée exclusivement de lait et des produits laitiers sous forme de coques disposées en chaînes de longueurs variable ou par paires. Sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50 °C. Son métabolisme est du type homofermentaire (*LAMOUREUX, 2000*).

Le rôle principal de *St. Thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture dans le lait fermenté. Elle augmente la viscosité de lait par production de polysaccharide (composée de galactose, glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnose, arabinose et de mannose (**BERGAMAIER, 2002**)).

➤ *Lactobacillus bulgaricus*

Lb. Bulgaricus est un bacille gram positive, immobile, asporulé, micro-aérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chainettes. Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principale produit finale à partir d'hexoses de sucres. Il est incapable de fermenter les pentoses.

Lb. Bulgaricus est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et en magnésium et sa température optimale de croissance est d'environ 42 °C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques de yaourt (**MARTY-TEYSSET et al., 2000**) (Tableau 6).

Tableau 6 : Composition recommandée et optionnelle des ferments du yaourt (**HUI, 1992**)

Composition standard recommandée par la FDA	Ferments additionnels du yaourt
<i>Streptococcus salivarius</i> ssp. <i>thermophilus</i> (St.)	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
<i>Lactobacillus delbruckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> (Lb.)	<i>Lactobacillus casei</i>
	<i>Lactobacillus helveticus</i>
	<i>Lactobacillus jugurti</i>
	<i>Lactobacillus lactis</i>
	<i>Bifidobacterium longum</i>
	<i>Bifidobacterium bifidum</i>
	<i>Bifidobacterium infantis</i>

2.4. Fabrication du yaourt

La fabrication du yaourt repose sur (Figure 1) :

- l'action de bactéries lactiques
- les composants du lait qui conduit à l'obtention d'un coagulum
- la consistance plus ou moins ferme.

2.4.1. Réception du lait

Il est généralement reconnu qu'on ne peut faire un produit de qualité avec une matière première de mauvaise qualité. Dans cet esprit, il est primordial de mettre en place dès la réception du lait ou toutes autres matières premières, des méthodes et des procédures rapides et simple permettant de détecter les anomalies et les pertes possibles de contrôle.

2.4.2. Standardisation du mélange

Pour bien assimiler l'importance de la standardisation ou de l'enrichissement du lait sur la qualité finale du yaourt, il est nécessaire de donner le rôle de chaque composante du lait, le gras à un effet sur l'onctuosité et la sensation de douceur à la bouche.

Le lactose est la matière première utilisée pour l'acidification et a un faible pouvoir sucrant, soit quatre fois plus faible que celui de sucre.

Les protéines, de par leur coagulation et leur capacité de liaison avec l'eau, agissent sur la texture, particulièrement sur la viscosité, la consistance, l'élasticité et la fermeté.

Les minéraux, comme des boulons travaillent à la stabilisation de gel (*VIGNOLA, 2002*).

2.4.3. Homogénéisation

Elle a principalement des effets sur deux composantes du lait, soit la matière grasse et les protéines. Le tableau 7 donne les causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et les incidences sur la qualité du yaourt.

Tableau 7 : Causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et les incidences sur la qualité du yaourt (*FARKEY et IMAFIDON, 1995*).

Causes	Incidences sur la qualité du yaourt
Pression Trop faible	<ul style="list-style-type: none"> • Séparation du gras, obtention de deux phases (présence d'une surface très crémeuse). • Présence d'un goût d'eau dans le produit non uniformité de la couleur • Produit plus liquide, donc une consistance et une viscosité moindres. • Synérèse pression trop forte
Pression Trop forte	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution dans l'onctuosité. • Viscosité et consistance inappropriées en raison d'un bris des protéines, • produit plus liquide. • Présence de mousse ou de bulles à la surface.

2.4.4. Traitement thermique

Le lait enrichi, éventuellement sucré, subit un traitement thermique, le barème de traitement thermique le plus couramment utilisé est de 90-95 °C pendant 3 à 5 minutes ce traitement a de multiples effets sur la flore microbienne ainsi que sur les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du lait (*LAMOUREUX, 2000*).

Tout d'abord, il crée des conditions favorables au développement des bactéries lactiques, il détruit les germes pathogènes et indésirable set inactive des inhibiteurs de croissance tels que les lactopéroxydases (*FARKEY et IMAFIDON, 1995*).

Le traitement thermique a également un effet sur la conformation tridimensionnelle des protéines, induisant la modification de leurs propriétés fonctionnelles, il dénature la majorité des protéines du lactosérum (85 %) qui se fixent ainsi sur les molécules de caséines.

Enfin, il modifie les équilibres salins, en entraînant une augmentation de la taille des micelles de caséines, de leur stabilité et de la qualité d'eau liée (*MAHAUT et al., 2000*).

Au niveau rhéologique, ces modifications se traduisent par une amélioration après fermentation de la fermeté des gels (*MOTTAR, 1989*). De plus, le traitement thermique entraîne une production plus importante d'acétaldéhyde, le composé responsable de l'arôme « yaourt » (*SINGH, 1983*).

2.4.5. Fermentation lactique

Le lait enrichi et traité chimiquement, est refroidi à la température de fermentation, 40-45 °C. cette température correspond à l'optimum de développement symbiotique des bactéries lactiques (*LOONES, 1994*).

L'ensemencement direct à partir de bactérie lactiques concentrées congelées se fait à des taux de l'ordre de 0,03 %. Les deux espèces *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* vivent en symbiose et en synergie. Lors de leur croissance, elles dégradent le lactose en acide lactique, entraînant une baisse de pH et la gélification du milieu avec des modifications structurales irréversibles.

Lorsque le pH atteint une valeur comprise entre 4,7 et 4,3 un refroidissement en deux temps (rapide jusqu'à 25 °C, puis plus lent jusqu'à 5 °C) est appliqué afin de stopper la fermentation, en effet, l'activité des bactéries lactiques est limitée pour des températures inférieures à 10 °C (*TAMIME et al., 1999*).

2.4.6. Conditionnement et stockage

Les yaourts, conditionnés dans les pots en verre ou en plastique, sont stockés et chambres froides à 4 °C en passant au préalable dans des tunnels de refroidissement. A ce stade, ils sont prêts à être consommés, La durée limite de leur consommation est de 28 jours.

Pendant le stockage. Les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite, cette évolution est appelée post-acidification, se traduit par une légère baisse de pH ; surtout pendant les 2 premiers jours de stockage (*LAMOUREUX, 2000*).

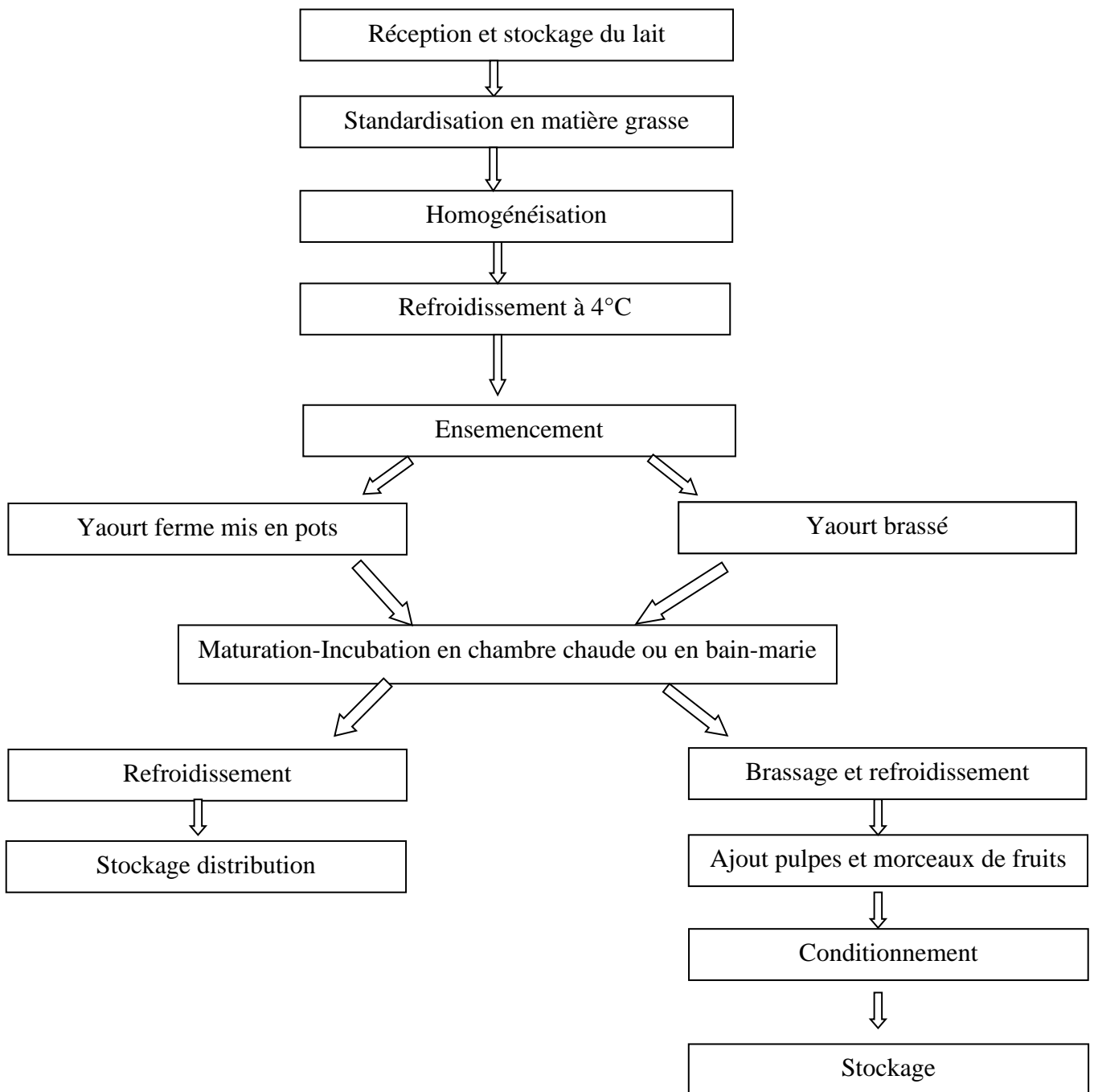


Figure1: Diagramme simplifié de la production du yaourt (*YILDIZ, 2010*)

2.5. Classification du yaourt

Différentes sortes de yaourt sont trouvés sur le marché selon leurs teneurs en matière grasse, leur goût ou leur texture (*FREDOT, 2005*). Selon la teneur en matière grasse on distingue :

- les yaourts maigres (moins de 1% de matière grasse) ;
- les yaourts nature (1% de matière grasse) ;
- les yaourts au lait entier (3,5% de matière grasse) ;

Selon leur goût il existe :

- les yaourts nature (sans addition) ;
- les yaourts sucrés ;
- les yaourts aux fruits, au miel, à la confiture (moins de 30% d'éléments ajoutés) ;
- les yaourts aromatisés (aux arômes naturels ou de synthèse autorisés par la législation) ;

Selon la texture on note :

- les yaourts fermes (coagulés en pot) ;
- les yaourts brassés (coagulés en cuve et brassés pendant la mise en pot) ;
- les yaourts « à boire » (texture liquide).

2.6. Caractéristiques nutritionnelles du yaourt

En plus de l'appréciation pour son goût et sa texture, le yaourt est aussi apprécié pour sa valeur nutritionnelle remarquable (Tableau 8).

Le yaourt est un produit vivant. Les bactéries lactiques spécifiques restent vivantes dans le tube digestif et transforment les constituants du lait fermenté en améliorant leur digestivité. En effet, les laits fermentés et le yaourt ont une digestion plus aisée que le lait. Le sucre du lait (le lactose), pour être digéré a besoin d'une enzyme particulière qui est la lactase. Dans les produits laitiers fermentés, ce sucre est décomposé par les microorganismes lors de la fermentation (*CIDIL et INRA, 2009*).

Des travaux anciens montrent l'intérêt de l'utilisation du yaourt dans le traitement des diarrhées de l'enfant.

L'efficacité du yaourt est importante pour le traitement des infections digestives. Son effet curatif sur des infections digestives bactériennes a été démontré pour différents germes, chez l'animal comme chez l'être humain. L'administration de ferments (*Lactobacillus*) améliore très sensiblement l'état de patients souffrant d'infections récurrentes à *Clostridium* avec diarrhée sanglante rebelles aux traitements médicamenteux. La présence d'acide lactique explique en partie cette action inhibitrice sur le développement de certaines souches bactériennes, notamment pathogènes (*MALONGAM, 1985*).

Tableau 8 : Valeur nutritionnelle du lait et du yaourt (*DAVIS, 1975*).

	Lait	Yaourt nature	Yaourt maigre	Yaourt fruits
Calories/100 g	66	84	69	90
Matières sèches non grasses%	8,7	13,1	13,1	14,0
Protéines (%)	3,2	4,8	4,9	5,2
Riboflavine (mg/100 g)	0,15	0,22	0,12	0,22
Ca+ (mg/ 100 g)	120	180	181	192
P (mg/100 g)	95	142	143	153
K+ (mg/100 g)	160	240	242	254

Chapitre 3

Matériel et Méthodes

3.1. Plan général du travail

Ce travail vise la détermination des qualités physico-chimiques et microbiologiques et l'évaluation de l'aptitude de transformation du lait de vache et du lait de chèvre en yaourt. La figure 2 illustre le plan général de la partie expérimentale:

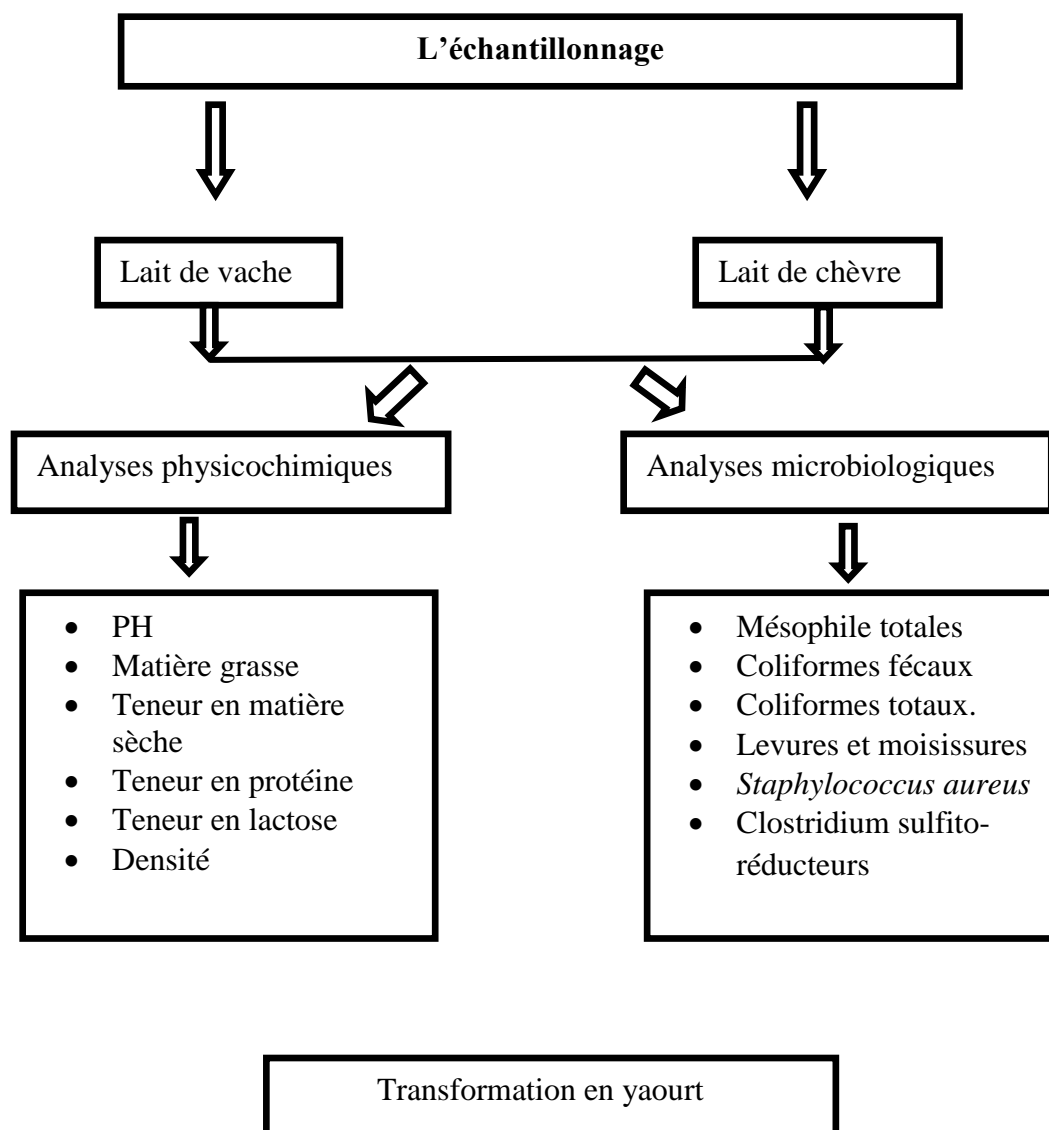


Figure 2 : Diagramme représentant le protocole expérimental

3.2. Echantillonnage du lait

L'échantillonnage du lait a été réalisé dans la Wilaya de M'sila. La Wilaya de M'sila, dans ses limites actuelles, occupe une position privilégiée dans la partie centrale de l'Algérie du nord. Dans son ensemble, elle fait partie de la région des hauts plateaux du centre et s'étend sur une superficie de 18.175 km². La population totale de la wilaya est estimée à **1 029 447** habitants (*RGPH, 2008*), soit une densité de **55** habitants par Km².

