

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie

Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Biologie

Spécialité : Biochimie

Thème

**Préparation d'un yaourt naturel à partir du lait de
vache collecté au niveau de la laiterie « CHIHIA »**

Par :

MOURED Sabah.

CHEMANI Soumaïa.

BEN TOUMI Djamilia.

Jury :

M. BELGHIT Saïd

Maître Assistant A

Univ. Ghardaïa

Encadreur

M. KRAIMAT. M

Maître Assistant A

Univ. Ghardaïa

Examineur

Année universitaire 2013/2014

HJGF

DEDICACES

Aucune uire ma profonde gratitude et ma reconnaissance pour toutes ces années.

Je dédie ce modeste travail à :

A Ma mère MALIKA, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A Mon père KOUIDER, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues expression, ne pourrait tradannées de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutient permanent venu de toi.

A Mes frère et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

SOURIYA, OUARDA, MOUNIRA, TALLAL et FAHED.

A Ma grand-père AHMED

A Mes très chers oncles spécialement SLIMANE, SALEM, ABDELKARIM, HACHEMI, MOUHAMED, MAAMER, MOUSSA, RABEH, AHMED, ABDELKADER, FATEH, et FAYCAL.

A Mes très chers tantes DJEDLA, ZOHRA, KHADOUDJA, NAIMA, SALIHA, et TALIA.

A tous ceux qui me sont chères : SABRINA, SALIMA, NASSIMA, HAYET, KHADIDJA, IMANE, MERIEM, RADIA, NADIA, ZOHRA, et SELMA.

Mes binômes: DJAMILA et SOUMAIA.

A tous les enfants : ABBES, READ, SAYEH, SOUTI, WALID, ISHAK, ILYAS, KHADRA, et NESSRINE.

En fin à mes meilleures amies : KHAWLA, IMANE « S », MERIEM, NACIRA, FATIHA, YAMNA, MASOUDA, NAWAL, SARAH, HAFSA, SOUMIA « Z », SAIDA, SOUMIA « D », AMIRA, FATIMA, MEGDOUDA, AMEL, HAMIDA, et ZAHIA.

SABAH MOUIRED.

DEDICACES

Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire" Ya Kayoum ".

Je dédie ce modeste travail à:

A mes très chers parents qui sacrifient pour que je réussisse dans mes études et je leur exprime toute ma tendresse et ma reconnaissance.

Mes très chères sœurs: KALTOUM, SALIHA et SAFA.

Mes très chers frères: MESSAOUD, TAIEB, AHMED, ABDE NOUR et le petit ABDE RAHMAN.

A tous ceux qui me sont chers:

MIDOU, YASMINE , ANAS, AYMEN, MALEK, SOUHAIBE, AMINA, CHAMSE, AYOUB, WALID, LAID, MARIA, ROKKAIA, KALTOUM, IMANE, KHADIDJA, OM ELKHEIR , LHADJ, et HAMZA .

Mes très chers oncles et tantes spécialement oncle LAKHNECHE, MAROUANE, ZEBIR, MOUHAMED, YAHIA et WAHIBA.

Ma très chère famille:

CHEMANI et BOUREGAA.

Mes binômes: DJAMILA et SABAH.

Mes meilleures amies :IMANE, NASSIRA, YAMNA, FATIHA, SAIDA, KHAOULA, NAWAL, ZAHIA, FATIMA , NOURA, MARIEM, HAFSA, SALWA, SARAH, ZOHRA, ZINEB , SOUMAIA.D, et SOUMAIA Z.

Et tous mes amis

SOUMIA CHEMANI

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

*Aux êtres les plus chers à mon cœur dans ce monde, mes parents en hommage à leurs sacrifices. Je leur demande de me pardonner pour tous les soucis que je leur ai causés.
Que Dieu leur donne santé et longue vie.*

A celle qui a sacrifié tout ce qu'elle a de cher pour me prodiguer une éducation, un soutien, une assistance et un encouragement pour enfin devenir ce que je suis maintenant. Dieu merci, tout simplement la plus des ses fiertés.

Ma chère mère.

A celui qui m'a toujours soutenu moralement et matériellement au cours de mes études, notamment au cours de mes moments difficiles, à qui j'ai éprouvé un profond respect.

Mon adorable père.

A ma princesse, la joie de ma vie, pardonne-moi pour tous les moments que j'ai passés loin de toi.

Le fils de ma sœur HAMZA.

Ma très chère sœur : AICHA, FATIMA, FATIHA.

Mes très chers frères : YACINE, BELKACEM, LAMINE, MASSAOUD, MAKHLOUF, et ALI.

A mon grand-mère SINNYA.

A tous ceux qui me sont chers: SAMOUHA, OUSSAMA, ABD EL MALEK, MANSOUR, READ, RITADJE, HADIL, RACHA, RAHAF, et MAYA.

A Mes familles BEN TOUMI, KOUADRE.

Mes binomes: SOUMAIA, SABAH.

A mes chères amies : :IMANE, NASSIRA, YAMNA, FATIHA, SAIDA, KHAOULA, NAWAL, ZAHIA, FATIMA, NOURA, MARIEM, HAFSA, SALWA, SARAH, ZOHRA, ZINEB, SOUMAIA.D, et SOUMAIA Z.

DJAMILA BEN TOUMI.

REMERCIEM

Nous remercions Dieu le Généreux pour nous avoir guidé vers la lumière de la recherche du savoir et de la science.

C'est avec un grand plaisir que, nous adressons nos sincères remerciements à l'égard de Notre encadreur, Monsieur BELGHIT Said maître-assistant A à la faculté des sciences de la nature et de la vie et Sciences de la terre.

Toute notre gratitude va s'adresser à M. KRAIMAT MOHAMED (maître-assistant à L'Université de Ghardaïa qui a accepté d'examiner notre mémoire)

Nous remercions tous les fonctionnaires au niveau de la laiterie CHIHIA - Guerrara

Nous exprimons nos vifs remerciements à notre professeur, Monsieur BELHACHEMI, pour l'aide qu'il nous a apporté

Nous exprimons nos sincères gratitude à notre enseignante M^{me} HAMIDOUDJANA, et tous les professeurs de la faculté de science de la nature et de la vie et spécialement les professeurs de la spécialité biochimie, M^{lle} TELLI, M. LAKHDARI, et Monsieur BEN BEKHTI.

Nous remercions particulièrement M^{me} ZINEB NADJA, et Monsieur HAMZA MEHDI et Mme KALTOUM.

SABAH MOURED

SOUMAIA CHEMANI

DJAMILA BEN TOUMI

Résumé :

Dans le cadre de préparation d'un yaourt naturel à partir de lait de vache. Nous avons pris comme source de bactéries un yaourt fabriqué (Activia), ensuite nous avons utilisé 7 pots dont quatre comprenant yaourt plus lait, deux témoins contenant respectivement yaourt et lait, un autre contenant yaourt bouilli plus lait. Les pots de mélange yaourt plus lait ont présenté un aspect gélatineux et une diminution de pH. Ce résultat confirme le rôle important des bactéries lactiques dans la fermentation de lait. Pour une identification préliminaire, des frottis bactériens sont soumis à deux colorations différentes puis à un examen microscopique. Les résultats ont montré la présence de deux types de bactéries appartenant au groupe des bactéries Gram positif.

Mots clés : lait, fermentation, yaourt, bactéries lactiques

ملخص :

في إطار تحضير ياغورت طبيعي أنطلاقا من حليب بقري، أخذنا كمصدر للبكتيريا ياغورت مصنع Activia، ثم استعملنا 7 أصص صغيرة. منها أربعة تحوي ياغورت و حليب، إثنان شاهدان يحويان على التوالي ياغورت ، حليب وواحد يحوي ياغورت مغلى و حليب. الأصص الحاوية للياغورت و الحليب أعطت مظهرا لزجا ونقصانا في قيمة الـpH هذه النتيجة تبرز الدور الهام لبكتيريا الحليب في التخمر. لأجل تصنيف أولي لهذه البكتيريا أجرينا مسحتين منها و أخضعناهما لتلوينين مختلفين و كذا اختبار مجهري، حيث أظهرت النتائج نوعين من البكتيريا تنتمي إلى البكتيريا غرام موجب.

كلمات مفتاحية : حليب ، تخمر، ياغورت، بكتيريا الحليب

Tableau des matières

INTRODUCTION	1
--------------------	---

Chapitre I: Synthèse bibliographie.

I.- Généralités sur le lait	3
1.- Définitions du lait	3
2.- Composition du lait	3
2.1.- L'eau	3
2.2.- Matière grasse	3
2.3.- Matière azotée.....	4
2.4.- Les glucides	5
2.5.- Matière minérale	5
2.6.- Biocatalyseurs	6
2.6.1.- Enzymes	6
2.6.2.- Vitamines	6
3.- Variations dans la composition du lait	7
3.1.- Facteurs intrinsèques	8
3.1.1.- Facteurs génétiques	8

3.1.2.- Stade de lactation	8
3.1.3.- Age et nombre de vêlage	8
3.1.4.- Etat sanitaire	8
3.2.- Facteurs extrinsèques	9
3.2.1.- Alimentation	9
3.2.2. Saison et climat	9
4.- Les caractéristiques physico-chimiques du lait	9
4.1.- La densité	9
4.2.- L'acidité de titration ou acidité Dornic	9
4.3.- Le point de congélation	10
4.4.- Le pH	10
5.- Microbiologie du lait cru	10
6.- Produits laitiers	11
II.- Généralités sur la fermentation	13
1.- Définition de la fermentation	13
2.- Les différents types de fermentation	13
2.1.- Fermentation alcoolique	13

2.2.- Fermentation acétique	13
2.3.- Fermentation malolactique	14
2.4.- Fermentation lactique	14
2.4.1.- Principales voies fermentaires des bactéries lactiques	14
3.- Applications de la fermentation	15
III.- Généralités sur le yaourt	16
1.- Définition du yogourt	16
2.- Historique	16
3.- Fabrication de yaourt	16
3.1.- Matière première	16
3.2.- Préparation et standardisation du mélange laitier	17
3.3.- Homogénéisation et traitement thermique du lait	18
3.4.- Inoculation, fermentation et conditionnement	19
3.5.- Fermentation yogourt fermé et yogourt brassé	19
3.6.- Refroidissement et transport	19
4.-Principaux défauts de texture	20
4.1.- Synérèse	20

5.- Autres défauts de texture	21
IV.- Généralités sur les bactéries lactiques	22
1.- Définition et caractéristiques	22
2.- Classification des bactéries lactiques	23
3.- Identification des bactéries lactiques au niveau phénotypique	24
3.1.- La fermentation des sucres	24
3.2.- La production des exopolysaccharides (EPS)	24
4.- Identification génotypique des bactéries lactiques	24
5.- Rôle des bactéries lactiques dans l'altération des aliments	25
6.- Intérêt des bactéries lactiques	25
6.1- Dans l'industrie alimentaire	25
6.2.- Dans le domaine thérapeutique	26

Chapitre 2 : matériel et méthode

1.- Matériels	27
1.1.- Appareillage	27
1.2.- Petit matériel	27
1.3.- Produits chimiques	27
1.4.- Lait de vache	27

1.5.- Bactéries de fermentation	27
2.- Méthodes	28
2.1.- Préparation de yaourt	28
2.2.- Mesure de l'acidité	28
2.3.- Etude micromorphologique des bactéries de yaourt préparé	28
2.3.1.-Réalisation d'un frottis	28
2.3.2.- Coloration au bleu de méthylène	28
2.3.3.- Coloration de Gram	29

Chapitre 3 : Résultats et discussion

1- Acidité et consistance du contenu des petits pots de yaourt	30
2- Acidité et consistance de mélange yaourt dilué bouilli et lait de vache	30
Figure 2	31
Figure 3	31
Discussion	32

LISTE DES ABREVIATIONS :

AFNOR : Association Française de Normalisation

C°: des Degré Celsius

Ca : calcium

Ca/P : calcium/phosphor

CIPC : Commission Contractuel Pratiques Interprofessionnelle

°D : degré Dornic

EPS : Exopolysaccharide

FAO Food and Agriculture organisation

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nation

g: Gramme

Gal: galactose

Glu : glucose

L : Litre

Lac :lactoses

Log : Logarithme

Lb : *Lactobacillus*

MG : Matière Grasse

Mg: magnésium

ml : Millilitre

Na Cl: chlorure de sodium

pH : Potentielle d'Hydrogène

PLÉ: Poudre de lait écrémé

ssp. : sous-espèce

sp. : espèce inconnue

t: Temps

TB : Taux butyreux

TP : Taux protéique

UFC/g : Unité Formant Colonie par Gramme

< : Inférieur

> : Supérieur

% : Pourcentage

P₂O₅ : l'acide phosphorique

µm : micromètre

st: streptococcus

LISTE DES TABLEAUX :

<i>NUMERO</i>	<i>TITRE</i>	<i>PAGE</i>
01	Composition moyenne du lait de vache.	7
02	Flore originelle du lait cru.	11
03	Acidité et consistance du contenu des petits pots de yaourt.	30
04	Acidité et consistance du contenu des petits pots de yaourt bouilli et lait de vache.	30

Liste des Figures

Numéaux	Titres Du Figures	page
Figure 1	Photographies des bactéries lactiques en microscope électronique	23
Figure 2	Petits pots du yaourt préparé	31
Figure 3	Photographies microscopiques des frottis bactériennes du yaourt préparé	31

INTRODUCTION

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE

La production de laits fermentés représente une technologie complexe, qui fait intervenir différents facteurs, des facteurs biologiques, associés à la mise en œuvre d'une matière première d'origine vivante, le lait, et à sa transformation par des micro-organismes, les bactéries lactiques; Cette complexité permet des combinaisons très diverses, ce qui aboutit à l'élaboration de produits très variés (Béal, 2003)

Les produits laitiers fermentés représentent une famille de produits très variés, ancrée dans la culture alimentaire. Ils regroupent les yaourts, les fromages, les petits suisses... Ils sont une source de plaisir alimentaire importante, tout en apportant des nutriments essentiels à notre santé, car l'équilibre alimentaire est un facteur majeur de bonne santé tout au long de la vie (Caro, 2012).

