

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences alimentaires
5^{ème} année CQA

LABORATOIRE BIOMATHEMATIQUE BIOCHIMIE
BIOPHYSIQUE ET SCIENTOMETRIE
BBBS



Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Contrôle de
Qualité et Analyses

Thème

**Etude de la stabilité de Acti⁺ de SOUMMAM au
cours de sa conservation et comparaison entre
un Acti⁺ fabriqué avec la poudre du lait et un
autre fabriqué à base du lait crû**

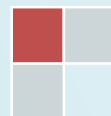
Proposé par:

M^{elle}: ADJTOUTAH Drifa.
M^{elle}: BOUDRAA Hayet.

Membres de jury:

Encadreur: M. MADANI Khodir.
Président: M. BENHAMICHE. N.
Examinatrice: Mme IKHENECHÉ. S.
Examinatrice: M^{elle} TOUATI. N.

Année 2011 / 2012





Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères tout d'abord au bon DIEU de nous avoir donné le courage, la santé et toute la patience qui nous ont été utiles tout au long de notre parcours.

Nos remerciements vont également à:

- *Notre promoteur Mr MADANI Khodir d'avoir accepté de nous encadrer et pour ses orientations et sa précieuse aide, nous lui adressons notre grand respect.*
- *Les membres du jury, le président Mr BENHAMICHE.N et les deux examinatrices M^{me} IKHENECHÉ. S et M^{lle} TOUATI.N.*
- *Tout le personnel de la Laiterie SOUMMAM : Mr HAMITOUCH. L, le directeur de laboratoire de contrôle Mr HARA Omar, Mme MAHLOUL Salima, Chabha, Sonia, Karima, Louisa, Fadhila, Hadjira, Nadia, Karima, Farida, Sakhraya, Salim, Achour, Lyes, Fodhil, Fodhil, Karim, Brahim, Hakim et Azeddine de nous avoir bien accueilli et aidé durant notre stage.*
 - *Mr MOUSSI pour son aide.*
- *Tous nos enseignants qui nous ont formés, de l'école primaire jusqu'à l'université.*

Que tous ceux qui nous ont aidés, de près ou de loin, à mener à bout ce travail, trouvent ici l'expression de notre reconnaissance et notre profonde gratitude.

Merci à tous





Dédicaces

Je rends grâce au bon Dieu de m'avoir donné la force, la volonté et la sagesse pour parvenir à cette conclusion de mon cycle.

Je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers:

- *A la mémoire de mes très chers grands parents qu'ils reposent en paix et que Dieu les accueille dans son vaste paradis.*

- *A mes très chers parents:*

A mon père Mabrouk et ma mère Zahoua : que ce modeste travail puisse constituer une légère compensation pour tous les nobles sacrifices et les extrêmes dons qu'ils se sont imposés pour assurer mon éducation et qu'aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et le respect que j'éprouve envers eux,

- *A mon très cher petit frère Kousseila, et mes adorables sœurs Sabrina et Massissilia.*
- *A tous mes oncles et tantes paternels de Fodhil jusqu'à Boulou et Mnd Cherif passant par : Malika, Slimane, Boualam, Hakim, Rahim, Chafiaa, Hayet, Abdel Alim, Zoheir, Djoudou et toutes leurs petites familles.*
- *A tous mes oncles et tantes maternels de Malek et Djamila jusqu'à Meriem, Iliane et Lisa passant par Mhand, Houria, Rabah, Ali, Djef, Kheirdine et Hayet ainsi que toutes leurs petites familles sans oublier Roumeila, Ryma, Wana, Massi et Yanis.*
- *A toutes mes amies: Hanane et la chambre D101, Touta, Ilham, Lili, Ouidad, Souad (w), Taous, Sonia, Fatima et Kaissa.*
 - *A mes enseignants: Latifa. S, Brahim. A, Slimane. S.S....*
 - *For you holy "NOUNOU", your dear mother and your family.*
 - *A toute la promo 2011/2012: CQA et SA.*
 - *A tous ceux qui me connaissent et je connais.*

DRIFA



DEDICACES



Avec l'aide de dieu tout puissant est réalisé ce modeste travail, auquel j'ai consacré tout mon temps avec beaucoup d'amour, angoisse et fierté. Je le dédie à toutes les personnes qui me sont chères :

*A mes très chers parents, Pour leur générosité, leur confiance et leur soutien
J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi.*

*A toute ma famille, pour leurs
Encouragements, même dans les moments difficiles. Qui n'ont cessé de me soutenir :
Mes chères sœurs : Souad et sa petite charmante Melissa que j'aime beaucoup
Biba, Sissa, Hanifa, Noura et notre chouchou sassi.*

A la mémoire de mes Grand-Parents que dieu vous accueille dans son paradis.