Elle est limitée:

- Au Nord-Est: les wilayat de Bordj Bou-Arredj et Sétif
- Au Nord-Ouest : les wilayat de Médéa et Bouira
- A l'est : la wilaya de Batna
- A l'ouest : la wilaya de Djelfa

Le nombre de têtes bovines dans la wilaya de M'sila est de 32600 têtes dont 210000 vaches laitières :

- ✓ Bovin laitières moderne (BLM) 11000 têtes.
- ✓ Bovin laitières améliorée (BLA) 8000 têtes.
- ✓ Bovin laitières locale (BLL) 2000 têtes.

Produisant au totale 68920000 litres du lait en 2016.

Le nombre de caprin est estimé à 140000 têtes dont 90000 chèvres. La production totale du lait de chèvres est de 6885000 litres (*DSA Msila, 2017*).

3.2.1. Lieux d'échantillonnage

Les échantillons du lait de vache et du lait de chèvre analysés proviennent de la région de Maadid, Ouled Adi l'guebala, Barhoum et centre de la Wilaya de M'sila. Huit fermes, réparties dans ces communes (Figure 3 et Tableau 9), ont été visitées pour l'inspection et l'échantillonnage du lait. Le tableau ci-après résume les sites de prélèvement, les informations sur les vaches laitières et la chèvre ainsi que les régimes alimentaires suivis.

Tableau 9 : Site de prélèvement du lait et caractéristiques des élevages.

Lait	Lait de vache	Lait de chèvre
Localisation	E1 : M'sila centre E2 : Maadid E3 : Barhoum E4 : Ouled adi Gbala	E1 : M'sila centre E2 : Maadid E3 : Barhoum E4 : Ouled adi Gbala
Race	E1 : Holchtain Montbéliard Simmental française Rouge anglaise Brune Jersiaises E2, 3 et 4 : race locale améliorée	Arbia
Age moyen	55 mois	30 mois
Alimentation	Son, paille, foin, avoine et Pâturage	Paille et pâturage

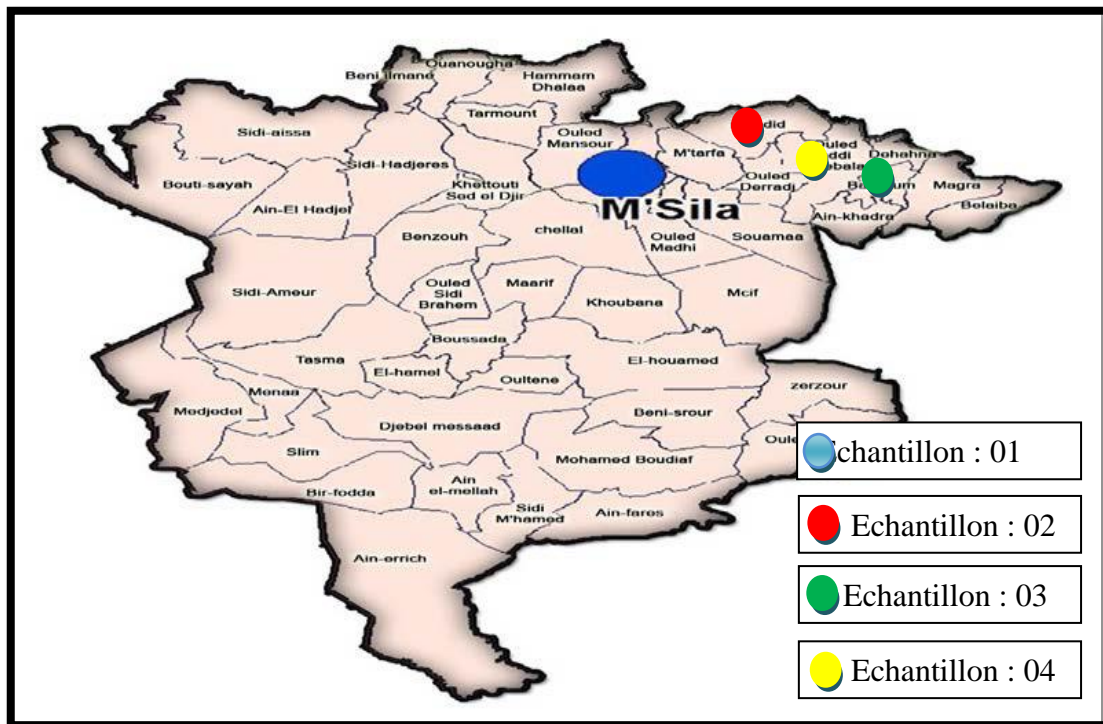


Figure 3 : Situation géographique des lieux d'échantillonnage

3.2.2. Caractéristiques des élevages

3.2.2.1. Caractéristiques des vaches laitières et leur conduite d'élevage

➤ Les races

Les principales races exploitées dans les élevages enquêtés étaient, le Holchtain, le Montbéliard, Simmental française, Rouge anglaise, Brune, Jersiaises.

Les races améliorées ou mixtes issues de multiples croisements, entre la race locale Brune de l'Atlas et ses variantes d'une part, et diverses races importées d'Europe,

L'âge moyen des vaches au premier vêlage était de 55 mois.

➤ Système d'élevage

Les élevages ont été classés en deux catégories : système intensif (fermes 1 et 4) et semi-intensifs (fermes 2 et 3).

➤ **Habitat**

Différents types d'habitat a été rencontrés dans les élevages. Pour les fermes 1 et 4 les éleveurs possèdent un habitat adéquat ou moderne, c'est-à-dire des bâtiments et des installations nécessaires à l'hébergement des animaux. Les fermes 2 et 3 sont des ferme simple les élevages avaient un parc avec une clôture faite en brique.

➤ **Alimentation**

La majeure partie de l'alimentation est le son, paille, foin, avoine et pâturage. Les éleveurs complètent la ration de base avec le complément minéralo-vitaminique (CMV) (fermes 1 et 4).

Pour les fermes 2 et 3 l'alimentation est basée sur l'exploitation du parcours naturel (pâturages sur jachère, des parcours et des résidus de récoltes). La conduite est de type sédentaire (pâturage naturel le matin et retour aux habitations le soir). Et comme compléments, du foin, de la paille et du concentré. La complémentation est distribuée uniquement le soir après la pâture.

➤ **L'abreuvement**

Les principales sources d'eau utilisées pour l'abreuvement des animaux sont les puits et l'eau de robinet.

➤ **Conduite sanitaire**

Il existe un bon programme de prophylaxie pour les élevages, et une couverture sanitaire puisque les éleveurs vaccinent régulièrement leurs animaux contre les différentes maladies qui touchent les vaches laitières.

➤ **La production laitière**

La production laitière dans les exploitations étudiées varie selon les races :

- ✓ Le Holchtain : 9000 l/an,
- ✓ Le Montbéliard : 7700 l/an
- ✓ Simmental française : 6400 l/an
- ✓ Rouge anglaise : 6600 l/an
- ✓ Brune : 7800 l/an
- ✓ Jersiaises : 5100 l/an
- ✓ Vache locale améliorée : 4400 l/an

3.2.2.2. Caractéristiques des chèvres et leur conduite d'élevage

➤ Les races

La race exploitée dans les élevages caprins est la race Arbia. Sa taille atteint 70 cm, sa tête est dépourvue de cornes et sa robe est polychrome du noir et du gris. L'âge moyen au premier vêlage était de 30 mois.

➤ Système d'élevage

Elevage extensif : Ce type d'élevage est familial, 4 à 10 chèvres par foyer exploitées pour la production laitière destinée à l'autoconsommation.

➤ Habitat

Les animaux sont parqués dans des espaces en plein air pour la nuit. Ces espaces sont entourés par des files de fer ou par des clôtures faites avec de la paille.

➤ Alimentation

La ration alimentaire est composée des aliments grossiers, Paille et pâturage.

➤ L'abreuvement

Les principales sources d'eau utilisées pour l'abreuvement des animaux sont les puits.

➤ La production laitière

La production laitière des chèvres varie selon l'alimentation et la saison soit en moyenne 600 l/an.

3.2.3. Prélèvement du lait

Le lait de vache a été collecté juste après la traite matinale à partir du lait de mélange. Alors que le lait de chèvre est issu de la traite de la chèvre. Le pis et plus particulièrement les trayons doivent être propres et secs avant le prélèvement d'échantillons. Commencer par tirer et éliminer quelques jets de lait afin de réduire le nombre de bactéries présentes dans le canal de chaque trayon.

L'échantillonnage a été effectué dans des flacons stériles et hermétiquement fermés qui sont acheminés au laboratoire dans une glacière pour éviter le virage du lait (acidification). Deux échantillons ont été prélevés pour les analyses, un pour les analyses physico-chimiques et l'autre pour les analyses microbiologiques.

Les échantillons du lait ont été acheminés directement au laboratoire. Le temps maximal entre le prélèvement et l'analyse de l'échantillon ne dépassait pas trois heures.

3.3. Analyses physico-chimiques

Les paramètres retenus pour les analyses physico-chimiques sont : pH, densité, extrait sec total. Ces paramètres sont les plus souvent recherchés dans ce type d'aliment.

3.3.1. Détermination du pH

Principe :

Ce test nous renseigne sur l'état de fraîcheur du lait. Il est réalisé par trempage de pH-mètre dans un bécher contenant quelques ml de lait.

Mode opératoire :

- Etalonner le pH mètre à l'aide des solutions tampon à pH= 7 (l'eau distillée).
- Introduire l'électrode dans le récipient contenant 10 ml de lait.
- Attendre la stabilisation du pH pour effectuer la lecture.

Expression des résultats :

La lecture des résultats se fait directement à partir de l'affichage sur le cadran du pH mètre.

3.3.2. Mesure de la teneur en matière sèche totale

Principe

La matière sèche du lait est le produit résultant de la dessiccation par évaporation d'une certaine quantité de lait (*AFNOR, 1985*).

Mode opératoire

- Sécher les creusets vides à l'étuve à 103 ± 1 °C pendant 30 min.
- Refroidir et peser les creusets vides.
- Dans les creusets séchés, introduire 5ml de lait à l'aide de la pipette et peser.
- Mettre ensuite les creusets dans l'étuve pendant 24h pour les sécher.
- Refroidir les creusets dans le dessiccateur (30 min) jusqu'à la température ambiante puis peser.

Expression des résultats

La matière sèche du lait exprimée en pourcentage de masse, est égale à :

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

Dont :

M1: Masse en grammes, de la capsule et du résidu après dessiccation et refroidissement.

M0: Masse en grammes, de la capsule vide.

M : Masse de la prise d'essai en grammes.

3.3.3. Détermination des cendres totales

La teneur en matière minérale est déterminée par la méthode de référence (NA 732/ 1990).

Principe

Incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante à une température de 550 ± 10 °C, jusqu'à combustion complète de la matière organique et obtention d'une masse constante.

Mode opératoire

- Placer les creusets contenus le résidu du lait obtenu lors de détermination de la matière sèche dans le four à 550 °C ;
- Poursuivre l'incinération jusqu'à combustion totale de la matière et obtention d'une coloration blanchâtre environ 5 h ;
- Refroidir les creusets dans le dessiccateur pendant une heure et les peser.

Expression des résultats

La teneur en cendres exprimée en pourcentage massique de l'échantillon rapportée à la matière telle qu'elle est donnée par la relation suivante :

$$TS \% = \frac{m2 - m0}{m1 - m0} \times 100$$

Où :

TS : taux des cendres (%).

m_0 : masse de creuset vide (g).

m_1 : masse de creuset et de la prise d'essai (g).

m_2 : masse de creuset et du résidu (g).

La teneur en matière minérale est exprimée en pourcentage massique rapportée à la matière sèche (MM% MS) est égale à :

$$TS/MS\% = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \times \frac{100}{100 - H}$$

Où :

TS/ MS: taux des cendres par rapport à la matière sèche

m_0 : masse de vase à tare vide (g).

m_1 : masse de vase à tare et de la prise d'essai (g).

m_2 : masse de vase à tare et du résidu (g).

H : la teneur, en pourcentage, en eau de la poudre végétale.

3.3.4. Dosage de la teneur en protéine

Le dosage des protéines a été fait par la méthode spectrophotométrique de LOWRY et al. (1951).

Préparation des réactifs

➤ solution alcaline A :

- soude 0,1 N (2g /500 ml).....500 ml

- carbonate de sodium Na_2CO_310 g

➤ solution cuivrique B :

- sulfate de cuivre (0,32 g/100ml).....2 ml

- tartrate de Na et K (1g/100 ml) 2ml

➤ solution C :

- solution A.....50 ml

- solution B1ml

Mode opératoire

- A 0,5 ml du lait à doser, convenablement dilué dans l'eau distillée, on ajoute 2,5 ml de la solution C.
- Après 10 minutes on ajoute 0,25 ml de Folin-Ciocalteu.
- Mélange le contenu du tube.
- Après 30 minutes d'incubation à l'obscurité, l'absorption à 750 nm est lue et la concentration en protéine estimée par rapport à une courbe d'étalonnage établie avec le sérum albumine de bœuf (BSA).

3.3.5. Mesure de la teneur en lactose

Principe

La méthode de **DUBOIS et al. (1952)** permet de doser le lactose en utilisant le phénol et l'acide sulfurique concentré, en présence de ces deux réactifs, les oses donnent une couleur jaunes-orange dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des glucides.

Préparation de la courbe d'étalonnage

- Dissoudre 100 mg de lactose dans 100 ml d'eau distillée ;
- Prendre de la solution précédente 4 ml et compléter à 50 ml ;
- A partir de la solution (4/50, v/v) de lactose, préparer une série de tubes à essai dont les concentrations sont de 8 à 48 µg/ml ;

☞ Dosage

- Diluer le lait convenablement dans de l'eau distillée ;
- Introduire 1 ml de lait dans un tube à essai ;
- Ajouter 1 ml de la solution de phénol à 5 % (m/v) et agiter soigneusement ;
- Verser en 5 secondes 5 ml de l'acide sulfurique dans chaque tube et agiter rapidement ;
- Laisser refroidir à la température de la salle pendant 30 minutes et à l'obscurité ;
- Lire l'absorbance à 490 nm contre un blanc et déterminer la teneur en lactose en se référant à la courbe d'étalonnage de lactose.

3.3.6. Dosage de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique)

Définition

La méthode acido-butyrométrique est une technique conventionnelle qui lorsqu'elle est appliquée à un lait entier de teneur en matière grasse moyenne et de masse volumique moyenne à 20 °C (27 °C dans les pays tropicaux) donne une teneur en matière grasse exprimée en grammes pour 100 g de lait ou 100 ml de lait (*AFNOR, 1985*).