Le lait de vache et les produits laitiers qui en sont dérivés protégeraient aussi de certaines infections et aideraient à faire baisser la tension. Hormis pour les personnes allergiques aux protéines du lait et les intolérants au lactose, " ils apportent des bienfaits à tous les âges" (Capuano, 2011).

Les procédés de fabrication des yaourts et des laits fermentés se caractérisent par trois grandes étapes: la préparation du lait, la fermentation et les traitements post-fermentaires du produit. La fermentation lactique correspond à la transformation du lactose du lait en acide lactique, sous l'action de micro-organismes spécifiques appelés bactéries lactiques (Sodini, 2003).

Le yaourt est un produit fermenté d'origine animale à base de lait. Sa fabrication fait intervenir des bactéries lactiques dont l'action conduit à la formation d'acide lactique à partir du lactose ou sucre du lait (Righi, 2006). La caractéristique particulière de ce produit alimentaire est celle de contenir un nombre considérable de ferments lactiques (Lusiani et Bianchi, 1974). Le yaourt fait l'objet d'une définition très précise quant aux bactéries qu'il contient: il s'agit exclusivement des espèces *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Ces bactéries, utilisées depuis des milliers d'années par l'homme dans les processus de fermentation du lait (Jacques, 2012)

L'intérêt majeur de la consommation des produits laitiers réside dans leur contenu en calcium qui assure une meilleure ossification. Cette observation (calcium laitier et ossification) a déjà été

présentée dans *Science et pseudo-sciences* (Guéguen, 2008). Mais il reste possible d'élargir l'argumentaire (Marie Bourre, 2011).

Notre projet de fin d'étude a pour objectifs:

- Mettre en évidence l'intérêt des bactéries lactiques dans la fabrication du yaourt
- Essai de préparer un yaourt d'une façon artisanale à partir d'un lait de vache.

Notre manuscrit est divisé en trois parties : la première partie aborde quelques notions à savoir: le lait, la fermentation, le yaourt et les bactéries lactiques. La deuxième partie est réservée à la présentation du matériel et la description des méthodes utilisées. Les résultats et leur discussion sont présentés dans la troisième partie.

Une conclusion générale et les perspectives qui en découlent ainsi que les références bibliographiques clôturent ce manuscrit.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ

Revue bibliographique

I.- Généralités sur le lait

L'Algérie est le premier consommateur de lait au Maghreb, avec près de 3 milliards de litres par an (Kirat, 2007). Cet aliment occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens, il apporte la plus grande part de protéines d'origine animale. Acteur clé de l'industrie agroalimentaire, la filière Lait connaît une croissance annuelle de 8%. Avec un taux de collecte inférieur à 15%, cette filière reste, cependant, fortement dépendante de l'importation de poudre de lait (Silait, 2008).

1.- Définitions du lait

Le lait a été défini en 1908, au cours du Congrès International de la Répression des Fraudes à Genève comme étant : « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » (Alais, 1975).

Le Codex Alimentarius en 2002, le définit comme étant la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur. Le lait cru est un lait non chauffé au-delà de 40°C ni soumis à un traitement non thermique d'effet équivalent notamment du point de vue de la réduction de la concentration en micro-organismes (Deforges *et al.*, 1999).

2.- Composition du lait

Le lait de vache est un lait caséineux. Sa composition générale est représentée au tableau n°1. Les données sont des approximations quantitatives, qui varient en fonction d'une multiplicité de facteurs: race animale, alimentation et état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite. Il reste que la composition exacte d'un échantillon de lait ne peut s'obtenir que par analyse (Roudaut et Lefrancq, 2005).

2.1.- L'eau

L'eau est l'élément quantitativement le plus important: 900 à 910 g par litre. En elle, sont dispersés tous les autres constituants du lait, tous ceux de la matière sèche (Mathieu, 2002).

2.2.- Matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre (Luquet, 1999). Elle est constituée par 98,5% de glycérides (esters d'acide gras et de glycérol), 1% de phospholipides polaires et 0,5% de substances liposolubles cholestérol, hydrocarbures et vitamines A, D, E, et K (Goursaud, 2004). La matière grasse est dispersée en émulsion, sous forme de microgouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante qu'est le lait écrémé (Boutonnier, 2008). Cet état globulaire est fragile; toute altération de la membrane par voie chimique, physique et microbienne conduit à la déstabilisation de l'émulsion. Cette évolution peut être accidentelle, elle se traduit alors le plus souvent par une séparation de la phase grasse sous forme d'huile ou d'agrégats et/ou par l'apparition de saveurs indésirables (rancidité-oxydation); lorsqu'elle est dirigée, elle permet la concentration de la phase grasse sous forme de beurre après barattage, ou sous forme d'huile de beurre et de matière grasse laitière anhydre après chauffage et centrifugation (Madji, 2009).

2.3.- Matière azotée

La matière azotée du lait englobe deux groupes, les protéines et les matières non protéiques qui représentent respectivement 95% et 5% de l'azote minéral du lait (Goursaud, 2004). Les protéines se répartissent en deux phases: une phase micellaire et une phase soluble. La phase micellaire représente la caséine totale (environ 80% des protéines du lait) du lait. Elle est formée par quatre protéines individuelles:

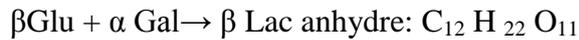
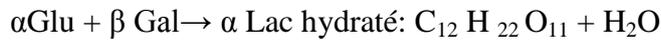
- Alpha-caséines ou caséines α_1 36 % et α_2 10 %
- Bêta-caséine ou caséine β 34 %
- Kappa-caséine ou caséine κ 13 %
- Gamma-caséines ou caséine γ 7 % (produits de la protéolyse de la β -caséine) (Goy et al., 2005).

Une micelle de caséine contient environ 92 à 93% de protéines, les caséines, et 8% de minéraux. La partie minérale de la micelle comporte 90% de phosphate de calcium et 10% d'ions citrate et de magnésium (2,9 % de Ca, 0,1% de Mg, 4,3% d'ions phosphate, 0,5% d'ions citrate) (Cayot et Lorient, 2003). La présence de phosphate de calcium lié à la caséine est l'une des forces responsables de la stabilité de la structure des micelles de caséine (Marchin, 2007).

Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique et de permettre la coagulation. Elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromage et en laits fermentés (Ramet, 2000). L'autre fraction protéique (environ 17%) du lait est présente dans le lactosérum. Les deux principales protéines sériques sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine (Cayot et Lorient, 2003).

2.4.- Les glucides

Le sucre principal du lait est le lactose; c'est aussi le composé prépondérant de la matière sèche totale. Sa teneur s'élève en moyenne à 50g par litre. C'est un disaccharide constitué par de l' α ou β glucose uni à du β galactose, ce qui est à l'origine de la présence de 2 lactoses (Luquet, 1999):



Le lactose est fermentescible par de nombreux micro-organismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication de produits laitiers (Morrissey, 2005).

- Fermentation lactique: due aux bactéries lactiques naturelles ou ajoutées (ferments lactiques) qui utilisent le lactose en le transformant en acide lactique. Cette fermentation lactique est souvent accompagnée d'une production plus au moins grande de substances secondaires (ex. diacétyle) responsables de l'arôme des produits laitiers (Gordon et Loisel, 1995).

- Fermentation propionique: due aux bactéries propioniques qui transforment le lactose en acide propionique et en acide acétique responsables de la flaveur des fromages à pâte cuite et en gaz carbonique induisant l'ouverture de ces fromages (Luquet, 1999). A température élevée, le lactose participe avec les protéines à des réactions de brunissement non enzymatique pouvant altérer la couleur des laits stérilisés (Alais, 2008).

2.5.- Matière minérale

La matière minérale du lait (7g à 7,5g/l) est fondamentale d'un point de vue nutritionnel et technologique. Il est possible de doser les matières minérales ou cendres du lait par une méthode de calcination à 550°C (Luquet, 1999). Les minéraux sont présents, soit en solution dans la fraction soluble, soit sous forme liée dans la fraction insoluble. Certains minéraux se trouvent exclusivement à l'état dissous sous forme d'ions (sodium, potassium et chlore) et sont particulièrement biodisponibles. Les ions calcium, phosphore et soufre existent dans les deux fractions (Mathieu, 2002). Il existe un équilibre entre les formes solubles et colloïdales, d'une part, et entre les formes ionisées et non dissociées d'autre part. Cet état est précaire parce qu'il est sensible à divers facteurs, notamment au pH, à la température, et à la concentration ou à l'addition de calcium. Toute altération de ces équilibres modifie la stabilité du lait, notamment les propriétés de la caséine native (Luquet, 1999).

En raison de la présence concomitante de lactose et de phosphopeptides (produits d'hydrolyse de la caséine), les minéraux sont, de tous les éléments du lait, ceux qui sont les mieux adsorbés et retenus. A cet égard, le rapport calcium/phosphore (Ca/P) du lait de vache (voisin de 1,2), bien qu'inférieur à celui du lait maternel (voisin de 2,2), est de loin supérieur à celui des autres denrées alimentaires, faisant du lait une excellente source de calcium et un bon correctif des rations pauvres en calcium (FAO, 2003).

2.6.- Biocatalyseurs

2.6.1.- Enzymes

Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Plus de 60 enzymes principales ont pu être isolées du lait ou dont l'activité a été déterminée. La moitié d'entre elles sont des hydrolases (Pougheon, 2001). Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés :

- Lyses des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipases, protéases). Ainsi, on distingue des protéases originelles du lait; la plasmine, des protéases d'origine microbienne. Le genre *Pseudomonas* et tout particulièrement l'espèce *Pseudomonas fluorescens*, synthétise des protéases exocellulaires thermostables. (Miranda et Gripon, 2001).
- Rôle antibactérien, elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme). (Pougheon, 2001).
- Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), de traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétyl estérase, sont des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xanthine-oxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre) (Pougheon, 2001).

2.6.2.- Vitamines

Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique (Pougheon, 2001).

On classe les vitamines en deux grandes catégories :

- les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait
- les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (Debry, 2001).

Tableau 1. Composition moyenne du lait de vache.