A ma grand-mère Zouba.

*A toi de m'avoir poussé quand il fallait pour que je donne le meilleur
de moi et merci de m'avoir soutenue quand ça n'allait pas si bien. Aucune dédicace ne
saurait exprimer tout ce que je ressens pour vous. Je vous remercie pour tout le soutien et
l'amour que vous me portez toujours.*

*A mes futures beaux-parents : Mama Fatima et Papa Slimane
Que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie.*

A tout les membres de ma future belle-famille.

A toute la clique : saby, Nina, Siham, Kenza, Silène.

A toute la promotion CQA.

*A toutes les personnes qui m'aiment Veillez percevoir à travers ce travail, l'expression de ma
profonde affection et énorme respect.*

Avec tout l'amour que je vous porte, je vous souhaite beaucoup de bonheur dans votre vie.



**HAYET
HYAEL**



Sommaire

Liste des abréviations.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Introduction.....1

La synthèse bibliographique

Chapitre I: Généralités.....2

I.1. Le lait crû.....2

I.1.1. Définition.....2

I.1.2. Composition.....2

I.2. La poudre du lait.....3

I.2.1. Définition.....3

I.2.2. Composition.....3

I.2.3. Processus de fabrication.....4

I.2.3.1. Le Séchage.....4

I.2.3.2. Conditionnement.....5

I.2.4. La différence entre les deux poudres de lait.....5

I.2.5. Effets du traitement thermique sur la qualité nutritionnelle de la poudre.....5

I.3. Avantages et inconvénients du lait crû et de la poudre du lait.....6

Chapitre II: Le yaourt.....7

II.1. Historique.....7

II.2. Définition.....7

II.3. Composition.....7

II.4. Technologie de fabrication du yaourt.....	8
II.4.1. Préparation.....	8
II.4.2. Standardisation du mélange.....	8
II.4.3. Homogénéisation.....	9
II.4.4. Pasteurisation.....	9
II.4.5. Refroidissement.....	9
II.4.6. Ensemencement.....	9
II.4.7. La fermentation.....	10
II.4.8. Arrêt de La fermentation.....	10
II.4.9. Conditionnement.....	10
II.4.9.1. Yaourt étuvé.....	10
II.4.9.2. Yaourt brassé.....	11
II.5. Intérêts thérapeutiques et nutritionnels.....	11
II.5.1. Action anticholestérolimante.....	11
II.5.2. Activité antimicrobienne.....	12
II.5.3. Action préventive contre le cancer.....	12
II.5.4. Amélioration de l'absorption du lactose.....	12
II.5.5. Amélioration de la digestibilités des protéines.....	13
II.5.6. Biodisponibilité des sels minéraux.....	13
II.5.7. Guérison de diarrhées chez le nourrisson.....	13
II.5.8. Stimulation de système immunitaire.....	13
II.5.9. L'effet <i>bifidus</i>	13
II.6. Les bactéries spécifiques du yaourt.....	14
II.6.1. Caractéristiques.....	14

II.6.1.1. <i>Streptococcus thermophilus</i>	14
II.6.1.2. <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	15
II.6.1.3. <i>Bifidobacterium</i>	15
II.6.2. Le métabolisme des <i>Bifidobacterium</i>	16
II.6.3. La coopération entre les deux espèces spécifiques du yaourt	16
II.6.4. Actions et intérêts technologiques.....	18
II.6.4.1. Production de l'acide lactique.....	18
II.6.4.2. Production de composants d'arômes.....	18
II.6.4.3. Activité texturante et Formation de caractère onctueux et filant.....	19
II.6.4.4. Activité protéolytique.....	19
II.6.4.5. Activité lipolytique.....	19