Principe

Après dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique, séparation de la matière grasse du lait par centrifugation, dans un butyromètre. La séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool amylique. Obtention de la teneur en matière grasse (en grammes pour 100 g ou 100 ml de lait) par lecture directe sur l'échelle du butyromètre

Mode opératoire

a-Préparation du butyromètre à la prise d'essai

- A l'aide d'une pipette ou d'un système automatique, mesurer 10 ml d'acide sulfurique et les introduire dans le butyromètre,
- Retourner doucement trois ou quatre fois le récipient contenant l'échantillon préparé,
- Prélever immédiatement à la pipette 11 ml de lait et le verser dans le butyromètre sans mouiller le col de celui-ci de façon qu'il forme une couche au-dessus de l'acide,
- A l'aide d'une pipette ou d'un système automatique mesurer 1ml d'alcool iso-amylique et l'introduire dans le butyromètre sans mouiller le col du butyromètre ni mélanger les liquides,
- Bien boucher le butyromètre sans perturber son contenu.

b-Dissolution des protéines

- Agiter et retourner le butyromètre jusqu'à ce que son contenu soit complètement mélangé, et jusqu'à ce que les protéines soient entièrement dissoutes.

c-Centrifugation

- Placer immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse GERBER, amener la centrifugeuse à la vitesse requise (1200 tr/mn) en 2 minutes.

d- Lecture

- Placer le butyromètre dans un bain d'eau à $65\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ pendant 2 à 3 minutes,
- Enlever le butyromètre du bain d'eau, le bouchon étant toujours ajusté vers le bas, ajuster soigneusement le bouchon pour amener l'extrémité inférieure de la colonne grasse avec le minimum de mouvement de cette colonne devant le repère le plus proche,
- Noter le trait de repère correspondant à l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse puis en ayant soin de ne pas bouger celle-ci, aussi rapidement que possible noter le trait de repère au haut de la colonne de matière grasse coïncidant avec le point le plus bas du ménisque

3.3.7. Détermination de la densité**❖ Définition**

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20 °C et la masse du même volume d'eau (*POINTURIER, 2003*).

❖ Mode opératoire

- Verser le lait dans l'éprouvette tenue inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou de bulles d'air,
- Remplir l'éprouvette jusqu'à un niveau tel que le volume restant soit inférieur à celui de la carène de lactodensimètre (il est commode de repérer ce niveau par un trait de jauge sur l'éprouvette),
- L'introduction de lactodensimètre dans l'éprouvette pleine de lait provoque un débordement de liquide, ce débordement est nécessaire, il débarrasse la surface du lait des traces de mousse qui gêneraient la lecture,
- Placer l'éprouvette ainsi remplie en position verticale, il est recommandé de la plonger dans le bain à 20 °C lorsque la température du laboratoire n'est pas comprise entre 18 °C et 22 °C ,
- Plonger doucement le lactodensimètre dans le lait en le maintenant dans l'axe de l'éprouvette en le retournant dans sa descente jusqu'au voisinage de sa position d'équilibre,
- Attendre trente secondes à une minute avant d'effectuer la lecture de la graduation, cette lecture étant effectuée à la partie supérieure du ménisque, lire la température.

3.4. Analyses microbiologiques

3.4.1. Préparation des dilutions

Pour chaque prélèvement, 1 ml d'échantillon à analyser (le lait) a été ajoutés dans un tube à essai stériles contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, Mélanger soigneusement pendant quelques secondes au moyen d'un vortex. On obtient une dilution mère de 10^{-1} à partir de laquelle on réalise des dilutions décimales jusqu'à 10^{-5} .

3.4.2. Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAR)

Le dénombrement de ces bactéries a été effectué suivant des normes internationales quand disponibles. La flore mésophile aérobie totale (FMAT) a été dénombrée sur gélose PCA incubée à 30 °C pendant 48 à 72 h (*AFNOR, 2003*).

❖ Mode opératoire

Le dénombrement des FMAR a été réalisé en plaçant 1ml des dilutions : 10^{-2} , 10^{-3} et 10^{-4} au centre des boîtes de Pétri puis en coulant environ 15 ml de la gélose PCA.

Les boîtes de Pétri ont été mélangées soigneusement quelques minutes et laissées se solidifier sur la palliasse. La flore est dénombrée après 72 heures d'incubation à 30 °C (*GUIRAUD, 1998*).

❖ Lecture des résultats

Les boîtes contenant plus de 300 colonies et moins de 30 colonies sont écartées. Le calcul du nombre de microorganismes par millilitre du lait se fait selon la formule suivante :

$$N = \frac{\sum c}{1,1 \times d}$$

Où :

N : nombre d'UFC par ml de produit initial.

$\sum c$: est la somme des colonies comptées sur les deux boîtes retenues

d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution.

3.4.3. Dénombrement des coliformes totaux

Le dénombrement des coliformes peut se faire sur milieu gélosée Désoxycholate avec un ensemencement en masse de 1 ml de chaque dilution : 10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3} . Les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures (*GUIRAUD, 1998*).

3.4.4. Dénombrement des coliformes fécaux

❖ Mode opératoire

Pour le dénombrement des coliformes fécaux, l'ensemencement a été réalisé de la même méthode des coliformes totaux sur la gélose Désoxycholate. Les boîtes ont été incubées 24 heures à 44 °C.

❖ Lecture des résultats

Les coliformes poussent sous forme de colonies rouges.

3.4.5. La recherche des clostridies

❖ Mode opératoire

Pour les spores de clostridium sulfite-réducteurs (CSR), 1 ml de lait placé dans des tubes à essai stérile été préalablement chauffé 10 minutes à 80 °C puis refroidi rapidement dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.

Une ampoule d'Alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium ont été ajoutées à un flacon de gélose Viande et Foie juste avant utilisation. Environ 7 ml de gélose Viande et Foie prête à l'emploi ont été ajoutés dans chaque tube à essai contenu le lait préalablement chauffé. Après agitation, les tubes ont été incubés pendant 24 heures à 37 °C.

❖ Lecture des résultats

Seules les colonies caractéristiques entourées d'un halo noir ont été comptées (*GUIRAUD, 1998*).

3.4.6. Dénombrement des staphylocoques

❖ Mode opératoire

Le dénombrement se fait dans un milieu de Baird Parker qui permet une orientation pour l'identification de l'espèce *Staphylococcus aureus*. Le milieu de culture est coulé dans les boîtes de pétri et laissé se solidifier. 0,1 ml des dilutions 10^{-3} , 10^{-2} et 10^{-1} a été ensemencé à la surface de gélose. L'incubation est réalisée à l'étuve à 37 °C pendant 48 h.

❖ Lecture des résultats

Les colonies de *Staphylocoques aureus* apparaissent, noires, brillantes, convexes et entourées d'un halo clair d'environ 2 à 5 mm de diamètre (**MANNER, 2001**).

3.4.7. Dénombrement des levures et moisissures

❖ Mode opératoire

Le dénombrement des levures et moisissures est réalisé par ensemencement de 0,1 ml des dilutions 10^{-3} , 10^{-2} et 10^{-1} à la surface de milieu de culture OGA. L'incubation est réalisée à 25 °C pendant 5 jours.

❖ Lecture des résultats

Compter les colonies sur les boîtes comportant de 10 à 100 colonies

3.5. Aptitude de transformation (yaourt)

3.5.1 Préparation des yaourts

La préparation des yaourts est réalisée à l'échelle de laboratoire en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt ferme (Tableau 10) (Figure 4)

Tableau 10 : Recette d'un yaourt nature ferme pour 100g

Recette	lait (ml)	Sucre (g)	Figues (g)	Ferment lactique%
Yaourt nature à base du lait de vache	100	0	0	0,03
Yaourt nature à base du lait de chèvre	100	0	0	0,03
Yaourt à base du lait de vache aux figues	100	0	9	0,03
Yaourt à base du lait de chèvre aux figues	100	0	9	0,03

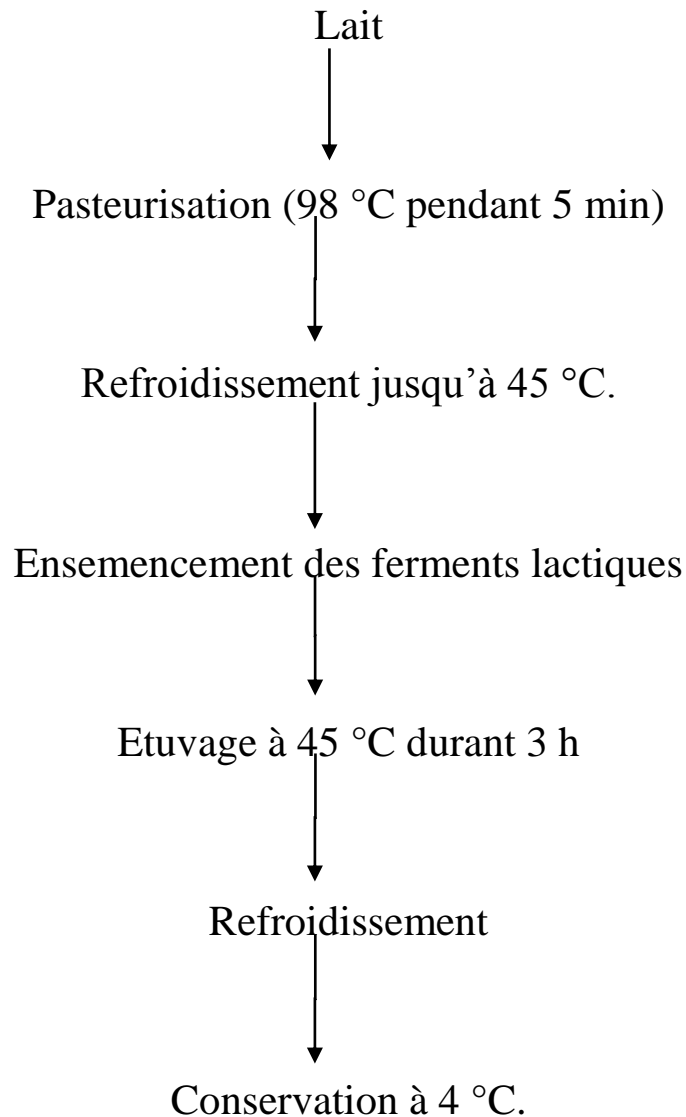


Figure 4 : Diagramme de fabrication du yaourt (*AMELLAL, 2008*).

3.5.2. Analyses physico-chimiques des yaourts

Même protocoles utilisés pour les analyses physico-chimiques du lait sont adoptés pour déterminé : l'extrait sec totale, le PH, l'acidité titrable, la teneur en matière grasse.

3.5.3 Test de synérèse

Les échantillons de yaourt préparés ont été placés dans des béchers de 100 ml à 4 °C et le volume de lactosérum exsudé à la surface est mesuré après 15 jours (*AMELLAL, 2008*).

3.5.4. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont pour but d'assuré que le yaourt préparé présente une qualité hygiénique supérieure, le tableau 11 résume l'ensemble de germes recherchée et dénombrées (*GUIRAUD, 1998*).

3.5.4.1. Préparation des dilutions

Dans le cas des produits solides, introduire aseptiquement 25 grammes de produit à analyser dans un flacon stérile contenant au préalable 225 ml de diluant TSE, homogénéiser pendant 6 à 8 minutes selon la texture de produit. Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution 1/10 ou 10^{-1} .

- ✓ Introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile, 1 ml de la DM, dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml de diluant TSE : cette dilution constitue alors la dilution au 1/100 ou 10^{-2} , mélanger soigneusement.
- ✓ Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette graduée et stérile 1 ml de la dilution 10^{-2} , à introduire dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml du même diluant (TSE) : cette dilution est alors au 1/1000 ou 10^{-3} , mélanger soigneusement.

Tableau 11 : Analyses microbiologiques du yaourt

Germe recherché	Milieux utilisés	T° d'incubation	Durée d'incubation
Coliformes totaux	Desoxycholate	37 °C	24 h à 48 h
Coliformes fécaux	Desoxycholate	44 °C	24 h
Levures et moisissures	OGA	25°C	5 jours
Germes totaux	PCA	30 °C	3 jours
La flore lactique :			
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	MRS	37°C	72 h
<i>Streptococcus thermophilus</i>	M 17		24 h

3.5.5. Dénombrement des bactéries lactiques

- Prendre deux boîtes de pétri par dilutions (seulement pour 10^{-4} et 10^{-5}).
- Transférer dans chacune de ces boîtes, à l'aide d'une pipette stérile 1 ml de deux derniers dilutions appropriées dans les boîtes de pétri.
- Couler chaque boîte 12 – 15 ml de MRS fondu et maintenu à 45 °C.
- Mélanger soigneusement l'inoculum avec le milieu par rotation des boîtes.
- Laisser le mélange solidifier en laissant les boîtes sur une surface fraîche et horizontale.

➤ Incuber pendant trois jours à 37 °C les boîtesensemencées dans une jarre pour la culture en anaérobie. Dans ces conditions, *Lactobacillus bulgaricus* forme des colonies lenticulaires souvent en forme d'étoile de 1 à 3 mm de diamètre.

Chapitre 4

Résultats et discussion

4.1. Analyses physico-chimiques du lait

La qualité physico-chimique globale du lait de vache et du lait de chèvre issus de huit fermes dans la wilaya de Msila a été évaluée. Les résultats obtenus sont regroupés dans les figures et les tableaux ci-après.

4.1.1. Taux de matière sèche

Le lait est une émulsion constituée majoritairement d'eau. Les teneurs en matière sèche du lait de vache (Figure 5, a) montrent que l'échantillon 4 suivi par l'échantillon 1 enregistrent les teneurs en matière sèche les plus élevées soit en moyenne respectivement 12,84 et 12,13 %. En revanche, l'échantillon 2 contient la teneur en matière sèche la plus faible 9,53 %.

En comparaison avec l'intervalle de taux de matière sèche standard dans le lait de vache (11 à 12,5 %) (*JORA, 1993*), on constate qu'à l'exception de l'échantillon 2 les autres échantillons du lait sont en concordance avec les valeurs standards de matière sèche.

L'échantillon du lait de vache numéro 2 est issu d'un élevage traditionnel exploitant les races locales améliorées dont l'alimentation est basée sur le fourrage au printemps et sur la paille et le son en été. Les autres élevages exploitent les races Holstein, Montbéliard, Simmental française, Rouge anglaise, Brun et Jersiaises, et distribuent une alimentation constituée de Son, paille, foin, avoine et pâturage. La teneur basse de la matière sèche dans l'échantillon 2 est dû probablement à la qualité et à la quantité d'aliment distribué, à la race bovine exploitée ou à un mouillage du lait.

Les taux de matière sèche de nos échantillons du lait de vache (1, 3 et 4) sont supérieurs à celui (9,5 %) évoqué par *ALAIS (1984)*. En revanche, nos résultats sont inférieurs à celui de *ROY (1951)* et *DEBRY (2001)* qui ont cité un taux moyen de matière sèche de 13 %.