	Composition (g/L)	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) plus eau liée (3,7%)
Glucides (lactose)	49	Solution
Lipides		
Matière grasse proprement dite	35	Emulsion des globules gras (3 à 5 µm)
Lécithine (phospholipides)	34	
Insaponifiable (stérols,	0.5	
carotènes,tocophérol)	0.5	
Protides		
Caséine	34	Suspension micellaire phosphocasinatocalcium (0,08 à 0,12 µm)
Protéines solubles (globulines, albumines)	27	
Substances azotées non protéiques	2.5	Solution (colloïdale)
	1.5	Solution (vraie)
Sels		
De l'acide citrique (en acide)	9	Solution ou état colloïdale
De l'acide phosphorique (P ₂ O ₃)	2	
Du chlorure de sodium (NaCl)	2.6	
	1.7	
Constituants divers (vitamines, enzymes, gaz dissous)	Traces	
Extrait sec total	127	
Extrait sec non gras	92	

(Alais *et al.*, 2008)

3.- Variations dans la composition du lait

Le lait qui arrive à l'usine, constitue une matière première dont la composition n'est pas fixe. Ce caractère rend donc l'utilisation de cette matière première assez difficile, diminue les rendements et modifie les caractères organoleptiques des produits finis (Alais *et al.*, 2008). Deux grands types de variation existent, au stade de l'animal et au stade du traitement du lait. La composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs (Stoll, 2003). Ces principaux facteurs de variation sont bien connus. Soit intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, etc.), ou extrinsèques liés au milieu et à la conduite d'élevage (climat,

alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter, compte tenu de leurs interrelations (Wolter, 2008).

3.1.- Facteurs intrinsèques

3.1.1.- Facteurs génétiques

On observe 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, 2008).

L'existence de variants génétiques A et B issus des mutations ponctuelles. Ces derniers donnent des protéines différentes qui ne se distinguent que par l'échange 1 ou 2 acides aminés. Les variants génétiques des protéines du lait, notamment ceux de la caséine κ et de la β -lactoglobuline, influencent la composition du lait et certains critères de productivité des vaches (Jakob et Hänni, 2004).

3.1.2.- Stade de lactation

Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés. En outre, les deux taux, protéique et butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives (Meyer et Denis, 1999).

3.1.3.- Age et nombre de vêlage

La quantité de lait augmente généralement du 1^{er} vêlage au 5^{ème}, puis diminue sensiblement et assez vite à partir du 7^{ème} (Veisseyre, 2008). Le vieillissement des vaches provoque un appauvrissement de leur lait, ainsi la richesse du lait en matière sèche tend à diminuer. Ces variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle; en fonction de l'âge, le nombre de mammites croît et la proportion de protéines solubles augmente en particulier celles provenant du sang (Mahieu, 2009).

3.1.4.- Etat sanitaire

Lors d'infection, il y a un appel leucocytaire important qui se caractérise par une augmentation de comptage cellulaire induisant des modifications considérables dans la composition du lait (Badinand, 1994). Les mammites sont les infections les plus fréquentes dans les élevages laitiers.

Elles sont à l'origine d'une modification des composants du lait avec pour conséquence, une altération de l'aptitude à la coagulation des laits et du rendement fromager (Toureau *et al.*, 2004).

3.2.- Facteurs extrinsèques

3.2.1.- Alimentation

L'alimentation joue un rôle important; elle permet d'agir à court terme et de manière différente sur les taux de matière grasse et de protéines. En effet, le taux protéique varie dans le même sens que les apports énergétiques, il peut aussi être amélioré par des apports spécifiques en acides aminés (lysine et méthionine). Quant au taux butyreux, il dépend à la fois de la part d'aliment concentré dans la ration, de son mode de présentation et de distribution (Coulon et Hoden, 2007).

3.2.2. Saison et climat

L'effet propre de la saison sur les performances des vaches laitières est difficile à mettre en évidence compte tenu de l'effet conjoint du stade physiologique et des facteurs alimentaires (Coulon *et al.*, 2007). La production laitière est maximale au mois de juin et minimale en Décembre. A l'inverse, les taux butyreux et protéique du lait sont les plus faibles en Eté et les plus élevés en Hiver. Chez des vaches de type pie noire, ils atteignent 3g/Kg pour le taux butyreux et près de 2g/Kg pour le taux protéique. (Coulon *et al.*, 2007).

4.- Les caractéristiques physico-chimiques du lait

4.1.- La densité

Elle oscille entre 1,028 et 1,034. Elle doit être supérieure ou égale à 1,028 à 20°C. La densité des laits de grand mélange des laiteries est de 1,032 à 20°C. La densité des laits écrémés est supérieure à 1,035. Un lait à la fois écrémé et mouillé peut avoir une densité normale (Vierling, 2008).

4.2.- L'acidité de titration ou acidité Dornic

L'acidité de titration indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose. Un lait frais a une acidité de nitrations de 16 à 18°Dornic (°D). Un lait conservé à la température ambiante, il s'acidifie spontanément et progressivement (Mathieu, 2002). C'est la raison pour laquelle on distingue l'acidité naturelle, celle qui caractérise le lait frais, d'une acidité développée issue de la transformation du lactose en acide lactique par divers microorganismes (CIPC lait, 2011).

On exprime couramment l'acidité d'un lait en degrés Dornic; ce dernier étant le nombre du dixième de millilitre de soude utilisée pour titrer 10 millilitres de lait en présence de

phénolphtaléine. Deux laits peuvent avoir le même pH et des acidités titrables différentes et inversement. C'est à dire qu'il n'y a pas de relation d'équivalence réelle entre le pH et l'acidité de titration (Dieng, 2001).

4.3.- Le 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 $-0,54\text{ °C}$ et $-0,55\text{ °C}$ (Mathieu, 2002). 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 $0,0055\text{ °C}$ (Goursaud, 2004).

4.4.- 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 (H_3O^+) et donc une diminution du pH, car :

$$\text{pH} = \log 1/ [\text{H}_3\text{O}^+].$$

A la différence à l'acidité titrable qui 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). Un lait mammiteux, contenant des composés à caractéristiques basiques, aura un $\text{pH} = 7$ et le colostrum un pH voisin de 6 (Luquet, 1999).

5.-Microbiologie du lait cru

Le lait contient un nombre variable de cellules; celles-ci correspondent à la fois à des constituants normaux comme les globules blancs, mais également à des éléments d'origine exogène que sont la plupart des microorganismes contaminants (Gripon *et al.*, 1975).

Les microorganismes, principalement, présents dans le lait sont les bactéries. Mais, on peut aussi trouver des levures et des moisissures, voire des virus. De très nombreuses espèces bactériennes sont susceptibles de se développer dans le lait qui constitue, pour elles, un excellent substrat nutritif. Au cours de leur multiplication dans le lait, elles libèrent des gaz (oxygène, hydrogène, gaz carbonique, etc.), des substances aromatiques, de l'acide lactique (responsable de l'acidification en technologie fromagère), diverses substances protéiques, voire des toxines pouvant être responsables de pathologie chez l'homme (Institut de l'élevage, 2009).

L'importance et la nature des bactéries contaminants le lait, dépendent, de l'état sanitaire de l'animal, de la nature des fourrages (Agabriel *et al.*, 1995). Mais aussi des conditions hygiéniques observées lors de la traite, de la collecte, de la manutention et de la température de conservation du lait (Robinson, 2002). Un lait est considéré comme peu contaminé s'il renferme quelques centaines à quelques milliers de germes par millilitre, un lait fortement pollué peut en contenir plusieurs centaines de milliers à plusieurs millions par ml (Ramet, 1985). Dans cette microflore contaminante, les bactéries conditionnent le plus directement la qualité hygiénique ainsi que l'aptitude à la conservation et à la transformation de la matière première (Adda *et al.*, 1982).

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10³ germes/ml). A sa sortie du pis, il est pratiquement stérile et est protégé par des substances inhibitrices appelées lacténines à activité limitée dans le temps (une heure environ après la traite) (Cuq, 2007). La flore originelle des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis, les genres dominants sont essentiellement des mésophiles (Vignola, 2002). Il s'agit de microcoques, mais aussi streptocoques lactiques et lactobacilles. Ces microorganismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation (Guiraud, 2003). Et n'ont aucun effet significatif sur la qualité du lait et sur sa production (Varnam et Sutherland, 2001). Le tableau n°2 regroupe les principaux microorganismes originels du lait avec leurs proportions relatives.

Tableau 2. Flore originelle du lait cru.

Microorganismes	Pourcentage (%)
<i>Micrococcus</i> sp.	30-90
<i>Lactobacillus</i>	10-30
<i>Streptococcus</i> ou <i>Lactococcus</i>	< 10
Gram négatif	< 10

(Vignola, 2002).

6.- Produits laitiers

Les produits laitiers probiotiques appartiennent à la catégorie des produits laitiers fonctionnels qui ont montré une croissance impressionnante au cours de la dernière décennie (Menrad, 2003).

Ainsi, le nombre des produits disponibles et la connaissance du consommateur du concept probiotique a évolué, et, en conséquence, la recherche sur ces produits a également augmenté. Plus de 600 produits alimentaires probiotiques sont commercialisés par l'industrie laitière

depuis 2006 comprenant: les crèmes glacées, les fromages, beurre, laits en poudre, desserts glacés et mayonnaise (Sveje, 2007). Cependant, les exemples les plus connus des produits laitiers probiotiques sont le lait fermenté et les yaourts, qui sont généralement consommés après quelques jours ou semaines de leur fabrication (Nagpa *et al.*, 2007).

Le yaourt a longtemps été reconnu comme un produit avec de nombreuses caractéristiques appréciées par les consommateurs, ce qui en fait un choix évident en tant que porteur de souches probiotiques. Au cours de ces dernières années, la popularité de bio-yaourts, contenant des ferments *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* et des espèces de *Bifidobacterium* a augmenté de manière significative (Farnworth, 2008).

Une revue récente dans le *British Journal of Nutrition* comprend la conclusion suivante: "Le concept de «probiotiques» a évolué vers une notion simple et directe: Les probiotiques sont des microorganismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités exactes confèrent un avantage sur la santé d'hôte. La consommation de yaourt a été montrée à induire des avantages mesurables sur la santé liés à la présence de bactéries vivantes, par rapport aux produits avec des bactéries tuées. Ainsi, les levains du yaourt remplissent clairement le concept actuel des probiotiques au moins pour ses effets bénéfiques sur la digestion du lactose *in vivo* (Guarner *et al.*, 2005). Les cultures probiotiques de lactobacilles et de bifidobactéries restent viables dans le yaourt au cours du stockage réfrigéré à des niveaux supérieurs à 10⁶ UFC/g. Cependant, des problèmes de stabilité des bactéries probiotiques dans le yaourt et les produits laitiers fermentés ont été rapportés (Farnworth, 2008).

II.-Généralité sur la fermentation

1.-Définition de la fermentation

Le terme fermentation est dérivé du mot latin *fervere*, qui signifie bouillir. En effet, l'observation d'un liquide en fermentation montre un dégagement important de gaz provoquant de la mousse, de l'écume et l'aspect d'un liquide en ébullition. C'est en réalité, l'action de transformation de substances végétales ou animales sous l'action de micro-organismes ou plus exactement des enzymes qu'ils contiennent (Cécile, 2006). Ce phénomène est scientifiquement connu depuis le XIXe siècle, mais a été exploité par l'homme depuis la Haute Antiquité. IL est même l'un des plus anciens procédés de conservation des aliments (Archibald *et al.*, 2014).

La fermentation est une réaction biochimique qui se produit dans des milieux dépourvus d'oxygène et qui transforme une substance organique sous l'effet d'enzymes, aussi appelées ferments. Ces enzymes sont produites par des micro-organismes invisibles à l'œil nu comme les levures, les bactéries, les champignons et les moisissures (Robert *et al.*, 2014).

2.-Les différents types de fermentation

Il existe différents types de fermentations

2.1.- Fermentation alcoolique

Une fermentation qui permet la production de l'alcool à partir de jus de fruits; sous l'effet des enzymes, le sucre des fruits est transformé en éthanol et en bulles de dioxyde de carbone (Rosemonde *et al.*, 2014). Après la récolte des grappes de raisins, ces derniers sont écrasés afin d'en extraire le moût. Celui-ci est en suite placé dans une cuve de fermentation. Durant une vingtaine de jours, les levures, principalement *Saccharomyces cerevisiae*, transforment les sucres contenus dans le raisin en alcool, selon la réaction de Gay-Lussac: $C_6H_{12}O_6 \Rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$
Glucose \Rightarrow alcooléthylique + gaz carbonique (Branaset *al.*, 2011)

2.2.- Fermentation acétique

La fermentation acétique qui donne le vinaigre. Le vinaigre est obtenu par la fermentation acétique qui transforme en acide acétique l'alcool d'un vin sous l'effet des bactéries *Acetobacter*. C'est l'acide acétique qui donne au vinaigre son acidité caractéristique et en fait un conservateur efficace (Brung, 2006).