La partie pratique

Chapitre III: Matériels et méthodes.....	20
III.1. Echantillonnage.....	20
III.2. Etude de la stabilité.....	20
III.2.1. Analyses physicochimiques.....	20
III.2.1.1. Mesure du pH.....	20
III.2.1.2. Mesure de l'acidité titrable	21
III-2-1-3. Mesure de l'EST par dessiccateur Sartorius	22
III.2.1.4. Détermination de la teneur en Matière Grasse (Méthode de GERBER).....	23
III.2.1.5. Détermination de taux de protéines par la méthode de KJELDAHL.....	23
III.2.2. Analyses microbiologiques.....	25
III.2.2.1. Préparation de la prise d'essai.....	25
III.2.2.2. Préparation des dilutions.....	26

III.2.2.3. Recherche des coliformes totaux et fécaux.....	26
III.2.2.4. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	27
III.2.2.5. Recherche des Staphylocoques à coagulase positive	28
III.2.2.6. Recherche des Salmonelles.....	29
III.2.2.7. Dénombrement de la flore lactique.....	30
III.2.2.8. Le stress test.....	31
III.3. L'étude comparative.....	31
III.3.1. La qualité physicochimique.....	31
III.3.2. Test de dégustation.....	31
Chapitre IV: résultats et discussion.....	32
IV.1. Etude de la stabilité.....	32
IV.1.1. Analyses physico-chimiques.....	32
IV.1.2. Analyses microbiologiques.....	35
IV.2. Etude comparative entre 02 yaourts Acti ⁺ fabriqués à partir d'un lait crû et de la poudre du lai.....	37
Conclusion.....	40
Références bibliographiques.	
Annexes.	

Liste des abréviations

Abs	Absence
AFNOR	Association Française de Normalisation
°C	Degré Celsius
D°	Degrés Dornic
DLC	Date Limite de Consommation
EST	Extrait Sec Total
g	Gramme
J+0	Jour de fabrication
J+30	DLC
JORADP	Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire
Kg	Kilogramme
<i>L. bulgaricus</i>	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>
MG	Matière Grasse
MGLA	Matière Grasse Laitière Anhydre
mg/l	Milligramme par litre
min	Minute
ml	Millilitre
mm	Millimètre
MRS	Milieu de Man Rogosa et Sharpe
N.E	Normes de l'Entreprise
pH	Potentiel d'Hydrogène
PM	Matière Protéique
PCA	Plate Count Agar
ssp	sous espèce
<i>S. thermophilus</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
UFC	Unité Formant Colonie
VRBL	Milieu Lactosé Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre
YGC	Yeast extract, Glucose, Chloramphenicol

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure II-1	La chaîne de production du yaourt ferme.	10
Figure II-2	Chaîne de production du yaourt brassé.	11
Figure II-3	Les coques de <i>Streptococcus salivarius, subsp. thermophilus</i> .	15
Figure II-4	Les bacilles de <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> .	15
Figure II-5	<i>Bifidobacterium</i> en microscopie électronique à balayage.	16
Figure II-6	Les deux bactéries lactiques du yaourt vues sous microscope électronique.	17
Figure II-7	La protocoopération.	17
Figure II-8	Facteurs stimulants la coopération inter espèces.	18
Figure III-1	L'acidité naturelle, l'acidité développée et l'acidité titrable du lait.	21
Figure IV-1	Evolution du pH en fonction du temps au cours de la conservation.	33
Figure IV-2	Evolution de l'acidité en fonction du temps au cours de la conservation.	33
Figure IV-3	Evolution de <i>S. thermophilus</i> en fonction du temps au cours de la conservation.	36
Figure IV-4	Evolution de <i>L. bulgaricus</i> en fonction du temps au cours de la conservation.	36

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau I-1	La composition moyenne du lait de vache.	2
Tableau I-2	La composition moyenne de la poudre de lait entier et la poudre de lait écrémé.	3
Tableau I-3	Avantages et inconvénients de la poudre du lait et du lait crû.	6
Tableau II-1	La composition d'un yaourt.	7
Tableau II-2	Méthodes de standardisation du mélange à yaourt.	8
Tableau IV-1	Résultats des analyses physico-chimiques de « Acti+ » au cours de sa conservation à 4 °C.	32
Tableau IV-2	Analyse de corrélation au cours de la conservation du produit ($p \leq 0,05$).	34
Tableau IV-3	Analyse de corrélation entre les différents paramètres ($p \leq 0,05$).	34
Tableau IV-4	Résultats des analyses microbiologiques de « Acti+ » au cours de sa conservation à 4 °C.	34
Tableau IV-5	Résultats de l'étude comparative entre un Acti ⁺ fabriqué à base d'un lait crû et un autre fabriqué à partir de la poudre du lait.	38
Tableau IV-6	Analyse de corrélation entre les deux produits ($p \leq 0,05$).	38
Tableau IV-7	Analyse de corrélation entre les différents paramètres ($p \leq 0,05$).	38
Tableau IV-8	Résultats de test de dégustation.	39