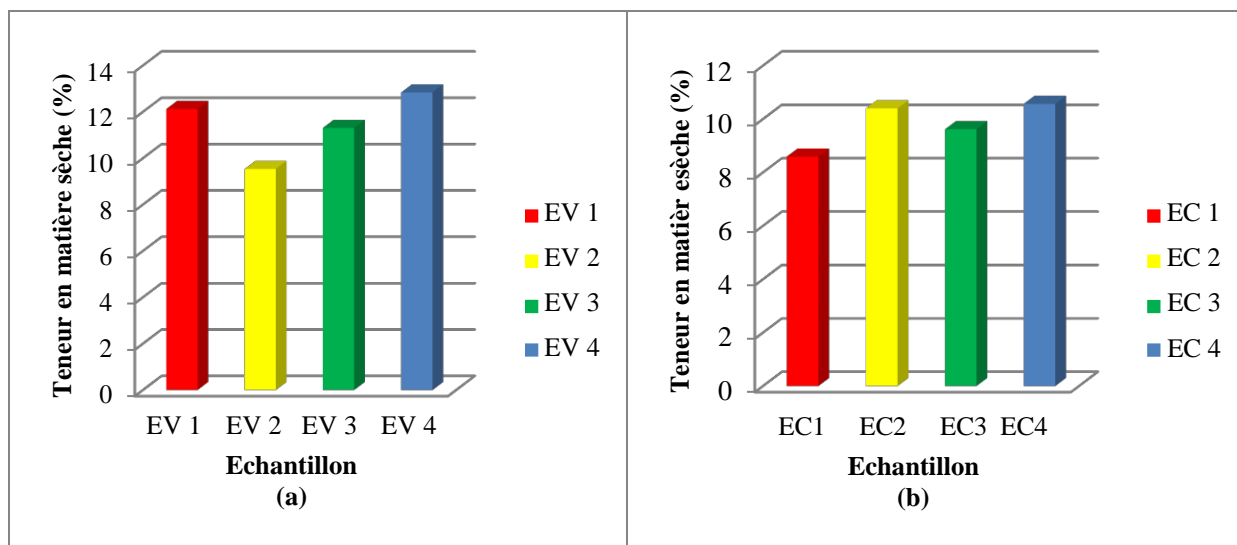


Figure 5 : Teneur en matière sèche dans : (a) lait de vache, (b) lait de chèvre

EV : échantillon du lait de vache, EC : échantillon du lait de chèvre

De la figure 5, (b) représentant les taux de matière sèche dans le lait de chèvre, il apparaît que les échantillons 4 et 2 sont les plus riches en matière sèche à savoir 10,4 et 10,6 %. Les teneurs en matière sèche enregistrées dans notre travail sont nettement inférieures à celui (13 %) évoqué par *ALAIS (1984)*.

En comparant nos résultats de matière sèche du lait de vache et du lait de chèvre, il apparaît que le lait de vache est plus riche en matière sèche que le lait de chèvre soit en moyenne 11,54 et 9,79 % respectivement. L'alimentation possède un effet direct sur le taux de matière sèche de lait, l'élevage des vaches laitières distribue une alimentation basée sur les concentrés et les compléments alimentaire tandis que l'élevage caprin base majoritaires sur le fourrage et les résidus des récoltes.

Selon *VIGNOLA (2002)*, les principaux facteurs de variation sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). *ALAIS (1984)*, évoque que la teneur en extrait sec du lait se diffère selon l'espèce. La cause de cette différence est essentiellement due à la teneur en matière grasse.

4.1.2. Teneur en cendres totales

D'après les résultats du tableau 12, représentant les teneurs de deux types du lait analysés en cendres totales, on constate que l'échantillon 3 pour le lait de vache et l'échantillon 2 pour le lait de chèvre sont les plus riches matières minérales ($0,925 \pm 0,005$ et $0,842 \pm 0,006$ en moyenne respectivement).

Les teneurs moyennes en cendres totales du lait de vache et du lait de chèvre pour les quatre fermes dans chaque type du lait sont très proches à savoir 0,716 et 0,713 % respectivement.

Tableau 12 : Teneur en cendres totales du lait de vache et du lait de chèvre

Type du lait	Echantillon	Cendre totale	MOY	ECT
Lait de vache	EV1	$0,639 \pm 0,067$	0,717	0,118
	EV2	$0,744 \pm 0,224$		
	EV3	$0,925 \pm 0,005$		
	EV4	$0,558 \pm 0,042$		
Lait de chèvre	EC1	$0,607 \pm 0,099$	0,584	0,069
	EC2	$0,842 \pm 0,006$		
	EC3	$0,68 \pm 0,039$		
	EC4	$0,722 \pm 0,009$		

Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions \pm SEM.

La composition minérale est variable selon les espèces, les races, le moment de lactation et les facteurs zootechniques et l'état sanitaire de l'animal (**REMEUF, 1994**).

D'après **YAGIL (1985)**, le taux de sels minéraux du lait varie dans une large gamme de mesure, selon l'apport alimentaire, il est plus faible dans le lait d'animaux déshydratés.

Le lait de chèvre est légèrement riche en potassium, calcium, magnésium, chlore et fer que le lait vache (**ROBERT et al., 2002**).

4.1.3. Le pH

La figure 6, (a) représentant le pH du lait de vache révèle que les valeurs du pH balancent entre 5,4 et 6,5. A l'exception de l'échantillon 4, les valeurs du pH des autres échantillons du lait se situent dans l'intervalle (6,5 à 6,6) cité par *VEISSEYRE (1979)*.

Les valeurs du pH de quatre échantillons du lait de chèvre représentées par la figure 6, (b) sont assez proche (6,5 à 6,6) ce qui est en concordance avec la littérature.

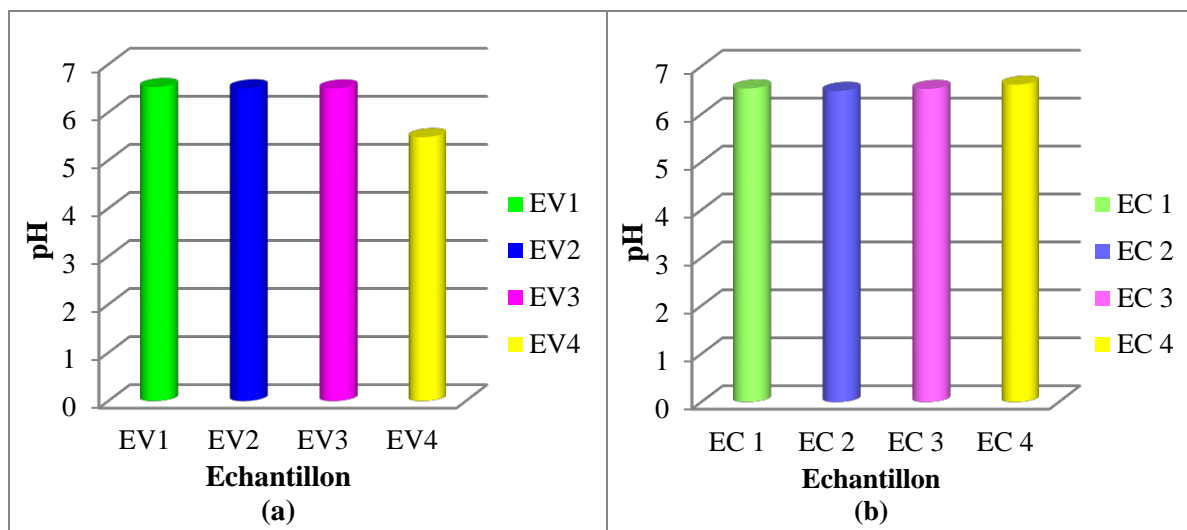


Figure 6 : pH des échantillons du : (a) lait de vache, (b) lait de chèvre

A l'exception de l'échantillon 4 du lait de vache, les valeurs moyennes du pH du lait de vache et du lait de chèvre de différentes fermes sont similaires.

D'après *LABIOUI (2009)*, le pH et l'acidité dépendent de la teneur en caséine, en sels minéraux et on ions, mais aussi des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et de son activité métabolique.

La valeur faible du pH de l'échantillon 4, peut être expliquée par les variabilités liées au climat, au stade de lactation, à la disponibilité alimentaire, à l'apport hydrique.

4.1.4. La densité

Les valeurs de la densité des quatre échantillons du lait de vaches sont très proches balançant entre 1027 pour l'échantillon 4 et 1030 pour les autres échantillons (Figure 7, a).

D'une manière générale, la densité moyenne enregistrée dans les échantillons du lait de vache étudiés répond aux normes (1030-1034) citées par *JORA (1993)*.

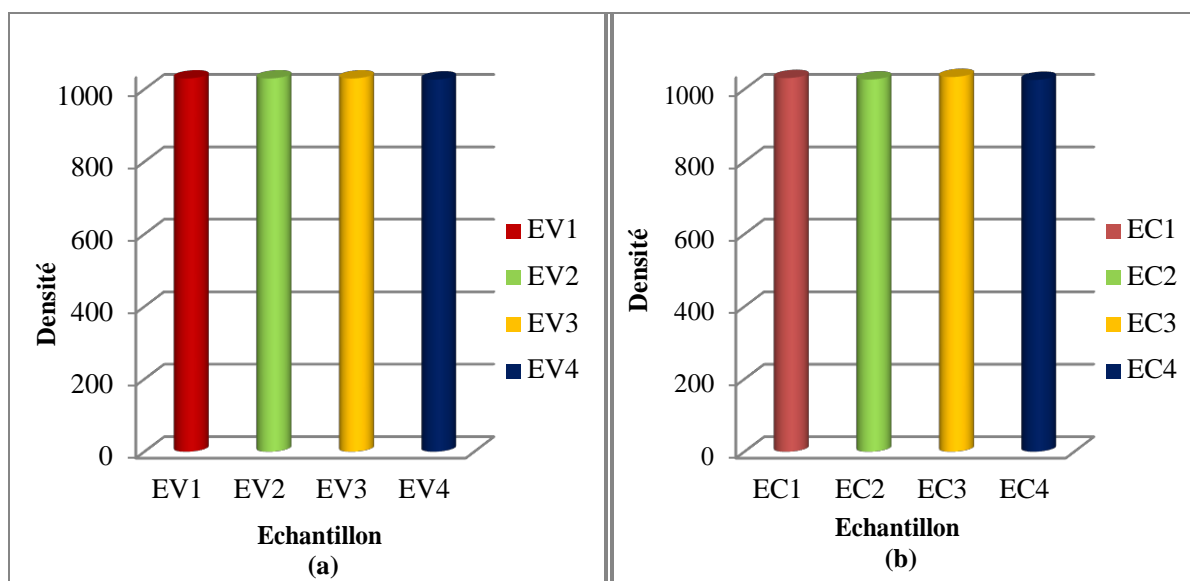


Figure 7 : Densité du : (a) lait de vache, (b) lait de chèvre

La figure 7, (b) montre que les valeurs de la densité du lait de chèvre varient entre 1026 et 1034. Les échantillons 1 et 3 enregistrent les valeurs maximales (1031 et 1034) alors que les échantillons 2 et 4 donnent les valeurs minimales (1026 et 1027).

En comparant nos résultats de densité du lait de vache et du lait de chèvre, il apparaît que les densités du lait de vache et du lait de chèvre est presque égal soit en moyenne (1029.25 et 1029.5).

La densité dépend de la teneur en matière sèche, en matière grasse, de l'augmentation de la température et des disponibilités alimentaires (*AGGAD et al., 2009*).

D'après *VIGNOLA (2002)*, la densité du lait augmente avec l'écémage, et diminue avec le mouillage.

4.1.5. La matière grasse

De la figure 8, (a) représentant les teneurs en matière grasse enregistrées dans les quatre échantillons du lait de vache, c'est au niveau des échantillons 1, 2, et 3 qu'on trouve les meilleures teneurs en matière grasse (33 g/l pour l'échantillon 1 et 2 et 30 g/l pour l'échantillon 3. Par contre, l'échantillon 4 donne une teneur très faible en matière grasse soit 22 g/l.

La teneur du lait de vache en matière grasse varie de 35 à 45 g/l (*ALAIS, 1984*). Les quatre échantillons du lait ont affiché des taux butyreux inférieurs aux teneurs citées par la littérature.

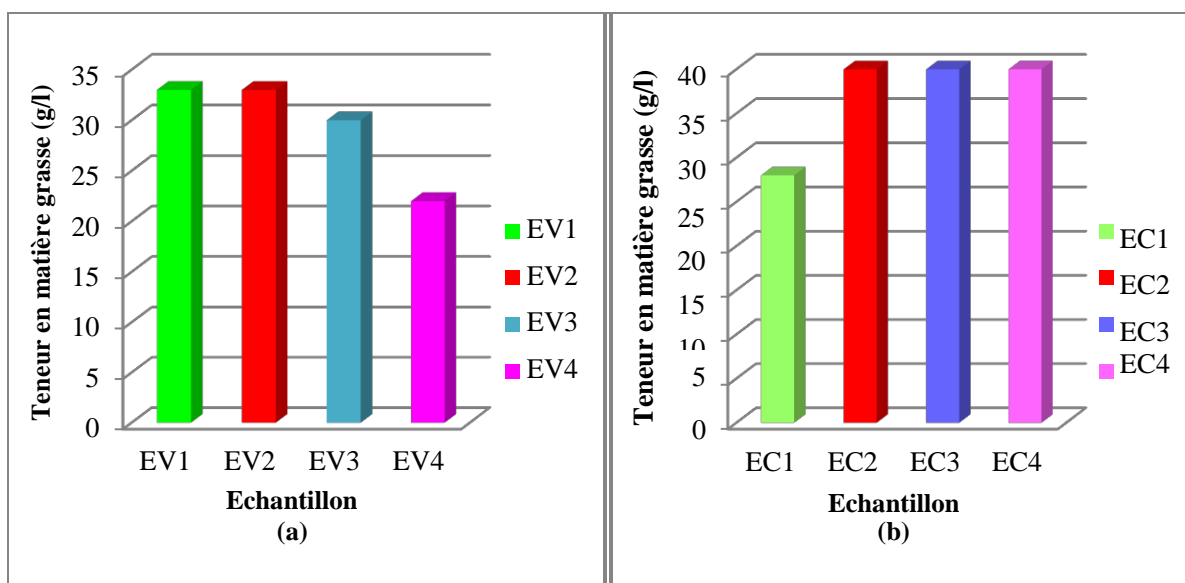


Figure 8 : Teneur en matière grasse (g/l) dans : (a) lait de vache, (b) lait de chèvre

Les échantillons 2, 3 et 4 du lait de chèvre sont très riches en matière grasse soit 40 g/l (Figure 8, b) alors que l'échantillon 1 comporte un taux butyreux de 28 g/l. A l'exception de l'échantillon 1, les teneurs en matières grasse de nos échantillons sont supérieures à celle évoquée par *ALAIS (1984)* et *AMIOT et al. (2002)* à savoir 38 g/l.

En moyenne le lait de chèvre est plus riche en matière grasse que le lait de vache (37 et 29,5 g/l respectivement).

La matière grasse du lait n'est pas constante, elle varie selon l'alimentation et l'espèce animale, les conditions climatiques et le stade de lactation (*LABIOUI et al., 2009*).

4.1.6. Teneur en protéines

Les Teneurs en protéines dans le lait de vache, représentées par la figure 9 (a), montrent que les échantillons 4, 3 et 1 présente les teneurs les plus élevées (6,03 ; 5,8 et 5,02 % en moyenne respectivement). En revanche l'échantillon 2 comporte le taux le plus faible (4,54 %).

Les teneurs en protéines enregistrées dans notre étude sont supérieures à celle citée par *VIGNOLA (2002)*.

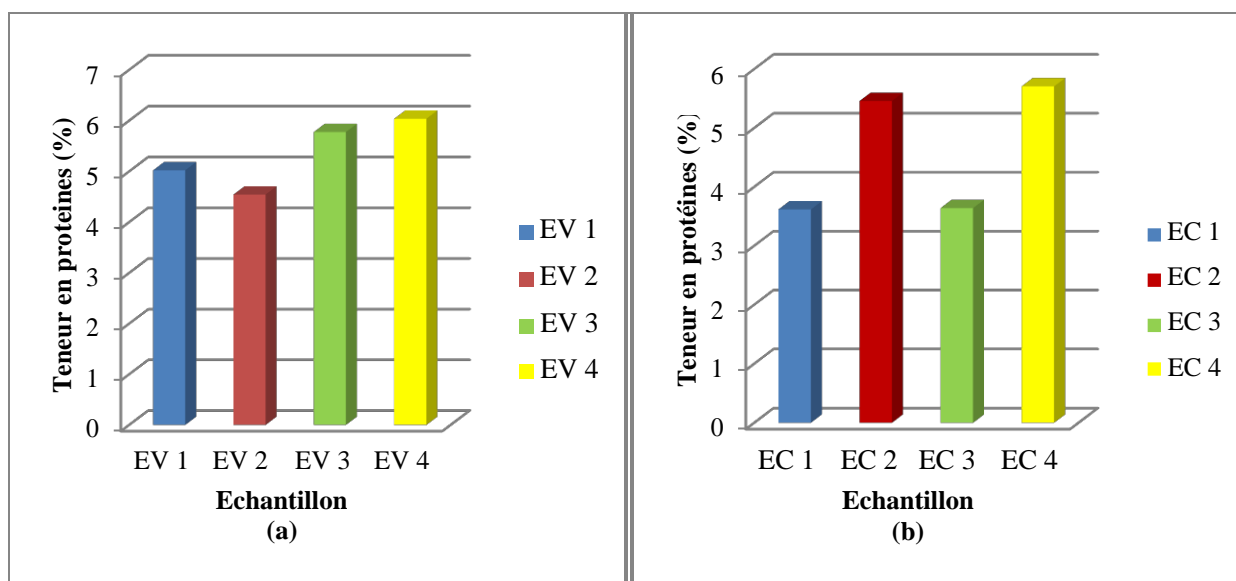


Figure 9 : Teneur en protéines (%) dans : (a) lait de vache, (b) lait de chèvre

Les résultats de la figure 9, (b) révèlent que le lait de chèvre des échantillons 4 et 2 contient les taux les plus élevés en protéines soit en moyenne 5,71 et 5,46 % respectivement alors que les teneurs en protéines des échantillons 1 et 3 (3,62 et 3,64 %) sont les plus faibles. Les teneurs en protéines dans nos échantillons sont supérieures à celle citée par *ALAIS (1984)* et *AMIOT et al. (2002)* à savoir 2,9 %.