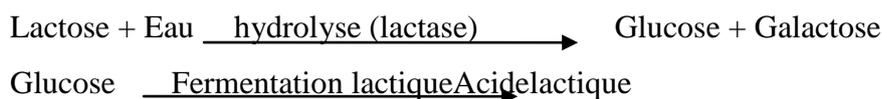
2.3.- Fermentation malolactique

Elle intervient notamment dans la fabrication du vin (Roparzet *al.*, 2014). Les bactéries lactiques peuvent agir sur le vin, et en particulier *Oenococcus*. Celles-ci permettent la stabilisation biologique du vin et réduisent son acidité. La réaction qui a lieu est la transformation de l'acide malique en acide lactique et gaz carbonique:



2.4.- Fermentation lactique

Fermentation qui intervient dans la fabrication du yaourt, du fromage, mais aussi de la choucroute et du pain au levain. La fermentation lactique est une réaction biochimique entre des bactéries et du lait. Les ferments se développent au profil du lactose (glucide du lait) et ils provoquent ainsi la formation d'acide lactique qui fait lentement coaguler la caséine (protéine du lait) (Righi, 2006).



Cette réaction est appelée la fermentation lactique (car il y a production d'acide lactique). c'est que cette réaction ne permet pas la production d'ATP, mais elle permet à la glycolyse de se dérouler en absence de d'oxygène. On remarquera également que cette réaction utilise le produit de la glycolyse (le pyruvate), c'est pourquoi elle ne permet pas la régénération des NADH+H⁺ produit par le cycle de Krebs (Camus, 2011).

L'objectif de la fermentation lactique est tout d'abord d'augmenter la stabilité du produit, par inhibition des altérations microbiennes et enzymatiques éventuelles et, par conséquent, d'allonger sa durée de conservation. Elle permet également d'obtenir des produits sains, c'est-à-dire exempts de micro-organismes pathogènes. Enfin, elle confère aux produits obtenus des propriétés nutritionnelles et organoleptiques particulières (texture, arômes, saveur) (Sodini, 2003).

2.4.1.- Principales voies fermentaires des bactéries lactiques

Toute croissance nécessite la production d'énergie, et les bactéries lactiques ne font pas exception à la règle. Hétérotrophes, elles tirent leur énergie de la fermentation de substrats carbonés. Les carbohydrates fermentés en acide lactique par les bactéries lactiques peuvent être des monosaccharides ou des saccharides. (Atlan *et al.*, 2008)

La fermentation des sucres s'effectue essentiellement en trois étapes:

- Le transport du sucre à travers la membrane cellulaire.
- Le catabolisme intracellulaire du sucre.
- La formation et expulsion extracellulaires des métabolites terminaux (Atlan et al., 2008)

3.-Applications de la fermentation:

La fermentation est un phénomène naturel à l'œuvre dans la fabrication de nombreux produits alimentaires. On peut faire fermenter des céréales, des fruits, du lait ou du thé pour obtenir du pain au levain, de la bière, du vin, du fromage.

Ce processus a plusieurs effets sur les aliments

- il enrichit les aliments en nutriments
- il transforme leur goût en développant des arômes
- il allonge leur durée de conservation (Roberte et al., 2014)

III.-Généralités sur le yaourt

1.- Définition du yogourt

La réglementation québécoise attribue l'appellation yogourt à un lait (entier, partiellement écrémé ou écrémé) ayant subi une fermentation par l'action conjointe des bactéries lactiques thermophiles *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus* (Mapaq, 2003). Les quatre principaux types de yogourts que l'on retrouve sur le marché sont fermés, brassés, à boire ou encore les yogourts glacés (Anonyme., 2006).

D'après le Codex Alimentarius (2003), le yaourt est un produit laitier obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* (*Lb. Bulgaricus*) et de *Streptococcus salivarius*, sous-espèce *thermophilus* (*St.thermophilus*).

La législation de nombreux pays exige que les bactéries du yaourt soient vivantes dans le produit mis en vente. Certains pays néanmoins admettent qu'à la suite d'un traitement thermique destiné à améliorer la durée de la conservation, le produit ne contienne plus de bactéries vivantes. Cette pratique n'est pas recommandable, car elle modifie les propriétés du yaourt (Anonyme, 2002). Le yogourt procure des bénéfices sur la santé des individus tel le renforcement des barrières immunologiques et s'avère un excellent vecteur pour l'ajout de fibres probiotiques et de bactéries probiotiques (Sullivan *et al.*, 2000).

2.- Historique

Originaire d'Asie, le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) vient de «yoghurmark», mot turc signifiant «épaissir» (Tamime et Deeth, 2000). 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).

3.- Fabrication de yaourt

3.1.- Matière première :

Le lait est l'ingrédient de base pour toute fabrication de yogourt. Alors que l'Amérique du Nord préconise l'utilisation du lait de vache pour la production de yogourts commerciaux (Prescott *et al.*, 2000). Le lait de vache est constitué en majeure partie d'eau, soit généralement près de 87.5%. Il contient aussi un mélange complexe de divers composants : des glucides (4.6%), des matières grasses (3.7%), des protéines (3.2%), ainsi que des vitamines et des minéraux (0.8%) (Amiot *et al.*,

2002). La plupart de ces constituants peuvent avoir un effet sur le produit fini tant au niveau des propriétés organoleptiques que rhéologiques. Par exemple, la présence de gras dans un yogourt influence l'onctuosité, la sensation en bouche et peut améliorer la rétention d'eau dans le produit (Sodini *et al.*, 2004).

Le lactose, un diholoside constitué d'un galactose et d'un glucose (3-galactosido (1-4) glucose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), est le sucre principal du lait et est aussi celui qui est utilisé par les bactéries lactiques pour leur croissance lors de l'étape de fermentation. Les protéines jouent aussi un rôle important (Les protéines du sérum, ou protéines sériques) se retrouvent sous forme de solution colloïdale. Les deux principales sont l'a-lactalbumine et la P-lactoglobuline, qui précipitent sous l'action de la chaleur (Amiot *et al.*, 2002).

En apparence, le yogourt devrait présenter une texture brillante, lisse, uniforme et exempte de grains (Tamime et Robinson, 2000). Malgré un contrôle rigoureux des procédés de fabrication, il n'est pas rare de constater des variations dans la texture des yogourts et du même coup l'apparition de défauts dans le produit. Ceux-ci sont occasionnés par le réarrangement protéique des caséines formant la matrice de gel et peuvent engendrer l'expulsion du lactosérum en dehors de la matrice, provoquant ainsi l'apparition de sérum, soit le phénomène de synérèse (Vliet *et al.*, 2002).

En fabrication de yogourt, la consistance et la viscosité du produit fini sont deux paramètres forts importants. Ainsi, le niveau de solides totaux du mélange laitier est normalement ajusté entre 14 et 15%, ce qui permet d'obtenir une texture onctueuse, ainsi que de minimiser l'apparition de sérum (Tamime et Robinson, 2002). L'ajout de poudre de lait écrémé, d'isolats ou de concentrés de protéines de lactosérum, de caséinate de sodium ou de calcium est un des moyens employés pour augmenter les solides totaux au niveau désiré (Amatayakul *et al.*, 2006).

3.2.- Préparation et standardisation du mélange laitier

Afin de répondre aux critères d'acceptabilité d'un yogourt, il est important d'obtenir les propriétés physiques désirées telles une viscosité et une consistance satisfaisante. Plusieurs étapes sont impliquées afin d'atteindre les attributs recherchés. Notamment, on compte l'étape d'enrichissement du lait, ou plus précisément la standardisation du mélange laitier (Wu *et al.*, 2009).

D'abord, le niveau de solides totaux, qui, au départ, se situe à près de 9% pour un lait écrémé (Amiot *et al.*, 2002) est élevé à 14-16% pour la fabrication de yogourt, Ceci permet entre autres d'augmenter la viscosité (Shah, 2003)

Le lait destiné à la fabrication de yogourt a toujours subi un traitement thermique, et ce, même de façon traditionnelle. En plus de permettre l'élimination de microorganismes non-désirables et/ou pathogène (Tamime et Robinson, 1999). Le but de celui-ci était, à l'origine, d'amener le lait à son point d'ébullition pour ainsi le réduire aux deux tiers de son volume initial. Ceci était, anciennement, une façon d'augmenter le niveau de solides (cette méthode demeure toutefois pratiquée actuellement dans certaines laiteries confectionnant le yogourt de façon artisanale). Le niveau de solides non-gras se situe quant à lui normalement entre 8.2-8.6% (Trachoo, 2002).

Dans de nombreux pays, il est d'usage d'ajouter des poudres de lait, dont la poudre de lait écrémé (Wu *et al.*, 2009). Celle-ci, en plus des poudres de caséines, permet d'augmenter et d'ajuster le niveau de protéines du produit afin de contrer les variations saisonnières des composantes laitières qui sont observées dans l'industrie, et du même coup d'augmenter la viscosité du produit (Wu *et al.*, 2009). Depuis le début des années 1990, l'ajout de poudres dérivées du lactosérum au lait destiné à la fabrication de yogourt a largement été étudié. Parmi les plus répandues, on retrouve les concentrés protéiques de lactosérum (CPL) ainsi que les isolats protéiques de lactosérum (IPL), Leur effet positif sur la rétention d'eau et sur la fermeté du gel a été démontré (Cheng *et al.*, 2000).

L'ajout d'agents stabilisants, les polysaccharides commerciaux, est courant en Amérique du Nord. Les polysaccharides les plus utilisés sont la gélatine, l'amidon, l'alginate, la carraghénane ou certains dérivés de cellulose, selon la législation (Trachoo, 2002). Leur fonction première est d'apporter une certaine consistance au gel. De plus, ils exercent un pouvoir de rétention d'eau sur le produit. Ces agents stabilisants s'avèrent bénéfiques pour le maintien de la texture du produit, considérant tous les traitements mécaniques pouvant être appliqués (brassage, pompages divers, lissage) durant sa production (Tamime et Robinson, 2002).

3.3.- Homogénéisation et traitement thermique du lait

L'étape d'homogénéisation force le lait à passer dans une tubulure sous haute pression. Par ce mécanisme, il est possible de réduire la taille des globules de gras, qui sinon pourraient avoir tendance à s'agglomérer entre eux et/ou à remonter en surface du produit. Alors, l'homogénéisation exercée permet de la réduire à moins de 2µm (Tamime et Robinson, 2001).

3.4.- Inoculation, fermentation et conditionnement

Suite au traitement thermique du lait, la température du mélange est abaissée entre 40-45°C en vue d'y ensemer les bactéries lactiques thermophiles. On inocule alors la préparation de lait avec deux souches bactériennes, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Le ratio d'ensemencement se situe habituellement entre 1/1 et 2/1 pour le yogourt (Hui *et al.*, 2004). La tendance à favoriser les streptocoques par rapport aux lactobacilles s'explique du fait que ces derniers, lorsque présents en trop grande quantité, ont tendance à provoquer une post-acidification du produit ainsi que des arômes non-désirables (Champagne, 2001).

Cultivée de façon individuelle, la souche *S. thermophilus* possède une croissance optimisée entre 35-40°C alors qu'une culture de *L. bulgaricus* croît idéalement à une température légèrement supérieure, soit entre 43-45°C (Hui *et al.*, 2004). L'incubation se fait donc en moyenne à près de 42-45°C afin de satisfaire la croissance des deux genres bactériens et de manière à favoriser la synergie entre elles. (Clark et Plotka, 2004).

3.5.- Fermentation yogourt fermé et yogourt brassé :

C'est à l'étape de fermentation que les démarches doivent être entreprises selon que l'on désire obtenir du yogourt ferme ou encore du yogourt brassé. Les procédures employées détermineront le type de gel obtenu dans le produit fini (Hui *et al.*, 2004). Pour l'obtention d'un yogourt de type fermé, le mélange laitier est réparti directement dans les pots de vente après l'inoculation. La fermentation a ainsi lieu directement en pots, dans une chambre de maturation. Dans le cas du yogourt brassé, la totalité du mélange laitier est entreposée dans un réservoir maintenu à température de fermentation appelé maturateur (Yildiz, 2010). Lorsque le pH atteint 4.6 ou le niveau d'acide lactique a atteint 0.9% la fermentation est stoppée en diminuant la température. Une action mécanique d'agitation à l'intérieur du maturateur est alors amorcée, préalable à l'étape de lissage du yogourt (Robinson, 1999).