En moyenne le lait de vache est plus riche en protéine que le lait de chèvre (5,42 et 4,61 % en moyenne respectivement).

La concentration en protéines laitières varie selon la saison, le stade de lactation et le nombre de mises-bas.

4.1.7. Teneur en lactose

Les teneurs en lactose dans le lait de vache illustrées par la Figure 10 (a), montrent que l'échantillon 1 enregistre le taux le plus élevé à savoir en moyenne 6,13 %, contrairement à l'échantillon 4 qui enregistre le taux le plus faible (3,80 %).

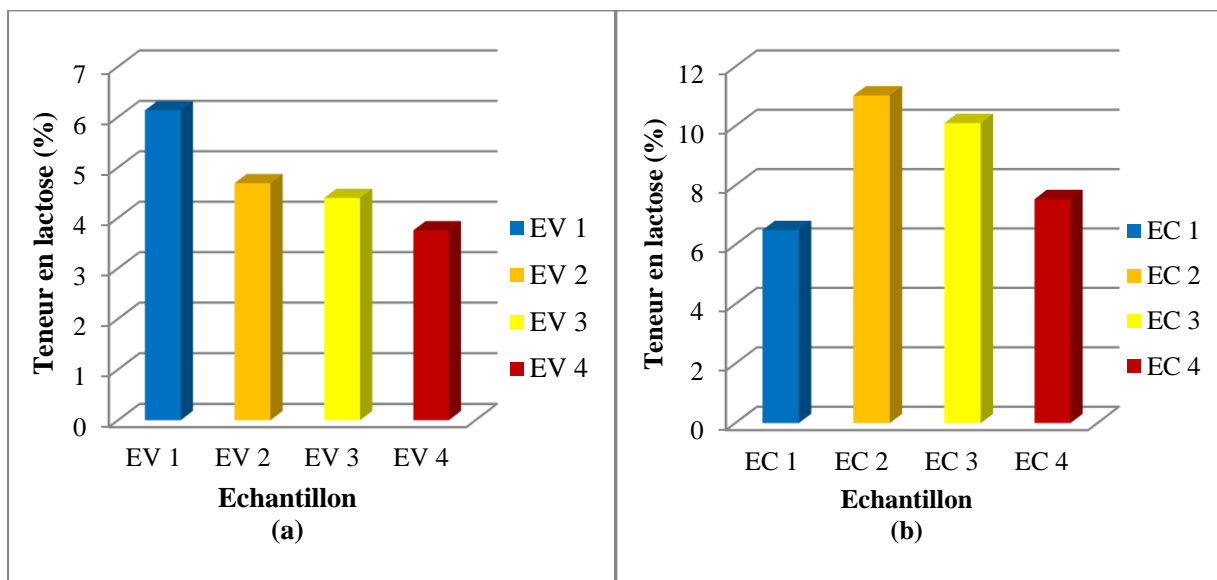


Figure 10 : Teneur en lactose (%) dans : (a) lait de vache, (b) lait de chèvre

Les teneurs en lactose des échantillons 2 et 3 sont très proches à celles de la littérature 4,8 % (*VIGNOLA, 2002*) et 4,8 à 5 % (*LUQUET et BONJEAN-LINCZOWSKI, 1985*).

De résultats de la figure 10 (b) il apparaît que les teneurs en lactose dans le lait de chèvre des échantillons 2 et 3 sont les plus élevées soit en moyenne respectivement 11,03 et 10,1 %. En revanche, les échantillons 1 et 4 comportent les taux les plus faibles (6,50 et 7,54 % respectivement). La teneur en lactose du lait dépend non seulement de la race mais aussi du stade de lactation et de l'état d'hydratation.

En moyenne le lait de chèvre, dans notre étude, est plus riche en lactose que le lait de vache (8,79 et 4,77 % en moyenne respectivement).

4.2. Analyses microbiologiques du lait

La qualité microbiologique du lait de vache et du lait de chèvre issus de huit fermes dans la wilaya de Msila a été évaluée. Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux ci-après.

4.2.1. Analyses microbiologiques du lait de vache

La qualité bactériologique du lait peut être évaluée par le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale. Dans cette dernière on va dénombrer exhaustivement tous les germes qui peuvent être présents dans l'échantillon du lait analysé (Tableau 13).

Tableau 13 : Analyses microbiologiques du lait de vache (UFC/ml)

Échantillons	FMAT	Coliformes		<i>Staphylococcus</i>	<i>Clostridium</i>	Levures et moisissures
		totaux	fécaux			
EV 1	10,57. 10 ⁵	abs	abs	abs	abs	1440
EV 2	24,23. 10 ⁴	abs	abs	abs	abs	193
EV 3	6,75.10 ⁴	abs	abs	abs	abs	abs
EV 4	IND	abs	abs	abs	abs	IND
Norme JORA	10 ⁵	10 ³	50	abs	50	abs

UFC : unité formant colonie ; abs : absent ; FMAT : flore mésophile totale ; IND : Indénombrable ; JORA : Journal Officiel de la République Algérienne ; les résultats obtenus représentent la moyenne de trois dilutions.

Il ressort des résultats du tableau 13 que les échantillons 4, 1 et 2 comportent un nombre très élevé de bactéries mésophiles qui dépasse largement les normes JORA (10⁵ UFC/ml) par contre l'échantillon 3 est conforme aux normes.

Selon la littérature, le lait collecté sous des conditions hygiéniques convenables, sa flore totale ne dépasse pas 10³ à 10⁴ UFC/ml (*CALVO et OLANO, 1992*), ainsi la réglementation nationale s'accorde sur le fait qu'une charge supérieure à 10⁵ UFC/ml signifie une contamination importante (*AGGAD et al., 2009*).

Les résultats relatifs à l'analyse bactériologique, indiquent une absence totale de germes *Staphylococcus aureus*, les coliformes et les *Clostridium* dans toutes les échantillons du lait de vache collecté.

L'absence de *Clostridium* indique une bonne santé de la vache et une bonne hygiène de la traite (AGGAD *et al.*, 2009).

Selon GHAZI *et NIAR*(2011), les quantités de *Staphylococcus aureus* excrétées dans le lait des quartiers infectés peuvent être considérables, de 10^3 à 10^5 bactéries/ml en moyenne, mais pouvant atteindre 10^6 bactéries/ml en cas d'infection sub-clinique et jusqu'à 10^8 bactéries/ml en cas d'infection clinique, il est en rapport avec l'état de santé de l'animal, les conditions hygiéniques de la traite, et d'éventuelle contamination.

On note aussi la présence de levures et moisissures seulement dans le lait des échantillons 1,2 et 4, alors qu'ils sont absents dans le lait d'échantillon 3.

La présence de levures et moisissures dans les échantillons analysés est un signe de non-respect des conditions d'hygiène lors de l'échantillonnage ou une contamination pendant la manipulation ou par le matériel utilisée.

4.2.2. Analyses microbiologiques du lait de chèvre

Les résultats des analyses microbiologiques des échantillons du lait de chèvre sont représentés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Analyses microbiologiques du lait de chèvre (UFC/ml)

Échantillon	FMAT	Coliformes		<i>Staphylococcus</i>	<i>Clostridium</i>	Levures et moisissures
		totaux	fécaux			
EC 1	$25. 10^4$	abs	abs	Abs	abs	abs
EC 2	$63. 10^4$	abs	abs	Abs	abs	33
EC 3	$69. 10^4$	abs	abs	Abs	abs	abs
EC 4	abs	abs	abs	Abs	abs	abs
Norme JORA	10^5	10^3	50	Abs	50	abs

UFC : unité formant colonie ; abs : absent ; FMAT : flore mésophile aérobie totale ; IND : Indénombrable ; JORA : Journal Officiel de la République Algérienne ; les résultats obtenus représentent la moyenne de trois dilutions.

De résultats du tableau 14, on constate que le nombre de FTAM enregistré dans le lait de chèvre des échantillons 1, 2 et 3 est supérieur à la norme (10^5 UFC/ml). On note une absence totale de la flore mésophile totale dans l'échantillon 4.

La présence d'un nombre élevé de FMAT est liée au manque d'hygiène et ou des équipements utilisés pour la traite, la santé du troupeau, la traite et les conditions de pré-stockage sont aussi des déterminants de base pour la qualité du lait (*AUMAITRE, 1999*).

Les bactéries peuvent entrer dans le lait pendant qu'elle est encore dans la mamelle et la plupart des microorganismes retrouvés dans le lait cru sont des contaminants provenant de la surface externe de la mamelle, des ustensiles de traite et des trayeurs (*CHYE et al., 2004*).

La mauvaise qualité de l'eau utilisée pour laver les ustensiles peut conduire à l'obtention d'un lait de qualité microbiologique médiocre (*BONFOH et al., 2003*).

Tous les échantillons du lait analysés sont dépourvus de coliformes et *clostridium sulfito-réducteur* donc ils sont conformes à la norme *JORA (1998)*.

On remarque que pour tous les échantillons du lait de chèvre, les *Staphylococcus aureus* sont absents.

La norme concernant le *Staphylococcus aureus* est l'absence du germe dans le lait (*DODD et BOOTH, 2000*). Le *Staphylococcus aureus* est considéré comme une bactérie pathogène majeure, causant des infections mammaires, ces dernières s'accompagnent d'une augmentation de la perméabilité entre le compartiment sanguin et le lait qui a pour conséquence des modifications de la composition du lait (*RAINARD et POUTREL, 1993*).

Les principales sources de contamination sont la mamelle. Les infections mammaires staphylocoques représentent la principale source de contamination du lait à la production. D'autres sources de contaminations sont également à considérer tel que la machine à traire (*THIEULON, 2005*).

On observe une présence des colonies de levures et moisissures seulement dans l'échantillon 2, les autres échantillons sont conformes à la norme.

La comparaison des résultats des analyses microbiologiques du lait vache et du lait de chèvre, montre que le lait de vache est plus contaminé que le lait de chèvre. Ces résultats peuvent être expliqués par les conditions hygiéniques insuffisantes dans les élevages bovins étudiés.

On constate que le nombre de FTAM enregistré dans le lait de chèvre est inférieur au seuil cité par *GUIRAUD (1998)*, et celle publié par *FARRIS (2009)*. Un lait de chèvre de très bonne qualité microbiologique contiens moins de 10^5 germes/ ml du lait.

La qualité microbiologique des échantillons du lait analysés est généralement acceptable. Les deux échantillons de lait (vache et chèvre) contenaient des FTAM, mais aucun agent pathogène pour l'homme n'a été trouvé (absence totale des *staphylococcus aureus* et *clostridium sulfito-réducteurs*).

4.3. Analyses physico-chimiques du yaourt

La qualité physico-chimique des yaourts à base du lait de vache et du lait de chèvre a été évaluée. Les résultats obtenus sont regroupés dans les figures et les tableaux ci-après.

4.3.1. Matière sèche

D'après les résultats de la figure 11, nous constatons que les teneurs en matière sèche de yaourt témoin au lait de vache et au lait de chèvre sont très proches soit en moyenne 12,54 et 12,19 % respectivement. Nous observons une augmentation de la teneur en matière sèche au niveau des yaourts au lait de vache et au lait de chèvre aux figes jusque à 22,54 et 25,32 % en moyenne respectivement.

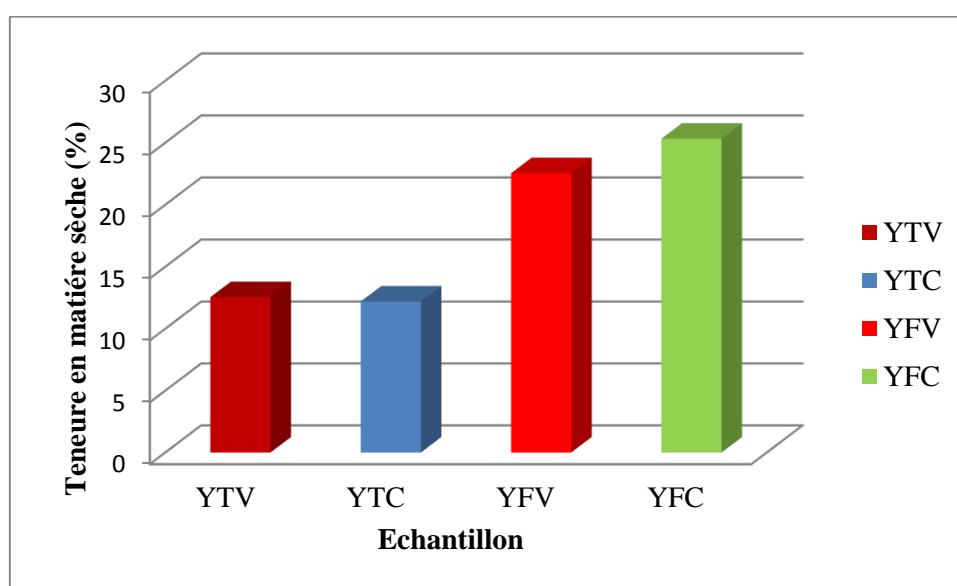


Figure 11 : Teneur en matière sèche (%) de yaourt : YTV yaourt témoin au lait de vache, YTC yaourt témoin au lait de chèvre, YFV yaourt du lait de vache aux figes, YFC yaourt du lait de chèvre aux figes.

La matière sèche de yaourt aux figes à base du lait chèvre est supérieure à celle du yaourt aux figes à base du lait de vache. L'adjonction des fruits dans les yaourts augmente leur teneur en matière sèche.

En comparaison avec les normes algériennes liées au yaourt aux fruits (21,5-22,5 % de matière sèche), on remarque que la teneur en matière sèche de YFV est conforme à la norme, tandis que le taux de MS de YFC (25,3 %) est supérieure à la norme. Le taux de matière sèche de YFV enregistré dans notre étude est supérieur à celui enregistré par *HAZHAZ (2015)* (19,67 %).

4.3.2. Teneur en cendres totales

D'après les résultats du tableau 15, représentant les teneurs de deux types du yaourt en cendres totales, on constate que le yaourt témoin au lait de vache enregistre le taux le plus élevé en minéraux suivi directement par le yaourt témoin au lait de chèvre ($0,881 \pm 0,657$ et $0,654 \pm 0,002$ %).

Tableau 15 : Teneurs en cendres totales dans les yaourts préparés

type de yaourt	type de lait	cendre totale (%)
Yaourt témoin	lait de vache	$0,881 \pm 0,657$
	lait de chèvre	$0,654 \pm 0,002$
Yaourt à la poudre de figue	lait de vache	$1,137 \pm 0,062$
	lait de chèvre	$1,506 \pm 0,014$

Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions \pm SEM.

Le yaourt aux figues à base du lait de chèvre est plus riche en minéraux par apport au yaourt de lait de vache aux figues ($1,506 \pm 0,014$ et $1,137 \pm 0,062$ % moyenne). On observe une augmentation de la matière minérale dans les deux types de yaourt aux figues expliquée par l'apport minéral de la quantité de figue ajoutée.