3.6.- Refroidissement et transport :

Au terme de l'incubation, un refroidissement à une ou deux phases est effectué. Dans le cas d'un refroidissement à une phase, il y a abaissement rapide de la température à moins de 10°C. Ce processus, généralement entrepris en fabrication de yogourts fermés, est réalisé en transférant les pots dans une chambre réfrigérée, ou peut être accéléré par le passage dans un tunnel de refroidissement (Zoon, 2003).

Un refroidissement à deux phases est quant à lui plutôt adapté pour la production de yogourts brassés. Il requiert une diminution de la température à environ 20°C pour effectuer les étapes de brassage, de lissage, d'addition des fruits (s'il y a lieu) et de conditionnement en pots. Le brassage mécanique du yogourt force la dispersion des particules de gel dans le sérum. L'étape de lissage, quant à elle, oblige le caillé à passer par une pompe, ce qui permet de détruire les grumeaux pour ainsi donner un gel lisse. Or, des liens seront rapidement reformés de façon à former un gel faible qui reprendra de la consistance durant les premiers jours d'entreposage (Tamime, 2001).

L'étape de conditionnement et de mise en pots étant la dernière avant la réfrigération, elle n'est pas à négliger puisqu'elle doit assurer la salubrité du produit jusqu'au moment de la consommation. Une stérilisation des pots, au moyen de différents procédés, est donc souvent effectuée. Finalement, le produit sera transporté (habituellement par voie terrestre) aux différents points de vente, et ce toujours dans le souci de maintenir la chaîne de froid pour éviter toute altération du produit (Tamime et Robinson, 1999).

4.-Principaux défauts de texture

La texture d'un aliment englobe tous ses attributs structuraux et rhéologiques, pouvant être analysés soit de façon mécanique ou sensorielle (Sodini *et al.*, 2004). Visuellement, le yogourt devrait présenter une texture brillante, lisse, uniforme, et exempte de grains (Robinson, 2002). Les causes possibles de l'apparition de défauts sont diverses: changement des conditions d'incubation, une activité protéolytique de certaines souches psychrophiles, l'utilisation de stabilisants (les polysaccharides végétaux) (Lucey, 2004).

4.1.- Synérèse :

L'un des défauts le plus apparent et le plus fréquemment retrouvé dans le yogourt est la synérèse (Lucey, 2004). Phénomène indésirable, la synérèse se traduit par une expulsion du lactosérum de la matrice protéique, qui tend alors à remonter en surface du gel (Amatayakulet *et al.*, 2006). Ce défaut est directement remarqué par le consommateur lors de l'ouverture d'un pot de yogourt. Or, la présence de lactosérum dans le produit est souhaitable puisque c'est à celui-ci que l'on doit la texture semi-solide et la viscosité du yogourt. C'est aussi pourquoi, en fabrication de yogourt, aucune étape d'égouttage n'est effectuée, contrairement à la fabrication fromagère, ou celle-ci permet la séparation du lactosérum du caillé (Gelais et Collet, 2002).

La synérèse se présente sous deux formes, soit spontanée (endogène) ou encore provoquée. La synérèse est dite spontanée lorsque le lactosérum remonte en surface du yogourt à la suite de son expulsion du gel par la force de contraction de la matrice protéique. Cet événement peut avoir lieu soit au cours de la phase de gélification ou encore lors de l'entreposage (Lucey, 2001).

Divers changements dans les procédés de fabrication peuvent être responsables des défauts de synérèse. Ils peuvent survenir par exemple lorsque la fermentation est trop rapide ou que la température d'incubation est trop élevée. Le résultat obtenu est un réseau protéique grossier avec de larges pores renfermant le sérum et pouvant mener à l'expulsion de celui-ci (Lagoueyte *et al.*, 1996).

Afin d'évaluer le taux de synérèse d'un yogourt, les méthodes couramment utilisées sont le drainage ou encore la centrifugation (Vliet *et al.*, 1999).

5.- Autres défauts de texture

Les défauts de texture font allusion principalement à la fermeté (ou consistance) du gel ainsi qu'à sa viscosité. Une fermeté inadéquate se traduit par une texture trop molle ou à l'inverse trop ferme, un manque d'onctuosité ou encore une sensation granuleuse ou sableuse au palais (Lamontagne, 2002). La viscosité du gel, qui se définit comme la capacité de résister à la déformation (Duboc et Mollet, 2001).

L'apparition de l'un ou l'autre de ces défauts de texture peut être causée par une formulation inadéquate du mélange laitier, une température de pasteurisation ou un traitement thermique déficient, un débalancement des ferments ou des stabilisants ajoutés, une température d'incubation inadéquate (Hui *et al.*, 2004).

Plusieurs solutions ont été proposées afin d'éliminer les défauts décrits plus haut. Parmi celles-ci, on note l'élévation des solides du produit soit par l'addition de gras, de protéines, de sucres comme le glucose ou le fructose, ou encore l'addition d'agents stabilisants (Shah, 2003). Ces derniers sont des polysaccharides d'origine végétale ou algale tels que (pectine, l'amidon..). L'addition de tels stabilisants doit être permise par la législation et augmente les coûts de matière première. De plus, la tendance actuelle des consommateurs dans le marché du yogourt est axée sur un produit affichant une courte liste d'ingrédients, incluant donc le moins d'additifs possibles (Jolly *et al.*, 2002).

IV.- Généralités sur les bactéries lactiques

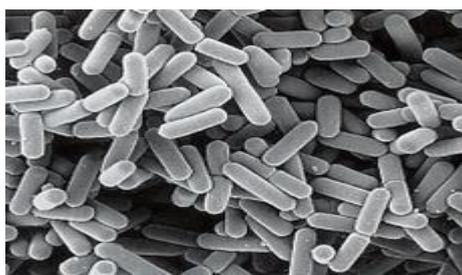
1.- Définition et caractéristiques

Les bactéries lactiques sont largement utilisées dans l'industrie alimentaire, en tant que starters dans les procédés de fermentations afin de répondre aux exigences croissantes des consommateurs en produits alimentaires moins traités et exempts de conservateurs chimiques (Moraes *et al.*, 2010).

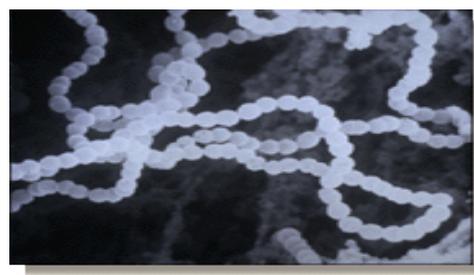
Les bactéries lactiques sont des cellules procaryotes organotrophes formant un groupe hétérogène constitué de cocci et de bacilli (Badis *et al.*, 2005). Ce sont des bactéries à Gram positif dont la teneur en guanine et cytosine est inférieure à 50%. Elles sont asporulantes, aéro anaérobies facultatives ou micro-aérophiles, à métabolisme fermentaire strict, acido-tolérantes et capables de croître à des températures comprises entre 10°C et 45°C et à des pH allant de 4.0 à 4.5 (Pringsulaka *et al.*, 2011). Ces bactéries sont généralement immobiles et se caractérisent par la production d'acide lactique comme produit majeur du métabolisme (Salminen *et al.*, 2004).

En général ces bactéries ne possèdent ni catalase, ni nitrate réductase, ni cytochrome oxydase (à l'exception de quelques souches sous certaines conditions), elles sont protéolytiques, ne liquéfient pas la gélatine, et ne forment plus d'indole ni d'hydrogène sulfureux, ces bactéries sont également incapables de fermenter le glycérol (Salminen *et al.*, 2004). En plus de l'acide lactique et des autres acides organiques qui empêchent le développement des microorganismes indésirables par diminution du pH du milieu, les bactéries lactiques produisent d'autres métabolites ayant des propriétés antimicrobiennes tel que le peroxyde d'hydrogène, le diacétyl, la reutérine, le dioxyde de carbone et les bactériocines (Dortu et Thonart, 2009).

Les bactéries lactiques colonisent les habitats riches en nutriments, tels les plantes, les produits laitiers, les eaux et les eaux usées, les jus, ainsi que les cavités buccales, vaginales et intestinales de l'homme, sans pour autant lui provoquer des maladies, à l'exception de quelques cas causés par les streptococci et certains lactobacilli (König et Fröhlich, 2009).



Lactobacillus bulgaricus



Streptococcus thermophilus

Figure 1. Photographies des bactéries lactiques en microscope électronique (Derya *et al.*, 2011)

2.- Classification des bactéries lactiques

La classification phénotypique des bactéries lactiques est largement basée sur lamorphologie, le mode de fermentation de glucose..etc, Les marqueurs chimiotaxonomiques comme la composition en acides gras et les constituants de la paroi cellulaire peuvent aussi être utiles dans la classification (König et Fröhlich, 2009). L'identification des espèces de bactéries lactiques peut être réalisée par l'analyse de leur profil fermentaire des carbohydrates à l'aide du système API50CH (Curk *et al.*, 1993).

L'analyse comparative des séquences d'ARN ribosomal 16S a entraîné des changements importants dans la taxonomie des bactéries lactiques (Salminen *et al.*, 2004). Selon la dernière édition de *Bergey's manual of systematic bacteriology* (2009), les bactéries lactiques sont classées dans le Phylum des Firmicutes, il s'agit de :

***Aerococcus* :**

Les cellules de ce genre sont de forme ovoïde (1-2µm de diamètre), α-hémolytiques, non-gazogènes, arginine(-), pouvant croître à une concentration de 6.5% de NaCl, la division se déroule sur deux plans formant ainsi des tétrades. Cependant, des cellules isolées ou en paires peuvent être observées au milieu de la phase exponentielle (Ouadghiri *et al.*, 2009).

***Lactobacillus* :**

Les cellules de ce genre sont soit des bacilles longs parfois incurvés ou des coccobacilles courts isolés, comme elles peuvent former des chaînes. Elles sont généralement immobiles. Le genre *Lactobacillus* peut être divisé en trois groupes: homofermentaires stricts, hétéro fermentaires facultatifs et hétérofermentaires stricts (Mozzi *et al.*, 2010).

***Lactococcus* :**

Les cellules de ce genre sont sphériques ou ovoïdes isolées, en paires, ou en chaînes. De type mésophiles, leur température optimale varie de 10 à 40°C mais sont incapables de se développer à 45°C. Celles-ci se développent généralement à 4% de NaCl et à un pH proche de la neutralité, leur croissance s'arrêtant lorsque le pH du milieu atteint 4,5. Ce genre est un habitant typique des plantes, des animaux et de leurs produits (Tabasco *et al.*, 2009).

***Streptococcus* :**

Les cellules de ce genre sont immobiles, sphériques ou ovoïdes qui ont un diamètre inférieur à 2µm avec une disposition en paires ou en chaînes longues. La fermentation des carbohydrates produit principalement de l'acide lactique mais il n'y a pas de production de gaz,

Beaucoup d'espèces sont commensales ou parasites de l'homme et des animaux et certaines sont hautement pathogènes (De Vos *et al.*, 2009).

***Pediococcus* :**

Ce genre est représenté par neuf espèces ayant un métabolisme homofermentaire. Il rassemble des cellules immobiles de forme sphérique parfois ovoïdes, isolées ou en paires qui se divisent dans deux directions perpendiculaires formant ainsi les tétrades mais jamais les chaînes. (Salminen *et al.*, 2004).

3.- Identification des bactéries lactiques au niveau phénotypique

3.1.- La fermentation des sucres

Les bactéries lactiques sont connues pour leur capacité de fermentation des glucides. Chaque souche fermente des sucres différents. En se basant sur ce critère d'identification nous pouvons sélectionner les bactéries lactiques (Holzapfel, 1999).

3.2.- La production des exopolysaccharides (EPS)

Les EPS sont connues pour leur action bénéfique aux bactéries lactiques. Elles les protègent contre la phagocytose et les bactériophages, les toxines et les bactériocines (De Vuyst *et al.*, 2000).

4.- Identification génotypique des bactéries lactiques:

Les méthodes phénotypiques classiques d'identification des bactéries lactiques semblent moins fiables et nécessitent une méthode plus précise et sophistiquée (Salminen *et al.*, 2004). Le génome des bactéries lactiques est de taille variable, *Lactobacillus paracasei* et *Lactobacillus plantarum* ont un génome de 3.4Mb. Les bactéries lactiques possèdent à la fois des plasmides circulaires et linéaires qui codent pour différentes fonctions: fermentation des sucres, activité protéolytique, production de bactériocines, résistance aux antibiotiques et aux phages (König et Fröhlich, 2009).