4.3.3. Le pH

À travers la de Figure 12 représentant les valeurs du pH des yaourts analysés. Nous constatons que le yaourt témoin à base du lait de chèvre est légèrement plus acide que celui à base de lait de vache (4,8 pour EV et 4,4 pour EC). En revanche, pour les yaourts aux figues celui à base du lait de vache enregistre un pH légèrement faible par rapport au yaourt au lait de chèvre (5,1 et 5,5 respectivement).

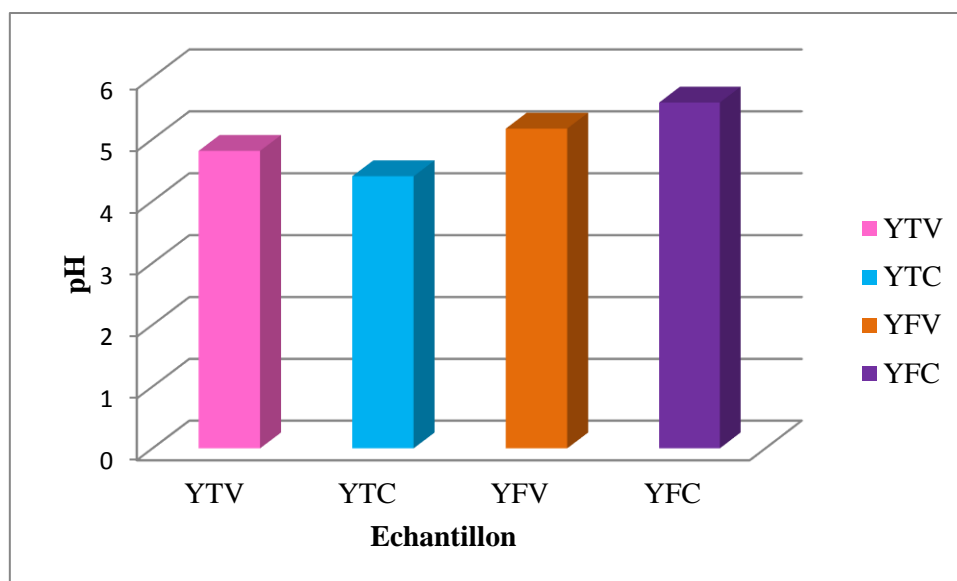


Figure 12 : pH de yaourt : YTV yaourt témoin au lait de vache, YTC yaourt témoin au lait de chèvre, YFV yaourt du lait de vache aux figes, YFC yaourt du lait de chèvre aux figes

En comparaison avec la norme algérienne liée au yaourt ferme (4-4,5) on remarque que le pH de YTC (4,4) est conforme à la norme tandis que le pH de YTV (4,8) est légèrement supérieure à la norme. Les pH de YFV et YFC 5,1 et 5,5 respectivement sont supérieurs aux pH des yaourts témoins.

La baisse du pH peut s'expliquer par la croissance des bactéries lactiques favorisant l'acidification du milieu, ce qui entraîne une baisse du pH (*MALONGA, 1985*). Nous avons observé aussi que l'ajout de fige agit sur le pH du yaourt.

4.3.4. La matière grasse

D'après les résultats de la matière grasse donnés par figure 14 nous remarquons que la teneur en matière grasse de yaourt témoin du lait de chèvre est hautement supérieure à celle de yaourt témoin du lait de vache 40 et 19 g/l respectivement.

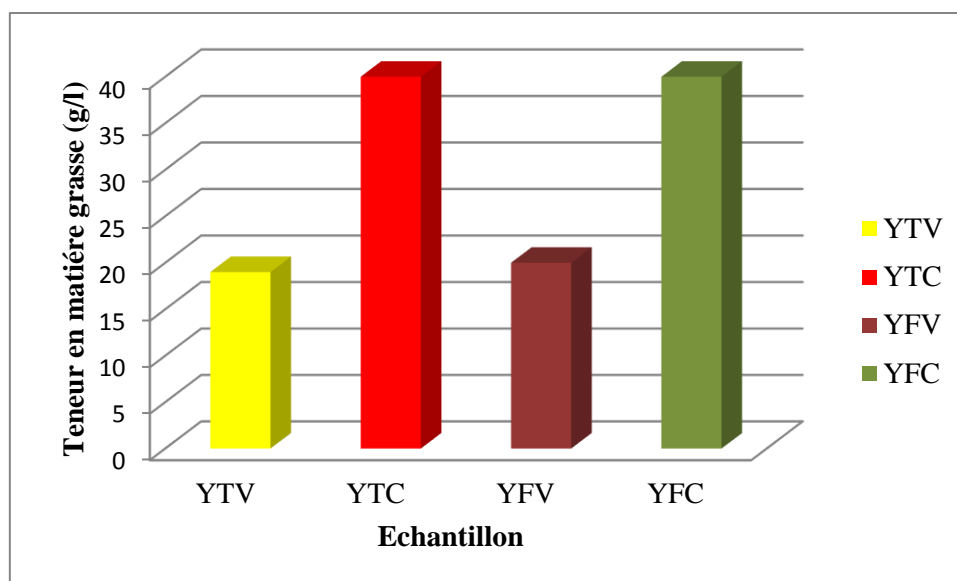


Figure 13: Teneur en matière grasse de yaourt : YTV yaourt témoin au lait de vache, YTC yaourt témoin au lait de chèvre, YFV yaourt du lait de vache aux figes, YFC yaourt du lait de chèvre aux figes

Nous n'avons enregistré aucun changement en matière grasse après l'ajoute de fige donc la teneur en matière grasse dans le yaourt du lait de chèvre aux figes reste 40 g/l alors qu'une légère augmentation dans le yaourt du lait de vache aux figes 20 g/l a été observée. Ce résultat peut être expliqué par le taux faible de lipide de la fige sèche (1,2 %) (*FAVIER, 1993*).

4.3.5. Teneur en protéines

Selon les résultats de la figure 14, nous observons que le yaourt témoin au lait de chèvre présente le taux le plus élevé en protéines soit 58,18 g/l contre 37,71 g/l pour le yaourt témoin au lait de vache.

Cette valeur augmente avec l'ajout de figes pour les deux types de yaourts à savoir 48,27 g/l pour yaourt du lait de vache aux figes et 97,41 g/l pour le yaourt du lait de chèvre aux figes.

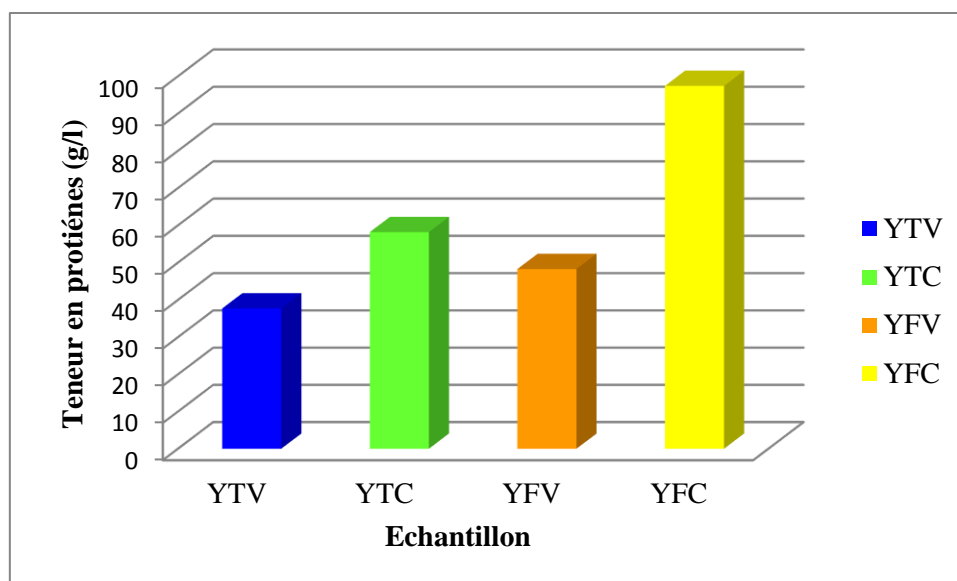


Figure 14 : Teneur en protéines de yaourt : YTV yaourt témoin au lait de vache, YTC yaourt témoin au lait de chèvre, YFV yaourt du lait de vache aux figes, YFC yaourt du lait de chèvre aux figes

Cette augmentation s'explique par l'apport en protéines issu de l'ajout de figes sèches (3,2 g de protéines pour 100 g de figes sèches) (*FAVIER, 1993*).

4.3.6. La synérèse

Le sérum de séparation (synérèse) qui se forme dans un produit laitier fermenté est dû à l'agrégation et à la sédimentation des particules des caséines durant le stockage. L'utilisation des stabilisateurs s'avère nécessaire pour prévenir la synérèse sortant dans les boissons à base fermentée (*TOWLER, 1984 ; LUCEY et al., 1999*).

Une teneur faible en solide totaux peut causer une synérèse que se manifeste par une séparation entre le sérum et la structure solide, causant une accumulation de liquide à la surface du gel. Pour donner une consistance et une viscosité valable au yaourt en évitant la synérèse, le mélange doit contenir assez de solides totaux (pour un yaourt ferme d'entre 11,5 et 12 %) (*VIGNOLA, 2002*).

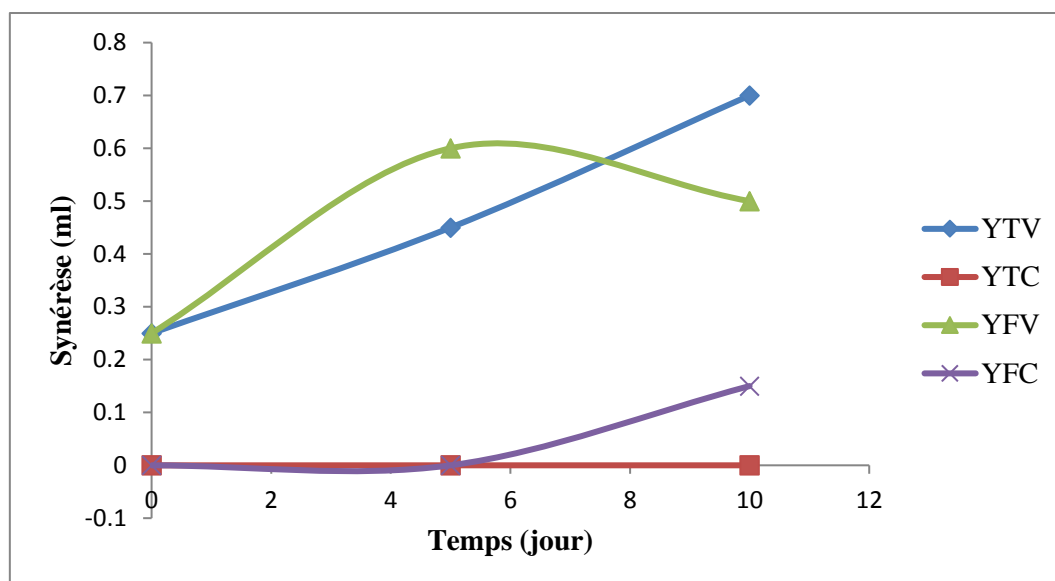


Figure 15 : Synérèse du yaourt : YTV yaourt témoin au lait de vache, YTC yaourt témoin au lait de chèvre, YFV yaourt du lait de vache aux figes, YFC yaourt du lait de chèvre aux figes

Les résultats de la figure 15, représentant les changements du taux de synérèse durant dix jours de conservation dans un réfrigérateur à 4 °C, montrent que le yaourt témoin au lait de vache présente le niveau de synérèse le plus élevé. L'exsudation augmente avec le temps de 0,25 ml le 1^{er} jour à 0,7 ml au 10^{ème} jour.

Nous n'avons observé aucune exsudation de lactosérum durant 10 jours pour le yaourt témoin au lait de chèvre.

Pour le yaourt aux figes à base du lait de vache le taux de synérèse augmentant jusqu'au cinquième jour (0,6 ml), puis commence à diminuer progressivement (0,5 ml au dixième jour). Tandis que, le yaourt aux figes à base du lait de chèvre n'enregistre aucune exsudation de lactosérum les cinq premiers jours et un volume d'exsuda de 0,15 ml au dixième jour.

Il apparaît que le lait de chèvre préserve mieux le lactosérum que le lait de vache après fermentation.

Le volume de lactosérum exsudé dans notre étude est inférieur à celui enregistré par (HAZHAZ, 2015) soit 2 ml pour le YTV et 3 ml pour YFV.

4.4. Analyses microbiologiques des yaourts

La qualité microbiologique des yaourts préparés à base du lait de vache et du lait de chèvre a été évaluée. Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux ci-après.

Tableau 16 : Résultats des analyses microbiologiques (UFC/ml) des yaourts témoins à base du lait de vache et du lait de chèvre

Germes	Yaourt au Lait de chèvre	Yaourt au lait de vache	Norme JORA (1998)
<i>Staphylococcus aureus</i>	abs	abs	abs
Coliformes totaux	abs	abs	10
Coliformes fécaux	abs	abs	1
Levures	abs	abs	<100
Moisissures	abs	abs	abs

UFC : unité formant colonie ; abs : absent ; les résultats obtenus représentent la moyenne de trois dilutions.

D'après les résultats des analyses microbiologiques de deux types de yaourts (yaourt témoin et yaourt aux figues) donnés par les tableaux 16 et 17 ; tous les échantillons analysés sont sains et ne présentent aucune contamination par les coliformes totaux et fécaux, *Staphylococcus aureus*, les levures et moisissures.

Tableau 17: Résultats des analyses microbiologiques (UFC/ml) des yaourts aux figues à base du lait de vache et du lait de chèvre

Germes	Yaourt au lait de chèvre	Yaourt au lait de vache	Norme JORA (1998)
<i>Staphylococcus aureus</i>	abs	abs	abs
Coliformes totaux	abs	abs	10
Coliformes fécaux	abs	abs	1
Levures	abs	abs	<100
moisissures	abs	abs	abs

UFC : unité formant colonie ; abs : absent ; les résultats obtenus représentent la moyenne de trois dilutions

L'absence de coliformes dans le yaourt peut s'expliquer par la présence de bactéries lactiques ayant entraîné une inhibition de la croissance des coliformes. L'antagonisme des ferments lactiques vis-à-vis des coliformes ne se développent pas immédiatement, mais progressivement (*GUIGMA, 1998*).

L'absence ou la faible présence de la flore pathogène peut trouver son explication par le fait que la contamination initiale va subir l'effet de l'abaissement du pH et de l'antagonisme des bactéries lactiques. Par ailleurs, leur diminution peut être due aux mauvaises conditions de leur développement causées par le froid (*CONTE, 2008*).

La présence des levures et moisissure dans le yaourt peut s'expliquer par une insuffisance de traitement thermique ou une contamination au moment de la préparation du yaourt. De plus, l'apport de levains après la pasteurisation peut aussi constituer une source de contamination (*NDIAYE, 2002*).

4.5. Evolution des bactéries lactiques au cours de stockage

L'évolution de la croissance des bactéries lactiques au cours de stockage a été déterminée pour les quatre types de yaourts préparés. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 16.