5.-Rôle des bactéries lactiques dans l'altération des aliments:

Les bactéries lactiques sont fréquemment associées de manière positive à l'alimentation humaine, à travers la fermentation d'une grande variété de produits (Ross *et al.*, 2002). Elles sont présentes en tant que flore technologique dans les produits laitiers (yaourts, fromages), les produits carnés (charcuteries), les produits végétaux (pickles, olives fermentées), les levains de panification et les boissons alcoolisées, Cependant leur rôle en tant qu'agents altérants est aussi reconnu dans une vaste gamme de produits (Leroy et De Vuyst, 2004).

6.- Intérêt des bactéries lactiques:

Les bactéries lactiques jouent un rôle important que ce soit dans l'industrie alimentaire ou dans le domaine thérapeutique:

6.1- Dans l'industrie alimentaire

Les bactéries lactiques sont impliquées dans la fermentation et la bioconservation de différents aliments. Ainsi, les souches de *Lactobacillus bulgaricus*, *Sterptococcus thermophilus* sont utilisées pour la production du yaourt, des fromages et des laits fermentés (Yateem *et al.*, 2008). Le vin, les poissons, les viandes, les charcuteries, le pain au levain entre autres sont aussi des produits de fermentation par des bactéries lactiques (Badis *et al.*, 2005). L'utilisation de ces dernières a pour but l'amélioration des caractéristiques organoleptiques des produits fermentés et l'augmentation de leur durée de conservation sans l'utilisation de conservateurs chimiques grâce aux substances antimicrobiennes qu'elles secrètent (Dortu et Thonart, 2009).

Les souches utilisées en industrie alimentaire doivent répondre à certains critères: absence de pathogénicité ou activité toxique, capacité d'améliorer les caractéristiques organoleptiques, capacité de dominance, facilité de culture et de conservation, et maintenance des propriétés désirables durant le stockage (Marth et Steele, 2001)

6.2.- Dans le domaine thérapeutique

Etant des probiotiques, les bactéries lactiques apportent des bénéfices à l'hôte en conférant une balance de la microflore intestinale, et en jouant également un rôle important dans la maturation du système immunitaire (Yateem *et al.*, 2008). Différentes études ont démontré le rôle préventif aussi bien que curatif de ces bactéries sur plusieurs types de diarrhées (Mkrtchyan *et al.*, 2010). D'autres ont cité leur capacité de diminuer les allergies liées aux aliments grâce à leur activité protéolytique (El-Ghaish *et al.*, 2011). Et ont démontré la capacité des souches de *Lactobacillus crispatus*, utilisées sous forme de suppositoires pour empêcher la colonisation du vagin par les bactéries pathogènes et de prévenir ainsi les rechutes chez les femmes qui souffrent d'inflammations fréquentes et répétées de la vessie (Uehara *et al.*, 2006).

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL ET METHODES

Matériel et méthodes

Cette étude a été réalisée au niveau de laboratoire de biochimie à l'université de Ghardaïa. Ces essais ont nécessité le recours aux matériels et aux méthodes indiqués ci-après.

1.- Matériels

1.1.- Appareillage

Il s'agit du matériel courant au laboratoire notamment:

Agitateur magnétique chauffant, autoclave, balance électronique (KERN ABj), étuve 30C° type memmert, pH mètre (HANNA instrument), Réfrigérateur 4°C, un appareil photo numérique «SAMSUNG» de résolution de 16 Méga pixel (Zoom optique x5).

1.2.- Petit matériel

Bec de bunsen, plaque chauffante, flacons de 250ml, écouvillons, pipettes pasteur, anse de platine, tubes à essai, éprouvettes graduées, béciers de 100ml (petits pots), Lames et Lamelles, Parafilm.

1.3.- Produits chimiques

Violet de gentiane phénique, Lugol, NaOH (0,1N), HCl (0,1N), Alcool à 95% (ou mélange alcool absolu+ 1/5ème d'acétone), Safranine (ou Fuchsine phéniquée de ziehl), Réactif de bleu de méthylène.

1.4.- Lait de vache

Un échantillon de 500 ml du lait de vache (100% naturel) est utilisé pour préparer le yaourt, a été provenu de la laiterie CHIHIA à la région de Guerrara (Département de Gharadaia).

1.5.- Bactéries de fermentation

Un échantillon de yaourt fabriqué en Algérie (Activia) a été utilisé comme source de bactérie pour l'ensemencement de lait. Il faut noter que ce yaourt comporte divers types de bactérie de fermentation.

2.- Méthodes

2.1.- Préparation de yaourt

Tout d'abord, il faut signaler que notre préparation de yaourt a été réalisée d'une façon artisanale. Pour cela 7 petits béciers ont été utilisés comme petits pots, dont 4 parmi eux ont été remplis (dans chacun) par un mélange total (lait + yaourt) de 75 ml réparti en 50 ml de lait de vache et 25 ml de yaourt dilué. Deux pots servent comme des témoins, le premier contient 75 ml de lait de vache seul, et le deuxième contient 25 ml de yaourt dilué. Un autre pot contenant un mélange de 50 ml de lait de vache et 25 ml de yaourt dilué bouilli préalablement à 80 °C.

Par suite, les sept pots ont été incubés dans l'étuve à 45 °C pendant 12 heures. Il faut noter que notre échantillon de lait a été déjà soumis à un traitement thermique (pasteurisation).

Au bout de 12 heures les pots sont extraits de l'étuve et sont mis au réfrigérateur à + 4 °C.

2.2.- Mesure de l'acidité

Les valeurs de pH ont été déterminées à l'aide d'un pH mètre. Le principe repose sur la mesure directe du pH à l'aide d'une électrode plongée dans le liquide ou la gélatine, la valeur est lue directement (Afnor 1986). Nous avons déterminé le pH des témoins et de mélange yaourt/lait avant et après l'incubation des petits pots.

2.3.- Etude micromorphologique des bactéries de yaourt préparé

Nous avons voulu effectuer une étude micromorphologique des bactéries qui se trouvent au niveau de notre yaourt préparé. Pour cela nous avons fait une coloration à bleu de méthylène.

Nous avons réalisé aussi une coloration de Gram pour déterminer le type Gram de ces bactéries.

2.3.1.-Réalisation d'un frottis

Un prélèvement de yaourt préparé est étalé sur une lame puis légèrement séché à l'aide de la chaleur d'un bec de benzène pour fixer les bactéries. Une lamelle est déposée sur l'échantillon.

La préparation est soumise après aux étapes des colorations.

2.3.2.- Coloration au bleu de méthylène

Le bleu méthylène phénique est coulé sur la lame préparée. La préparation est laissée une minute pour la réaction, puis rincée abondamment avec le jet d'une pissette d'eau distillée, ensuite séchée légèrement par chaleur et examinée sous microscope à l'agrandissement de x40 et x100.

2.3.3.- Coloration de Gram

Un autre frottis préparé a été l'objet cette fois-ci d'une coloration de Gram. Cette coloration permet de différencier les bactéries selon deux critères:

- leur forme
- leur affinité pour les colorants

La préparation est imprégnée par une première solution colorante, le violet de gentiane, puis elle est fixée par un mordant, la solution de Lugol (solution d'iode dans l'iodure de potassium), Puis décolorée par alcool. Un deuxième colorant de teinte contrastante (fuchsine, ou safranine, colorants rouges) est ajouté pour distinguer les bactéries Gram négatif

Il faut noter qu'entre chaque étape et autre des étapes précédentes il y a un rinçage à l'eau.

En fin, La préparation est séchée et examinée sous microscope à l'agrandissement de x40 et x100.

RESULTATS ET DISCUSSION

RESULTATS ET DISCUSSION

1-Acidité et consistance du contenu des petites potes de yaourt :

Dans cette partie nous présenterons et nous discuterons les résultats obtenus de la préparation du yaourt à partir du lait crue de vache.

Le tableau suivant montre les valeurs mesurées du pH au début de l'expérience et en fin, ainsi que la description de la consistance du contenu des petits pots.

Tableau 3. Acidité et consistance du contenu des petits pots de yaourt.

Expérience	Acidité	La consistance du contenu du petit pot
Lait de vache au début de l'expérience	6,8	Liquide
Yaourt au début de l'expérience	4,6	Gélatineux
Mélange yaourt + lait au début de l'expérience	5,8	Liquide
Témoin lait de vache au bout de 12h	6,5	Liquide
Témoin Yaourt au bout de 12h	4,6	Gélatineux
Mélange yaourt + lait au bout de 12h	5,05	Gélatineux

D'après le tableau nous constatons qu'il existe une diminution d'acidité mesurée entre le pot de mélange yaourt plus lait au début de l'expérience (5,8) et le même pot au bout de 12h de fermentation (5,05), comme nous observons aussi un changement de texture de contenu du même pot d'aspect liquide en aspect gélatineux. Une stabilité d'acidité et de consistance a été remarquée au témoin de yaourt avant et après les 12h d'incubation. Une faible diminution d'acidité a été notée à la fin de l'expérience concernant le témoin de lait avec la conservation du même aspect liquide.

2- Acidité et consistance de mélange yaourt dilué bouilli et lait de vache :

Nous avons voulu voir si les microorganismes contenus dans l'inoculum de yaourt sont responsables à la fermentation du lait de vache ou non, pour cela on a mesuré l'acidité et la consistance d'un mélange yaourt bouilli et lait de vache au début de l'expérience et au bout de 12h de fermentation. Le tableau suivant indique les résultats.

Tableau 4. Acidité et consistance de mélange yaourt dilué bouilli et lait de vache

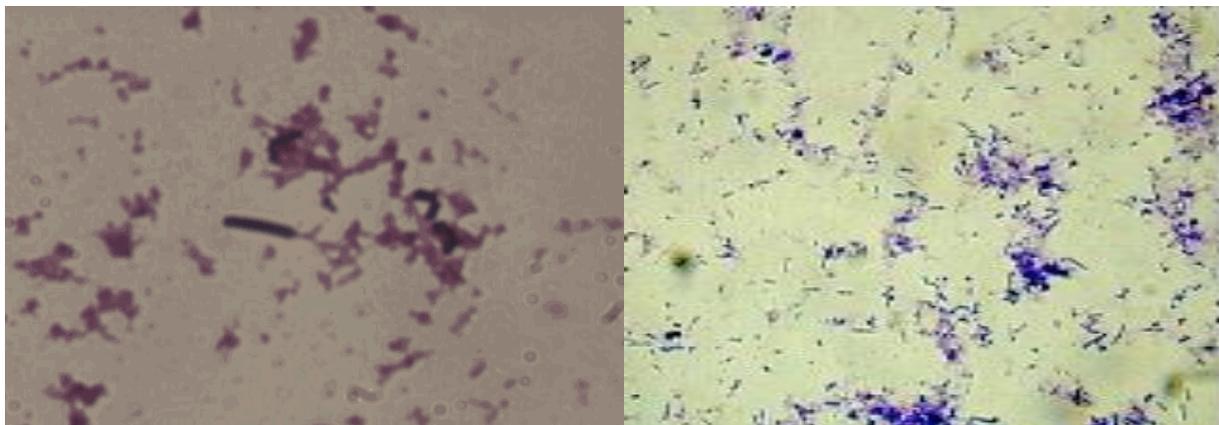
Expérience	Acidité	La consistance du contenu du petit pot
Mélange yaourt dilué bouilli et lait de vache au début de l'expérience	6,13	Liquide
Mélange yaourt dilué bouilli et lait de vache Au bout de 12h	5,50	Liquide

D'après le tableau nous voyons que l'acidité de mélange de yaourt dilué bouilli et lait de vache a baissé de 6,13 avant l'incubation jusqu'à 5,05 après l'incubation, comme nous n'avons pas noté un changement de d'aspect.



Figure 2. Petits pots du yaourt préparé

Pour déterminer la forme des microorganismes qui se trouvent au niveau de yaourt après l'incubation nous avons réalisé deux types de coloration, une coloration à bleu méthylène et autre de Gram. Les photos des frottis observés sous microscope à un agrandissement de x40 comme suit



(A)

(B)

Figure 3. Photographies microscopiques des frottis bactériennes du yaourt préparé

(A) Coloration de Gram ; (B) Coloration à bleu méthylène

A partir de la photo prise de la réaction de bleu méthylène nous observons la coloration de deux formes de bactéries coque et bacille. Ces bactéries sont réparties de façon isolée et en différents groupes : isolé, diplocoques, chainettes, amas

Concernant la photo de la coloration de Gram nous constatons que toutes les bactéries soit bacilles ou coques sont colorées en violet, ce qui indique leur appartenance au groupe des bactéries Gram positif.