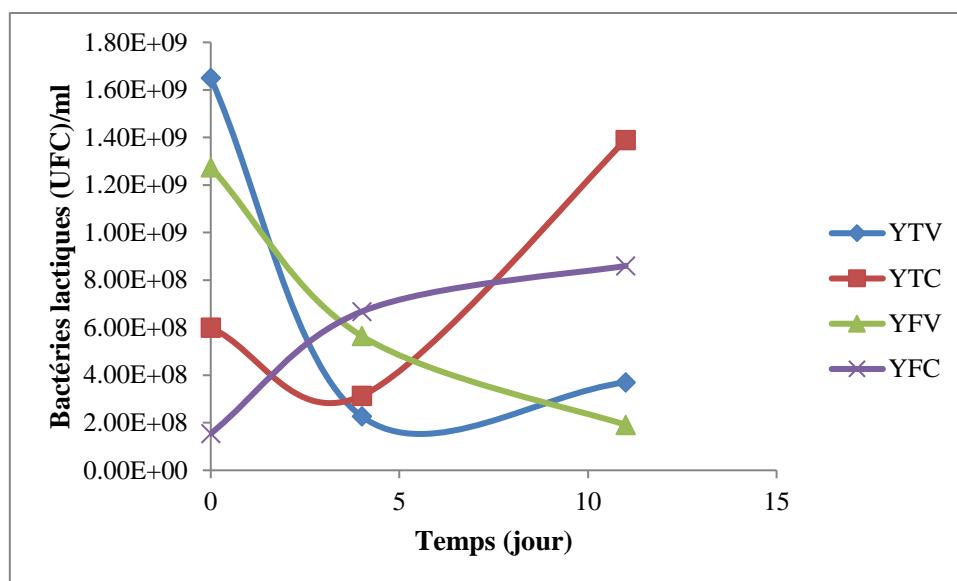


Figure 16 : Evolution des bactéries lactique « streptocoques»

La figure 16 montre que dans le 1^{er} jour le YTV enregistre le nombre le plus élevé de bactéries lactiques ($1,95.10^9$ UFC/ml) suivi par YFV et YTC. En revanche, YFC présente le nombre le plus faible de bactéries lactiques (6.10^8 UFC/ml).

Pour les yaourts YTV, YFV et YTC le nombre de bactéries lactiques diminue dans le quatrième jour alors qu'il augmente pour le YFC.

Cette décroissance pourrait être expliquée par l'épuisement du milieu en substance de croissance essentiellement le lactose, l'auto-inhabitation des ferment par le pH voire même la mort de certaines bactéries.

Au 11^{ème} jour, le nombre de bactéries lactiques augmente légèrement pour YTV ($3,1.10^8$ UFC/ml) et hautement pour YTC et YFC ($1,39.10^9$ et $8,6.10^8$ UFC/ml respectivement) alors qu'il continue à se diminuer pour le YFV ($1,9.10^8$ UFC/ml).

4.6 Caractéristiques organoleptiques des yaourts

Les caractéristiques organoleptiques concernant la couleur, la consistance, l'odeur, l'exsuda et l'homogénéité a été évaluée et les résultats ont été regroupés dans le tableau 18.

Tableau 18 : Caractéristiques organoleptiques des yaourts préparés

Type de yaourt		Observation
yaourt au lait de vache	yaourt témoin	<ul style="list-style-type: none"> • le yaourt est épais avec présence de lactosérum à la surface. • La surface de couleur jaunâtre. • L'odeur est caractéristique du produit (odeur de yaourt). • Couleur blanche et texture homogène du caillé.
	yaourt aux figes	<ul style="list-style-type: none"> • le yaourt est épais avec présence de lactosérum • L'odeur est une odeur de fruit (figue) avec une odeur légère de yaourt. • Couleur du caillé marron
yaourt au lait de chèvre	yaourt témoin	<ul style="list-style-type: none"> • le yaourt est très épais avec absence de lactosérum • L'odeur : odeur de yaourt. • Couleur blanche et brillante du yaourt et texture homogène.
	yaourt aux figes	<ul style="list-style-type: none"> • le yaourt est très épais avec absence de lactosérum • L'odeur est une odeur de fruit (figue) avec une odeur légère de lait. • Couleur du yaourt marron.

D'après les résultats des caractéristiques des yaourts préparés (Tableau18), il apparait que le yaourt nature préparé à base du lait de chèvre présente une bonne qualité organoleptique. La texture du yaourt aux figes est hétérogène et il convient de le brasser.

Conclusion

A travers cette étude, nous avons évalué la qualité physico-chimique et microbiologique du « lait de vache et lait de chèvre » issu de la wilaya de M'sila. Ainsi, notre travail a porté sur l'étude d'un produit laitier (yaourt) fabriqué au niveau de laboratoire universitaire à base du lait de vache et du lait de chèvre.

Les résultats des analyses physico-chimiques (pH, EST, MG, cendre totale et la Densité) de la plus part des échantillons du lait analysés sont généralement conformes aux normes. Le lait de vache est plus riche en matière sèche et en protéines que le lait de chèvre. En revanche, le lait de chèvre très riche en matière grasse que le lait de vache.

La qualité microbiologique des échantillons du lait (vache et chèvre) est généralement acceptable, les deux échantillons de lait contenaient un nombre élevé de FTAM, ce qui indique le non-respect des conditions de réfrigération optimales du lait au niveau des fermes. Mais aucun agent pathogène pour l'homme n'a été trouvé (absence totale des *staphylococcus aureus*, coliformes et *clostridium sulfito-réducteur*). Il ressort que les deux types du lait (vache et chèvre) produisent à M'sila sont de qualité microbiologique acceptable et conformes aux normes du journal officiel algérien. Ce qui signifié un respect des conditions d'hygiène dans les élevages inspectés.

La fabrication du yaourt au lait de vache et au lait de chèvre est généralement menacée par la contamination de la matière première ; de ce fait on a réalisé un contrôle du produit fini menant des analyses microbiologiques et physico-chimique, les résultats obtenus montrent :

- ✓ Une qualité microbiologique et physico-chimique acceptable des yaourts témoins et des yaourts aux figes.
- ✓ Une augmentation de la qualité nutritionnelle des yaourts suite à l'ajout des figes.
- ✓ Une bonne qualité du yaourt fabriqué à base du lait de chèvre.

Références Bibliographiques

- ADRIAN J., 1973.** Valeur alimentaire du lait. Ed. La maison rustique. France. 229p.
- AFNOR., 2001.** Lait. Détermination de la teneur en matière grasse - Méthode gravimétrique (méthode de référence). NF EN ISO 1211. 21 p.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1985.** Contrôle de la qualité des produits laitiers. Analyses physiques et chimiques, 3ème édition.
- AFNOR., 1980.**Lait. Détermination de la matière sèche. NF VO4 207, In AFNOR (Ed.), Recueil de normes françaises. Lait et produits laitiers. Méthodes d'analyse. Paris : Normalisation française. 33-34p.
- AGGAD H., MAHOUZ F., AHMED AMMAR Y., KIHAL M., 2009.** Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien, Revue Méd. V, N° 16012, Oran: 591-593p.
- AIT AMER MEZIANE L., 2008.** Aptitude des laits de chèvres et brebis à la coagulation par des protéases d'origine avicole. Thèse de Magister en science Agronomiques. p10-14.
- ALAIS C., 1984.^a** La micelle de caséine et la coagulation du lait. In Science du lait : Principes des techniques laitières. Ed. Sepaic. Paris. 723-764p.
- ALAIS C., 1984.^b** Sciences du lait. Principes de techniques laitières. 3ème édition, Ed. Publicité. France.814p.
- AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R., TURGEON H., 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L. Science et technologie du lait. Transformation du lait, École polytechnique de Montréal. 600 p.
- AMELLAL., 2008.** Aptitudes technologiques de quelques variétés communes de dattes: formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat, en technologie alimentaire, Université M'Hamed Bougara-Boumerdès. 107-109, 127-130 p.
- ANDRE E., 1975.** Le lait et l'industrie laitière. Ed. Presses universitaire de France. 126 p.
- ARRÊTÉ INTERMINISTÉRIEL du 25 janvier 1998 (JORA)** relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées. Ministère du commerce. JORA N°35. Algérie.
- AUCLAIR J., 1979.** Influence des méthodes de réfrigération et de collecte du lait sur sa qualité bactériologique. Revue française lait n°378. 37p.
- AUMAITRE A., 1999.** Quality and safety of animal products. Livestock-Product. SCI. 59.113-124.
- BAMOUEH A., 2006.** Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, N°142: 1-4P
- BERGAMAIER D., 2002.** Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *Lactobacillus rhamnosus* RW-959M dans un milieu à base de permet de lactosérum. Thèse de doctorat. Université de Lavat. Canada : 298p.
- BETH W., 1996.** Guide d'alimentation des vaches laitières. Omaf. Divisions agricultures et affaire rurales. Ag dex: 401/5. 38 p
- BITTON G., 1999.** Wastewater Microbiology. Ed. John Wiley & Sons. 578p.
- BONFOH B., FANE A., STEINMANN P., HETZEL M., TRAORE AN., TRAORE M., SIMBE CF., ALFAROUKH IO., NICOLET J., AKAKPO JA., FARAH Z., ZINSSTAG J.,2003.** Qualité microbiologique du lait et des produits laitiers vendus au Mali et leurs implications en santé publique. 9 p.
- BORNERT G., 2000.** Importance des bactéries psychrotrophes en hygiène des denrées alimentaires. Revue Méd. Vét. 151. 11. 1003-1010.
- BOUDIE R., 1985.** Les laits fermentés et le yaourt. In: LUQUET F. M. «Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre : les produits laitiers transformation et technologie». Vol 2. Edition TECH & DOC, Lavoisier. 633p.
- BRISABOIS A., LAFARGE V., BROUILLARD A., DE BUYSER M.L., COLLETTE C., BOURAS D., 1997.** Séminaire interactionnelle : Filière lait : Productions et Biotechnologies les 02 et 03 déc. Chlef.

- BRULE G., 2003.** Progrès technologiques au sein des industries alimentaires impact sur la qualité des produits –La filière laitière. Rapport commun de l'Académie des technologies et de l'Académie d'Agriculture de France 8 .24 .
- CALVO M., OLANOA., 1992.** Thermal treatments of goat's milk, Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment, Vol. 32. Espagne: 13-152 p.
- CIPC (Lait Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles). 2011.** Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse de l'acidité du lait n°2011-02.
- CIDIL et INRA., 2009.** Du lait aux produits laitiers. Paris. Cidil. 19p.
- CHILLIARD Y., 1996.** Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre : comparaison avec les laits de vache et humain. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre. Actes du colloque : le lait de chèvre, un atout pour la santé, INRA. Niort, France.51-65p.
- CHYE F., ABDULLAH A., AYOB M., 2004.** Bacteriological quality and safety of raw milk in Malaysia. Food Microbiology. 21(5). 535-541 p.
- CLAUSEN EM., GREEN BL., LITSKY W., 1977.** Fecal streptococci: indicators of pollution. Dans: Hoadley, AW et BJ Dutka. Ed. Bacterial Indicators/Health hazards associated with water. American Society for Testing and Materials, ASTM STP 635p.
- CODEX ALIMENTARIUS. 1999.** Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie CODEX STAN 206.1-4 p.
- CODEX ALIMENTARIUS., 1975. Normes n°A 11(A).**- Rome : FAO/OMS. 86 p.
- CONTE S., 2008.** Evolution des caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques du lait caillé traditionnel. Mémoire DEA : Production Animal : Dakar (EISMV). 27p.
- CUQ JL., 2007.** Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. 20-25 p.
- DALGEISH.DG., 1982.** Milk protéines, chemistry and physics. In P.F. Fox et JJ. condon, éd, food proreins, p 155-178.
- DAVIS J., 1975.** The microbiology of Yoghurt. Lactic and bacteria in beverageand food. 245-263 p.
- DEBRY G., 2001.** Lait, nutrition et santé. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris. 566p.
- DECAENM., 1969.** Variation de la composition du lait". Dans : "Alimentation des vaches laitières. Centre de la recherche zoo technologique et vétérinaires de THEIX (I.N.R.A) Edité par l'institut technique de l'élevage. 25-30 p.
- Dillon J.C., 1989.** Place du lait dans l'alimentation humaine en région chaudes option Méditerranéennes. Série séminaires, n°6,163-168.
- DELLAGLIO F., DE ROSSART H., TORRIANIS S., CUTK M. JANSSENS D. 1994.** Caractérisation général des bactéries lactique. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. 25-116.
- DELLAGLIO F., DE ROSSART H., TORRIANIS S., CURK M et JANSSENS D. 1993.** Caractérisation générale des bactéries lactiques. Dans Bactéries lactiques volume 1. LORICA : Uriage. p 25- 116.
- DODD F.H., BOOTH J. 2000.** Mastitis and milk production. Dans the healthy of dairy cattle. Edition Andrews A.H. London. p. 21. 3-255.
- DSA., 2017.** Données statistiques du secteur animale de la wilaya de M'sila. Direction des Services Agricoles de la wilaya de M'sila.
- DUBOIS M KA., GILLES JK., HAMILTON PA., REBERS F., SMIT H., 1956.** Colorimetry method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem.*, 28: 350-356.
- FAO., 1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO Alimentation et nutrition n°28.
- FAO., 2010.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Laits de consommation <http://www.horizon.documentation>.
- FAO. 2014.** Food and Agriculture Organization statistics. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- FARKEY N.Y., IMAFIDON G.I., 1995.**Thermal denaturation of indigenous milk enzymes. *In* Heat-induced changes in milk. International Dairy Federation. Brussels. 331-345.

- FARRIS M., 2009.** Connaissance des aliments : base alimentaires et nutritionnelles de la diététique, 2ème édition Lavoisier Tec & Doc, p. 18-22.
- FARROW J. A., KRUZE J., PHILLIPS BA., BRAMLEY AJ. COLLINS MD., 1984.** Taxonomic studies of *S. bovis* and *S. equinus*: description of *S.alactolyticus* sp. no. and *S. saccharolyticus* sp. nov. Systematic and Applied Microbiology.467-482p.
- FAVIER J. C., 1985.** Composition du lait de vache-Laits de consommation, Cahiers de nutrition et de diététique. 20(5). 355-363. <http://www.horizon.documentation.fr>
- FAVIER JC., 1993.** Répertoire général des aliments: Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique (Tome 3). Condé-sur-Noireau: Editions ORSTOM, Tech & Doc, INRA. Paris, France. 31-34 p
- FRANWORTH E., MAINVILLE I., 2010.** Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe. <http://www.dos.transf.edwa.pdf>.
- FREDOT., 2005.** Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier. 25. 397 p.
- FILQ., 2002.** Science et Technologie du lait. Fondation de Technologie Laitière du Québec Inc. Ed. Presses Internationales Polytechnique. Québec, Canada.28-44p.
- GHAOUES S., 2011.** Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est Algérien .Mémoire de magister. Université MENTOURI - Constantine .3-12p. (129)
- GHAZI KH., NIAR A., 2011.** Qualité hygiénique du lait cru de vache dans les différents élevages de la Wilaya de Tiaret, articles originaux, université Ibn-Khaldoun de Tiaret, Algérie, 194-195p.
- GOURSAUD J., 1985.** Composition et propriétés physico-chimiques. Dans Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M. Ed. Tec et Doc Lavoisier, Paris. 637 p.
- GREAUME M., 1975.** Le lait : ce qu'il doit être, comment l'obtenir. Thèse: Médecine Vétérinaire .Toulouse, n°102.90p.
- GUIRAUD J.P. 1998.** Microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris. p. 137.
- GUIRAUD JP., 2003.** Microbiologie Alimentaire. Ed. DUNOD. Paris.136-139p.
- GUIRAUD JP., ROSEC JP., 2004.** Pratique des normes en microbiologie alimentaire. Ed. AFNOR. 95p.
- GUIGMA Y., 1998.** Contrôle bactériologique et amélioration de la qualité organoleptique du yaourt de l'unité centrale d'Adaptation des procès. Mémoire Maîtrise des Sciences et Techniques. Ouagadougou.114p.
- GUY F., 2006.** Elaboration d'un guide méthodologique d'intervention lors de contaminations par les salmonelles de produits laitiers au lait cru en zone de productions fromagères AOC du massif central. Thèse doctorat d'état, université Paul-Sabatier de Toulouse, France. 17p.
- HAZHAZ A., 2015.** Contribution à l'étude des qualités physico-chimique et microbiologique et aptitude technologique de quelque laits produits dans la région de M'sila. Mémoire de master. Université de M'sila.55p.
- HUI Y H., 1992.**Dairy Science and Technology Handbook.Ed. Wiley-VCH Verlag Gmb. 1150p.
- JAKOB E., HÄNNI JP., 2004.** Fromageabilité du lait. Ed. Agroscope Liebefeld Posieux. Groupe de discussions N° 17F.
- JAQUES P., 1998.** Alimentation et santé. Paris : INRA, 540p.
- JAY J., 2000.** Taxonomy, role, and significance of microorganisms in food. Dans Modern Food Microbiology, Aspen Publishers, Gaithersburg MD.13p.
- JEAN C., DIJON C., 1993.** Au fil du lait, ISBN 2-86621. 172 p.
- JORA N° 69, 1993.** Journal officiel de la République algérienne.
- KACIMI et HASSANI S. 2013.** La dépendance alimentaire en Algérie : importation de lait en poudre versus production locale, quelle évolution ? *Mediterranean Journal Of Social Sciences* Vol 4, N°11, 152-158.