Discussion

Nous avons commencé notre travail en collectant un échantillon d'un lait de vache au niveau de la laiterie CHIHIA à Guerrara, département de Ghardaia. Il faut rappeler que cette laiterie représente une source principale de divers types de lait ainsi que ces produits pour les habitants de la région. Nous aurions dû préparer le yaourt avec un levain lyophilisé vendu en pharmacie ou en magasin bio, mais nous ne l'avons pas obtenu. Ce qui nous a obligé d'inoculer le lait avec un yaourt déjà préparé. Pour cela nous avons utilisé le yaourt type Activia. Il faut noter que ce dernier contient divers types de bactéries à savoir les genres *Lactobacillus*, *Streptococcus* et *bifidobactérium*.

Un lait frais est neutre ou à tendance légèrement acide vis-à-vis de l'eau pure (pH 7 à 20°C). S'il y a action des bactéries lactiques, une partie de lactose du lait sera transformée en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium (H_3O^+), et donc une diminution du pH (Goursaud, 2004).

Au début nous avons mesuré l'acidité de notre échantillon de lait à l'aide d'un pH mètre qui nous a indiqué une valeur de 6,8. Cette valeur est proche de celles obtenues par (Goursaud, 2004) ; (Mahieu et Kiali, 2009) avec 6.7 et (Guiraud, 2003) ; (FAO, 2003) avec un pH = 6.9.

La mesure de pH nous renseigne précisément sur l'état de fraîcheur de lait (Goursaud, 2004). Elle nous renseigne beaucoup plus sur la stabilité du lait et celle des micelles. Autrement dit, elle permet d'avoir une idée sur sa richesse en diverses substances, d'apprécier son état de fraîcheur, son pouvoir tampon, sa faculté à résister à une acidification dans une certaine mesure, son comportement au cours de traitements divers (Mathieu, 2002).

Comme nous avons décrit aux résultats, il y a une diminution du pH dans les pots contenant le laitensemencé par le yaourt (le mélange). Cette diminution est liée à la présence des bactéries lactiques (ferments lactiques) et leur croissance. Selon Carmen et al. (2000), Les bactéries lactiques interviennent dans l'industrie laitière et dans la fermentation de nombreux autres produits alimentaires, en contribuant à la texture, à la saveur des aliments et à la production des composés aromatiques. Ils fermentent les glucides en acide lactique d'où une diminution du pH favorable à la bio conservation des denrées alimentaires.

Nous avons constaté aussi la texture gélatineuse de notre yaourt qui est due à la production d'acide lactique par les ferments. Celle-ci cause la coagulation des protéines du lait. Les ferments se développent au profil du lactose (glucide du lait) et ils provoquent ainsi la formation d'acide lactique qui fait lentement coaguler la caséine (protéine du lait) (Righi, 2006). D'après Bergaamaier (2002) ils augmentent la viscosité du lait par production de polysaccharides.

Nous n'avons pas obtenu le yaourt en utilisant le mélange yaourt dilué bouilli plus lait à cause de l'absence des bactéries lactiques détruites à la température de 80°C. Ce qui indique le rôle principal de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* à la fermentation du lactose du lait en acide lactique (Bergaamaier, 2002).

Suite à l'examen microscopique des frottis de colorations réalisés à partir de notre yaourt, nous avons observé deux types de bactéries : coques et bacilles, avec des différents regroupements : isolé, diplocoques, chainettes, amas. Toutes les bactéries sont colorées en violet par la coloration de Gram. Ce qui implique leur rattachement au groupe des bactéries Gram positif. Ces résultats répondent aux caractéristiques de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Les cellules de *Streptococcus thermophilus* sont des formes ovoïdes, et se groupent en longues chaînes (Dellaglio *et al.*, 1994). Le genre *Streptococcus* regroupe de nombreuses bactéries en forme de coque ayant pour principale caractéristique d'être Gram positif (Dellaglio *et al.*, 1994). Les cellules *Streptococcus thermophilus* sont des cellules sphériques de diamètre compris entre 0.5 et 1 µm. Leur reproduction s'effectue parallèlement à un seul plan, ce qui conduit à des associations des cellules par paires (diplocoques), en chaînes de cellules par paires (*Streptodiplocoque*) (Leveau et Bouix, 1980). Les espèces du genre *Lactobacillus* sont des bacilles Gram positif (Guiraud, 2002), non sporules. Ils peuvent devenir Gram négatif en fin de culture et en présence d'une forte acidification (Leveau et Bouix, 1980), sous forme de bâtonnets ou coccobacilles isolées ou en chaînes quelques fois longues (Dellaglio *et al.*, 1994).

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le travail que nous avons abordé a pour thème la préparation d'un yaourt naturel à partir d'un échantillon de lait de vache collecté au niveau d'une laiterie (CHIHIA) à Guerrara, Wilaya de Ghardaïa.

Nous avons utilisé comme source de bactéries pour ensemercer le lait de vache un échantillon d'un yaourt préparé baptisé Activia. Nous avons divisé nos pots de préparation comme suit : quatre pots de mélange lait plus inoculum de yaourt, deux pots témoins dont un, ne contenant que de yaourt et l'autre que de lait de vache et un autre pot contenant un mélange de yaourt bouilli plus lait. Ces pots ont été ensuite incubés durant 12 heures. Nous avons mesuré le pH des divers pots avant et après l'incubation. Nous avons constaté une diminution de pH et un aspect gélatineux pour les quatre pots de mélange, ceci est expliqué par la croissance des bactéries lactiques et leur production d'acide lactique responsable à la coagulation des protéines de yaourt. Un changement non considérable a été noté au niveau des autres pots notamment le pot contenant de yaourt bouilli plus lait, ce qui confirme le rôle important des bactéries lactiques dans la fermentation de lait.

Pour déterminer la forme et les types des bactéries de yaourt préparé, deux colorations ont été effectuées : coloration de bleu méthylène et coloration de Gram. La première a montré deux types de cellules coque et bacille avec divers regroupements, et la deuxième a montré une couleur violette pour toutes les bactéries ce qui indique leur appartenance au groupe des bactéries Gram positif. Ces résultats sont conformes aux caractéristiques des bactéries *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.

En fin et comme perspectives nous pouvons citer :

- La possibilité de fabriquer un yaourt naturel répondant aux normes hygiéniques.
- La possibilité de créer plusieurs laiteries s'intéressant à la préparation du yaourt naturel.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ

Références bibliographiques :

Adda J., Gripon J. C. et Vassel L. (1982). The chemistry of flavor and texture generation in cheese. Food chemistry .pp : 9,115 - 129.

Agabriel C., Coulon J.B., Brunshwig G., Sibra C. et Nafidi C. (1995). Relations entre la qualité du lait livré et les caractéristiques des exploitations. INRA Prod. Anim., 8 (4). pp : 251-258.

Alais C. (1975). Sciences du lait. Principes des techniques laitières. Edition Sepaic, Paris.

Alais C., Linden G. et Miclo L. (2008). Biochimie alimentaire, Dunod 6ème édition. Paris. pp :86-88.

Amatayakul, T., Sherkat F., Shah, N. P. (2006). Syneresis in set yogurt as affected by EPS starter cultures and levels of solids. International Journal of Dairy Technology 59: 216- 221.

Amiot J., Fournier, S., Leboeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R. (2002) Chapitre 1 : Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. Science et Technologie du lait; transformation du lait. C. L

Badinand F. (1994). Maîtrise du taux cellulaire du lait. Rec. Méd. Vét., n°170.

Badis, A., Laouabdia-Sellami, N., Guetarni, D., Kihal, M., Ouzrout, R. (2005). Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales «Arabia et Kabyle». *Sci. Technol.*, 23: 30-37.

Badis A., Laouabdia-Sellami N., Guetarnie D., Kihal M. and Ouzrout R., 2003. Caractérisation phénotypiques des bactéries lactiques isolées à partir du lait cru de chèvre de deux populations caprines locales – Arabia et Kabyle-. *Sci et Tech* .,23pp: 40-45.

Bergey's manual of systematic bacteriology (2009).

Boutonnier JL. (2008). Matière grasse laitière Composition, organisation et propriétés. Dans Techniques de l'ingénieur, Traité Agroalimentaire (F 6320), Paris.

Catherine BÉAL. et Isabelle SODINI.(2003). Filière de production: produits d'origine animale. Page 1

Cayot P. et Lorient D. (2003). Structures et Technofonctions des Protéines du Lait. Edition Tec et Doc Lavoisier. Paris.

CIPCLait Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles (2011). Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse de l'acidité du lait n°2011-02.

Codex Alimentarius. (2002). Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie CODEX STAN 206-2002. pp :1-4.

- Codex Alimentarius. (2003).** Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie CODEX STAN 206-2002. pp :1-4.
- Coulon J-B., Chilliard Y. et Remond B. (1991).** Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques. *INRA Prod. Anim.*, 4 (3).pp: 219-228.
- Coulon J-B. et Hoden A. (1991).** Maîtrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. *INRA Prod. Anim.*, 4 (5).pp: 361-367.
- Cuq J.L. (2007).** Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. pp: 20-25.
- Curk, M.C., Peladan, F., Hubert, J.C. (1993).** Caractérisation biochimique des lactobacilles brassicoles. *Lait*, 73: 215-231.
- Debry G. (2001).** Lait, nutrition et santé. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- Deforges J., Derens E., Rosset R. et Serrand M. (1999).** Maîtrise de la chaîne du froid des produits laitiers réfrigérés. Edition Cemagref Tec et Doc, Paris.
- De Vuyst, L. (2002).** Indication that the nitrogen source influences both amount and size of exopolysaccharides produced by *Streptococcus thermophilus* LY03 and modelling of the bacterial growth and exopolysaccharide production in a complex medium. *Applied and environmental microbiology* 65: 2863-2870.
- Dieng M. (2001).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industriels commercialisés sur le marché dakarais. Thèse Docteur vétérinaire, Université de Dakar Sénégal.
- Dortu, C. et Thonart, P. (2009).** Les bactériocines des bactéries lactiques : caractéristiques et intérêt pour la bioconservation des produits alimentaires. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* , 13: 143-154.
- Duboc, P., Mollet, B. (2001).** Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *International Dairy Journal* 11: 759-768.
- El-Ghaish, S., Ahmadova, A., Hadji-Sfaxi, I., El-Mecherfi, K.E., Bazukyan, I., Choiset, I., Rabesona, H., Sitohy, M., Popov, Y. G., Kuliev, A. A., Mozzi, F., Chobert, J. M., Haertlé, T. (2011).** Potential use of lactic bacteria for reduction of allergenicity and for longer conservation of fermented foods. *Trends in Food Sci. Technol.* , 22: 509-516.
- FAO. (2003).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO Alimentation et nutrition n°28 .
- Farnworth E.R. (2008).** Kefir: from folklore to regulatory approval. *J. Nutraceuticals Funct. Med. Foods*, 1 pp: 57-68.

Gordon B. et Loisel W. (1995) . Dosage des protéines. Dans : Multon J.L., Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agronomiques. Vol 4, 2^{ème} édition, Tec& Doc, Lavoisier, Paris.pp : 418-428.

Goursaud J., (2004). Composition et propriétés physico-chimiques. Dans Laites et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M.. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris. pp : 392-408.

Gripon J.C., Desmazeaud M.J., Le Bars D. et Bergère J.L. (1975). Étude du rôle des microorganismes et des enzymes au cours de la maturation des fromages. Influence de la présure commerciale. *Le Lait* 55.pp: 502-516.

Guarner F., Perdigon G., Corthier G., Salminen S. and Koletzko B.,(2005). “Shouldyoghurt. pp :134-192.

Guiraud J.P. (2003). Microbiologie Alimentaire. Edition DUNOD. Paris. pp : 136-139. culturesbeconsideredprobiotic?”, *Br .J .Nutr. Jun.*, 93(6) pp:783-6.

Goy D., Häni J.P. , Wechsler D. et Jakob E. (2005). Valeur de la teneur en caséine du lait de fromagerie. Edition, AgroscopeLiebfeld-Posieux. Groupe de discussions Gruyère N°27f .(pp : 200-210).

Holzappel, (1999).Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition.*Am. J. Clin. Nutr.*, 73: 36S-73S.