- KODIO A., 2005.** Qualité de produits laitiers de production industrielle et artisanale. Thèse de Master en Pharmacie Industrielle. Bamako, 17p.
- LABIOUI L., ELMOUALDI A., BENZAKOUR M., ELYACHIOUI E., BERNY M., OUHSSINE., 2009.** "Étude physicochimique et microbiologique de laits crus", Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux, vol.148. 7-16 p.
- LAMONTAGNE M., CHAMPAGNE CP., REIZT-AUSSEUR J., MOINEAU S., LAMOUREUX L., 2000.** Exploitation de l'activité β - galactosidase de culture de bifidobactéries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides. Mémoire de maîtrise, Université de Laval, Canada.
- LEYRAL G. VIERLING É., 2007.** Microbiologie et toxicologie des aliments: hygiène et sécurité alimentaires. 4^{ème} édition. Ed. Biosciences et techniques. 87p.
- LEMINOR L., RICHARD C., 1993.** Méthodes de laboratoire pour l'identification des entérobactéries. Institut Pasteur.
- LOONES., 1994.** Laits fermentés par les bactéries lactiques. In De Roissart, H et Luquet, F. M., Bactéries lactiques : Aspects fondamentaux et technologiques. Ed. Lorica, Uriage, 2, 135-145 p.
- LOWRY OM., AL., ROSEBOROUGH R., FARRAND., RANDALL J., 1951.** Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Bio. Chem.*, 193: 263-275.
- LUCEY JA., SINGH H., 1999.** Formation and physical of acid milk gels:a review. *Food research international*, N°7. 529-542.
- LUQUET F M., 1985.** Laits et produits laitiers - Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laiterie. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris.
- MALLEREAU et PORCHER., 1992.** « Vade-Mecum du vétérinaire » ed. Office des publications Universitaires. Alger. P 929.
- MALONGAM., 1985.** Etude de la fabrication des yaourts en République Populaire du Congo. Essais d'amélioration. Thèse Med.Vet. : Clermont Ferrand .840p.
- MAHAUT M., JEANTET R., BRULE G., SCHUCK P., 2000.** Les produits industriels laitiers. Ed. Tech & Doc, Lavoisier, Paris.184p.
- MATHIEU J., 1998.** Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Ed. Lavoisier Tec et Doc, Paris.220p.
- MARTY-TEYSSET C. DE LA TORRE F., GAREL J-R. 2000.** Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbruekii ssp bulgaricus* upon aeration involvement. *Applied and environmental Microbiology*, 66(1), 262-267.
- MEYER C., DENIS JP., 1999.** Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Ed. Quae, CTA, presses agronomiques de Gembloux.280p.
- MOCQUOT G., AUCLAIR J., 1967.** Les bactéries psychotropes dans le lait conservé à basse température. *Le lait* n°239. 21-25 p.
- MOTTAR J., BASSIER A., JONIAU M., BAERT J., 1989.** Effect of heat-induced association of whey proteins and casein micelles on yogurt texture. *Journal of dairy Science*,72. 2247-2256p.
- MOURGUES R., DESCHAMPS N., AUCLAIR J., 1983.** Influence de la flore thermorésistante du lait cru sur la qualité de conservation du lait pasteurisé exempt de décontaminations post-pasteurisation. *International d'Airy journal*, 63. 391-404 p.
- NDIAYE M., 2002.** Contribution à l'étude de conformité de l'étiquetage et de la qualité microbiologique des yaourts commercialisés à Dakar. Mémoire DEA : Productions Animales. Dakar (EISMV). 9p.
- POINTURIER H., 2003.** La gestion matière dans l'industrie laitière. Ed. Tec et Doc, Lavoisier, France, 388 p.
- POUGHEON S., 2001.** Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse doctorat d'état en médecine vétérinaire, université Paul Sabatier de Toulouse. France.109p.
- RGPH., 2008.** Le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2008 (RGPH 2008)

- RAINARD P., POUTREL B., 1993.** Protection de la glande mammaire. Dans : Biologie de la lactation. Ed. INSERM-INRA. 415-429.
- REMEUF., 1994.** Relations Entre les caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits. Spéciale qualité du lait", Recueil de Médecine Vétérinaire. Vol. 170. 359-365 p.
- RHEOTEST., 2010.** Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST® LK. Produits alimentaires et aromatisants <http://www.rheoest.de/download/nahrungs.fr.pdf>.
- ROUSSEL Y., PEBAY M., GUEDON G., SIMONET J.P. DECARISN B., 1994.** Physical and genetic map of streptococcus thermophilus A054. *Journal of Bacteriology*, 176(24), 7413-7422.
- ROUSSEAU M., 2005.** La fabrication du yaourt, les connaissances. INRA. 9p.
- ROY G., 1951.** Technologie laitière. Ed. Dunod. Paris. 34-59.
- SEYDI M., 2004.** Caractéristiques du lait cru. EISMV, laboratoire HIDAOA, 12p
- SILVA R., CRUZ AG., FARIA JA., MOURA MM., CARVALHO LM., WATER EH., SINGH J., 1983.** Influence of heat-treatment of milk and incubation temperatures on *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus acidophilus*. *Milchwissenschaft*, 38. 347- 348 p. Site de Lactel [en ligne], 2008, <http://www.lactel.fr/> (consulté le 17/06/09).
- SUTRA L., FEDERIGHI M., JOUVE JL., 1998.** Manuel de bactériologie alimentaire. Ed. Polytechnica. 9p.
- STOLL W., 2003.** Vaches laitières: l'alimentation influence la composition du lait. RAP Agri. N° 15/2003, vol. 9, Suisse.
- TAMIME AY., ROBINSON RK., 1999.** Yoghurt: Science and technology. Ed. *Woodhead Publishing Ltd*, England. 619 p.
- TAMIME A.Y., DEETH H.C. 1980.** Yogurt: technology and biochemistry. *Journal of food protection*, 43, 12, 939-977.
- THAPON, 2005.** Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France: 14. 77 p
- THIEULON M., 2005.** Lait pathogènes staphylocoques. *Revue de la chambre d'agriculture du Cantal*. 1-2.
- THIEULIN G., VUILLAUME R., 1967.** Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des oeufs-revue générale des questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris : 71-73 .388 pages.
- THOMAS B., 1973.** Psychrotrophic bacteria in refrigerated bulk collected in raw milk. *Dairy industry*, part 1. 10-15 p.
- VAITCHAFA P., 1996.** Etude de la production laitière sur les paramètres de reproduction chez la femelle zébu dans les petits élevages traditionnels en Zone peri-urbaine. Thèse : Méd. Vét. Dakar. 36p.
- VEISSEYRE R., 1979.** Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3^{ème} édition. Edition la maison rustique. Paris. 714p.
- VIGNOLA C., 2002.** Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed. Lvoisier, Paris, 600p.
- VIERLING., 2003.** Aliment et boisson-Filière et produit, 2 édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine. 270 p.
- VIERLING E., 2008.** Aliments et boissons filières et produits. 3^{ème} édition Biosciences et techniques. Paris. p : 15-16.
- WAES G., 1973.** Les streptocoques D dans le lait cru réfrigérer. *Le lait*. Ed. international dairy journal **Washington. US. Department of agriculture (usda)**. «National Nutrient Database for Standard Reference», <http://www.nal.usda.gov/fhic/foodcomp/ search/>. Page consultée le 19 décembre 2010.28.520-528 p.
- WOLTER S., 1997.** Hand book of milk. Ed. Composition academic press. San Diego. 30p.
- YAGIL., 1985 .**The Desert camel; comparative physiological adaptation. Ed. KARGER, Berlin, Allemagne. 8p.

YILDIZ F., 2010. Development and manufacture of yogurt and other dairy products. Ed. CRC Press Taylor & Francis Group, USA, 435 p.

Annexe 1

Appareillage

Les appareils utilisés dans ce travail et leurs types

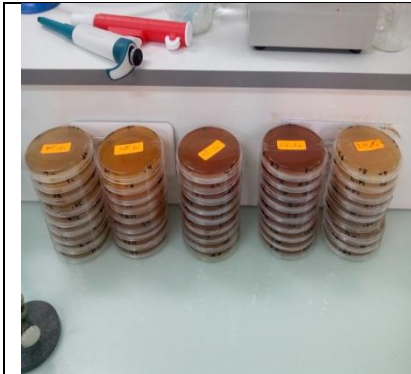
appareils	types
Etuve	MEMMERT
pH mètre	inolab
Bain marie	MEMMERT
Spectrophotomètre	SHIMADZU UV-1800
Réfrigérateur	FRIGOR
Balance de précision	kern
Vortex	fisherscientific
Agitateur magnétique	stuart
Autoclave	wiseClave
centrifugeuse	Func GERBER
butyromètre	Func GERBER
Lactodensimètre	Func GERBER Perlin
four de calcination	CARBOLITE

Annexe 2

Les solvants, milieux de cultures et réactifs utilisés dans ce travail et leurs provenances

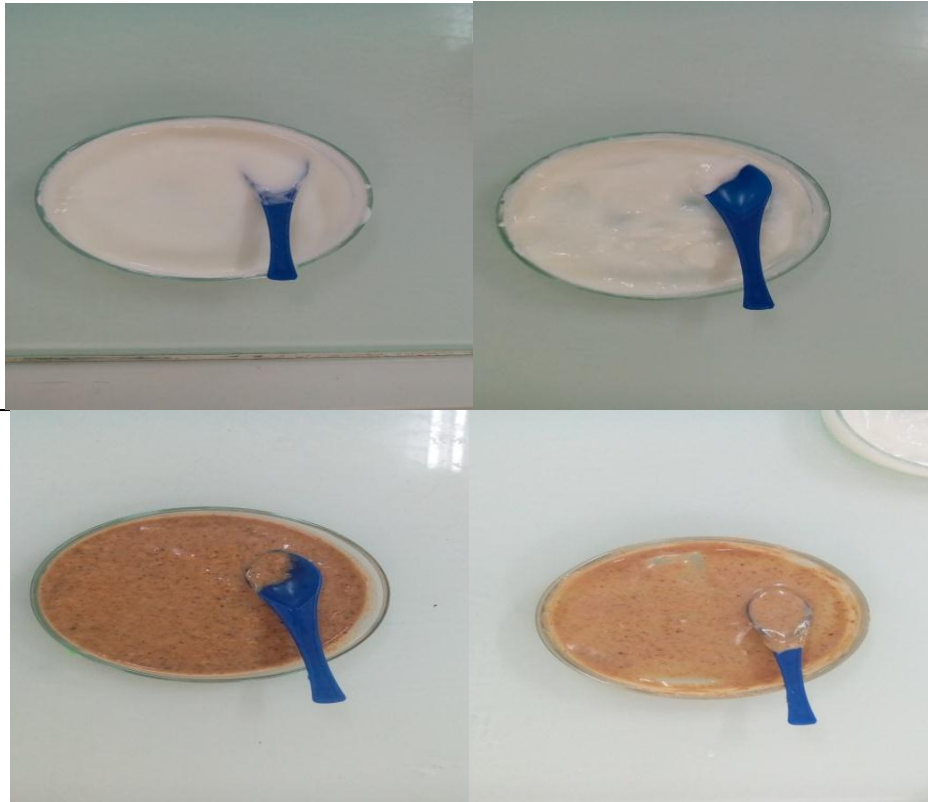
Les réactifs et solvants	Les milieux de cultures
<ul style="list-style-type: none">▪ L'eau distillée▪ NaOH=0,1N▪ acide sulfurique H₂SO₄▪ Phénolphtaléine▪ Alcool iso-amylque▪ Tartrate Ket Na▪ CuSO₄▪ Folin-Ciocalteu▪ Phénol▪ Carbonate de sodium Na₂CO₄▪ Figues	<ul style="list-style-type: none">▪ PCA : Pla Count Agar▪ OGA▪ Désoxycholate▪ BP : Glucose de Baird-Parker▪ VF : Gélose Viande-Foie Glucosée▪ MRS : Man Ragosa Sharpe▪ M17

Annexe 3 Appareillage



Annexe 4

Les yaourts préparés en ordre : YTV, YTC, YFV, YFC



Annexe5

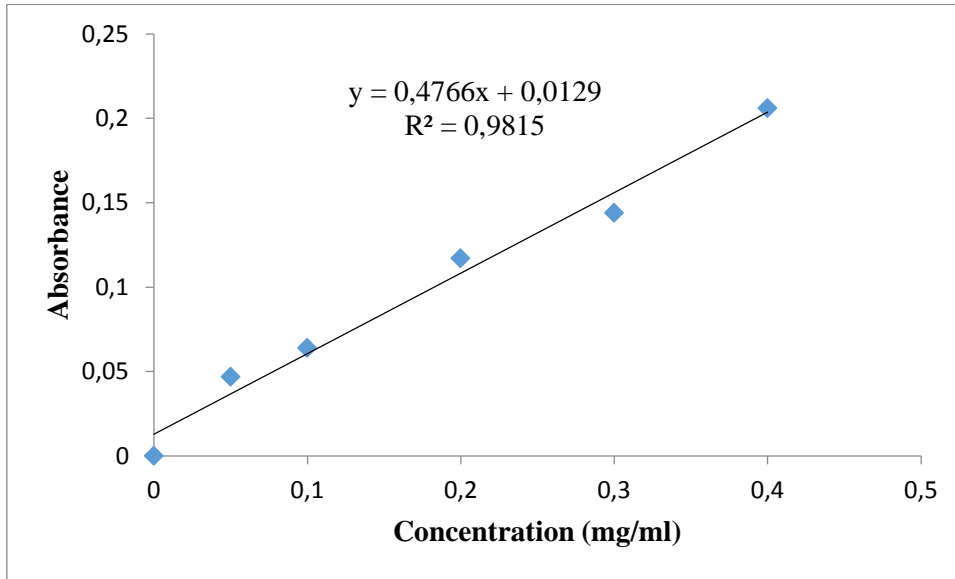


Figure : Courbe d'étalonnage de BSA.

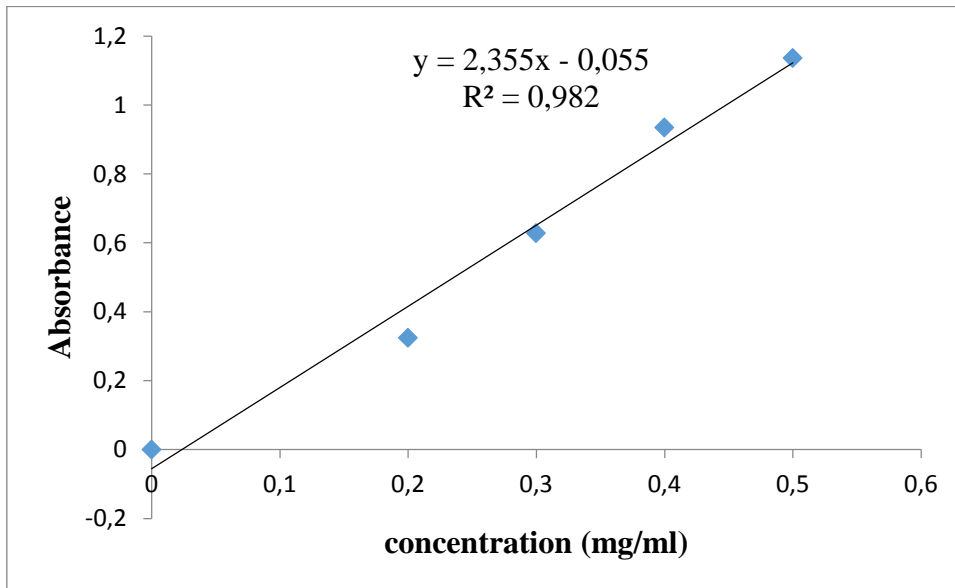


Figure : Courbe d'étalonnage de lactose (mg/ml).