Hui, Y.H., Meunier-Goddick, L., Hansen, A., S., Josephsen, J., Nip, W. K., Stanfield P.S.,Toldrà, F. (2004).Yogourt and sour cream: Operational procedures and processing equipments. Handbook of food and beverage fermentation technology.Éditions Marcel Dekker Inc., NY, USA, 873 pages (p. 159-182).

Institut de l'élevage. (2009).Traite des vaches laitière. Matériel. Installation. Entretien. 1ere Edition France Agricole. Produire mieux. pp :55-506.

Isabelle SODINI. (2003).Filière de production: produits d'origine animale Procédés technologiques de transformation et de conservation. pp : 40-875.

Jakob E. et Hänni J-P. (2004).Fromageabilité du lait. Edition, AgroscopeLiebfeldPosieux. Groupe de discussions N° 17F pp : 17-20.

Jolly, L., Vincent, S.J.F., Duboc, P., Neeser, J.R. (2002).Exploiting exopolysaccharides from lactic acid bacteria.*Antonie van Leeuwenhoek* 82: 367-374.

Kansas.(2013).Technologie de fermentation,bioprocédé et culture cellulaire. (pp : 598-607).

König, H. et Fröhlich, J. (2009).Biology of microorganisms on grapes, in must and in wine. Springer- Verlag, Berlin Heidelberg.15p

Kirat, 2007. Les conditions d'émergence d'un système d'élevage spécialisé en engraissement et ses conséquences sur la redynamisation de l'exploitation agricole et la filière des viandes rouges bovines - Cas de la Wilaya de Jijel en Algérie. Montpellier (France): CIHEAM-IAMM.13p.

Lagoueyte, N., Lablee, J., Lagaude, A., Tarodo de la Fuente, B. (1994). Temperature affects microstructure of renneted milk gels. *Journal of food science* 5:956-959.

Lambole, L., St-Gelais, D., Champagne, C, P., Lamoureux, M. (2003). Growth and morphology of thermophilic dairy starters in alginate beads. *Journal of general applied microbiology* 49: 205-214.

Lamontagne, M.. (2002). Produits laitiers fermentés. Science et technologie du lait Édition des Presses internationales Polytechnique, Canada, p. 443-468.

Leory, F., De Vuyst, L. (2004). Influence of complex nutrient source on growth of and curvacinA production by sausage isolated *L. curvatus* LTH 1174. *Appl. Environ. Microbiol.*, 70: 5081-5088.

Lucey, J. A. (2001). The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels. *Food Hydrocolloids* 15: 603-608.

Lucey, J. A. (2004). Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. *International Journal of Dairy Technology* 57: 77-84.

Luquet F. M. (1999). Lait et produits laitiers - Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle à la laiterie. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris.

Luquet, F. M., Bonjean-Linczowsky, Y. (2003). Lait et produits laitiers : volume 2, les produits laitiers, transformation et technologies. Technique et documentation Lavoisier, Paris, 250 pages.

Madji A. (2009). Séminaire sur les fromages AOP ET IGP. INAT. Tunisie

Mahieu H. (2009). Modification du lait après récolte. Dans : Lait et produits laitiers. Vaches, brebis, chèvres. Luquet F.M tome 1. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris. 390 pages.

Marchin S. (2007). Dynamique de la micelle de caséines : caractérisation structurale. Thèse INRA/ Agrocampus Rennes. pp : 30-78.

Marien. et Michel BETTANE. (2014). Gastronomie et Alimentation. pages 25-29.

Marotta F. (2007). Potential of probiotic and prebiotics for symbiotic functional dairy foods: an overview. *International Journal of Probiotics and Prebiotics*, 2 pp : 75-84.

Marth, E. H. et Steele, J. L. (2001). Applied dairy microbiology. Marcel Dekker, Inc., New York. pp : 800-905.

Mathieu J. (2002). Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Édition Lavoisier Tec et Doc, Paris

Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des pêcheries du Québec (MAPAQ) (2003). P-30, Loi sur les produits laitiers et leurs succédanés. Règlements

sur la pasteurisation des produits laitiers, sur la composition, l'emballage et l'étiquetage et sur les normes microbiologiques des produits laitiers, p.50-51, 55-57, 64.

Menrad K.(2003).Market and marketing of functional food in Europe.*Journal of Food Engineering*, 56 pp : 181-188.

Meyer C. et Denis J.P (1999). Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Edition Quae, CTA, presses agronomiques de Gembloux. pp : 1160-1169.

Miranda G. et Gripon J-C. (2001). Origin, nature and technological significance of proteolysis in milk .*International dairy journal*, n°66. pp:1-18.

Mkrtchyan, H., Gibbons, S., Heidelberger, S., Zloh, M., Limaki, H.K. (2010).Purification, characterization and identification of acidocin LCHV, an antimicrobial peptide produced by *Lactobacillus acidophilus* n.v. Er 317/402 strain narine. *Int.J. Antimicrobial Agents.*, 35: 255-26.

Moraes, M. P., Perin, L. M., Ortolani, M. B. T., Yamazi, A. K., Viçosa, G. N., Nero, L. A. (2010).Protocols for the isolation and detection of lactic acid bacteria with bacteriocinogenic potential.*FoodSci.Technol.*, 43: 1320-1324.

Morrissay PA. (2005).Lactose : chemical and physicochemical properties. dans : *Developments in dairy chemistry 3. (FOX PF).* Elsevier, London. pp : 400-428.

Mozzi, F., Raya, R. R., Vignolo, G. M. (2010). Biotechnology of lactic acid bacteria: Novel applications. Blackwell publishing, Singapor. pp : 1-30.

Nagpal R., Yadav H., Puniya A. K., Singh K., Jain S. and van Vliet, T., van Dijk, H.J.M., Zoon, P., Walstra, P. (1999). Potential of probiotic and prebiotics for symbiotics functional dairy foods: an overview. *International Journal of Probiotics and Prebiotics*, 2 pp: 75-84.

Ouadghiri, M. (2009). Biodiversité des bactéries lactiques dans le lait cru et ses dérivés « lben » et « jben » d'origine marocaine.Thèse de doctorat.Université Mohammed V- Agdal, Rabat. pp : 16-30.

O'Sullivan M.G., Thornton, G., O'Sullivan, G.C. and Collins, J.K., (1992).Probiotic bacteria: myth or reality? *Trends in Food Science and Technology* 3: 309-314.

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. p : 19-34.

Pringsulaka , O., Thongnam, N., Suwannasai, N., Atthakor, W., Pothivejkul, K., Rangsiruji, A. (2011). Partial characterization of bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from Thai fermented meat and fish products. *Food Control* , 23: 547-551.

Ramet J.P. (1985). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection FAO Alimentation et nutrition n°48. pp : 180-222.

Ramet J.P. (2000). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection FAO Alimentation et nutrition n°48. pp : 480-691.

Robinson R.K. (2002). Dairy microbiology handbook. The microbiology of milk and milk products. Third edition. Edition John Wiley and sons, INC. New York. 780p.

Roudaut H. et Lefrancq E. (2005). Alimentation théorique. Edition Sciences des Aliments. p 730.

Salminen, S., Wright, A. V., Ouwehand, A. (2004). Lactic acid bacteria. microbiological and functional aspects. Marcel Dekker. Inc., U.S.A 950p.

Shah, N. P. (2003). Yogurt: The product and its manufacture. In B. Caballero, L.C Trugo, & P. M. Finglas, Encyclopedia of Food Science and Nutrition, 2e edition, volume 10. New York Academic Press, (p. 6252-6260).

Silait Salon international du lait (2008). Acte du 1er salon international du lait et de ses dérivés du 27 au 29 mai 2008 Alger. pp 60.

Sodini, I., Remeuf, F., Haddad, S., Corrieu, G., (2004). The relative effect of milk base starter, and process on yoghurt texture: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 44: 113-137.

Stoll W. (2003). Vaches laitières: l'alimentation influence la composition du lait. RAP Agri. N° 15/2003, vol. 9, Suisse. pp : 1480-1522.

St-Gelais, D, Tirard-Collet et coll. (2002). Fromage. Science et technologie du lait, Édition des Presses internationales Polytechnique, Canada, p. 349-415.

Sveje M. (2007). Probiotic and prebiotics improving consumer health through food consumption. 789p.

Tabasco, R., García-Cayuella, T., Pellicez, C., Requena, T. (2009). *Lactobacillus acidophilus* La-5 increases lactase B production when it senses live target bacteria. *Int. J. Food Microbiol.*, 132: 109-116.

Tamime, A.Y., Robinson, R.K., (2000). Yoghurt Science and Technology. CRC Press LLC, Wood head publishing limited Second edition, England, 619 pages.

Tamime, A.Y., Robinson, R.K., (2002). Yoghurt Science and Technology. CRC Press LLC, Wood head publishing limited Second edition. 820p.

Tamime, A.Y., Robinson, R.K., (1999). Yoghurt Science and Technology. CRC Press LLC, Wood head publishing limited Second edition, England, 619 pages.

Tourteaux V., Bagieu V. et Le Baster A-M. (2004). Une priorité pour la recherche : la qualité de nos aliments. Les recherches sur la qualité du fromage. INRA mission communication. pp : 514-612.

Uehara, S., Monden, K., Nomoto, K., Seno, Y., Kariyama, R., Kumon, H. (2006).A pilot study evaluating the safety and effectiveness of *Lactobacillus* vaginal suppositories in patients with recurrent urinary tract infection.*Int. J. Antimicrobial Agents*, 28: 30-34.

vanVliet, T., van Dinky, H.J.M., Zoon, P., Walstra, P. (2002). Relation between syneresis and rheological properties of particle gels. *Colloid & Polymer Science* 269: 620-627.

Varnam A.H. et Sutherland P. (2001).Milk and Milk Products: Technology, Chemistry, and Microbiology. Volume 1 Food products series. An Aspen Publication. New York. pp: 35-37.

Veisseyre R. (2008). Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3^{ème} édition. Edition la maison rustique, Paris.

Vierling E. (2008). Aliments et boissons filières et produits. 3^{ème} édition Biosciences et techniques. Paris.pp :15-16.

Vignola C. (2002). Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-75.

Wolter R. (2008). Alimentation de la vache laitière. 3^{ème} édition. Editions France Agricole. Paris .pp : 1214-1250.

Wu, S. Li, D., Li, S-j., Bhandari, B., Yang, D., Chen, X. D., Yao, Z. (2009).Effects of incubation temperature, starter culture level and total solids content on the rheological properties of yogurt. *International journal of food engineering* 5(2): 1-17.

Yateem, A., Balba, M. T., Al-Surrayai, T., Al-Mutairi, B., Al-Daher, R. (2008).Isolation of lactic acid bacteria with probiotic potential from camel milk.*Int. J. Dairy Sci.*, 3: 194-199.

Annexes :

Annexe 1

Tableau 1 : les caractères organoleptique généraux d'un yaourt naturel.

Propriétés organoleptique	Yaourt nature
Apparence :	Lisse sans séparation du sérum.
-Surface	Couleur naturelle de lait.
-Couleur	Apparence fraîche.
-Produit frais	Lait aigri.
Odeur	Typique plaisant .doux a aigre.
Gout	
consistance	

La position systématique de *Streptococcus thermophiles* (Prévot, 1961).

Sous embranchement : Eubacteria

Classe : Asporulales

Famille : Micrococcales

Tribu : Sterptococcaceae

Genre : *Sterptococcus*

Espèce : *Sterptococcus thermophilus*

La position systematique de *Lactobacillus bulgaricus* (Prévot, 1961).

Sous embranchement : Eubacteria

Classe : Asporulales

Famille : Bactériaceae

Tribu : Lactobacillaceae

Genre : *Lactobacillus*

Espèce : *Lactobacillus bulgaricus*

Annexe 02:

Bleu de méthylène :coloration des bactéries pour déterminé leur forme.(Guiraud, 2004)

-Bleu de méthylène

-Eau de distillée

Annexe 03:

-Fuchsine basique	1g
-Alcool éthylique a 90°	10g
-Phénol	5g
-Eau distille	100ml

Pour la coloration de Gram, cette solution doit être utilisée diluée, ou bien le colorant doit être dilué directement sur la lame .

Annexe 04:

Lugol (Guiraud, 2004)

Iode	1g
Iodure de potassium	2g
Eau distille	300g

Annexe 05: violet de gentiane (pour la coloration de gram) (Guiraud, 2004)

violet de gentiane	1g
éthanol á 90%	10ml
-phénol	2g
-eau distille	100g

Annexe 6 : photos