INTRODUCTION

Les aliments servant de matières premières à de nombreux produits sont de nos jours assez diversifiés, qui parmi eux le lait qui est denrée d'une grande valeur nutritive et qui fait aujourd'hui l'objet d'une polémique au sein des industries laitières.

Le lait et les produits laitiers constituent la base de l'alimentation dans plusieurs pays. Largement apprécié par le consommateur, le lait s'avère l'ingrédient essentiel de nos aliments. Aliment complet par excellence, le lait est un milieu de culture et de protection pour plusieurs microorganismes pathogènes pour l'humain (**Grospiron, 1998**). Toutefois, cet aliment qui existe sous deux formes différentes à savoir le lait en poudre et le lait crû est appelé à être fermenté pour conserver sa richesse nutritive mais aussi car il est facilement périssable.

Parmi ces différents produits issus du traitement du lait, on trouve le yaourt qui est un produit tant consommé vu sa valeur nutritionnelle, sa richesse en protéines ainsi que sa qualité diététique et thérapeutique. Cependant, il devrait répondre à des critères de stabilité hygiéniques afin d'épargner la santé du consommateur des différents risques, et de garantir des qualités organoleptiques et nutritionnelles supérieures.

C'est pourquoi tout le processus de fabrication exige des contrôles microbiologiques et physico-chimiques et une surveillance technique. Ces contrôles permettent aussi de déterminer les causes et les origines des souillures et des contaminations pouvant apparaître dans le produit fini.

Le présent travail est structuré en deux parties :

- Une étude bibliographique traitant dans son premier chapitre des généralités sur le lait et la poudre du lait, et dans son deuxième chapitre la technologie du yaourt, ses intérêts nutritionnels et thérapeutiques ainsi que les bactéries lactiques du yaourt.
- Une étude pratique réalisée au sein de l'unité "SOUMMAM" portant sur le yaourt étuvé aromatisé Acti+, par le suivi de quelques paramètres physico-chimiques et bactériologiques évaluant la stabilité du produit durant 30 jours, c'est-à-dire, du premier jour de la fabrication jusqu'à sa DLC. La seconde partie concerne l'étude comparative entre deux produits Acti+, l'un est fabriqué avec du lait crû et l'autre à base de la poudre du lait en s'appuyant sur des critères physico-chimiques et organoleptiques.

I. Généralités

I.1. Le lait crû

I.1.1. Définition

Le **Codex alimentarius (Codex STAN 206-1999)** définit le lait crû comme étant « la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou de plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur ».

La dénomination « LAIT » sans indication de l'espèce animale de provenance est réservée au lait de vache. Tout lait provenant d'une femelle laitière autre que la vache doit être désigné par la dénomination « LAIT » suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient : « lait de chèvre », « lait de brebis » etc. (**Lesueur et Melik, 1985**).

I.1.2. Composition

La quantité des différents constituants principaux du lait peut varier considérablement d'une race à l'autre et d'un individu à l'autre d'une même race. (**Tremolieres et al., 1984**).

La composition des différents constituants chimiques du lait est rapportée dans le tableau I-1.

Tableau I-1 : La composition moyenne du lait de vache (**Andrian et al., 2003**).

Composants	Valeur pour 1000ml
Eau	905 g
Protéines totales	
• Caséines	28 g
• Protéines de Lactosérum	7 g
Lactose	45 g
Lipides	36 g
Calcium	125 mg
Phosphore	100 mg
Vitamines	
• Vitamine A	50 µg
• Carotène	3 µg
• Vitamine D	0.1 µg

• Vitamine E	0.15 µg
• Vitamine C	2 mg
• Vitamine B1	40 mg
• Vitamine B2	175 mg
• Vitamine PP	90 mg
• Vitamine B6	60 mg
• Vitamine B9	0.2 mg
• Vitamine B12	0.6 µg

Remarque: La densité du lait est de 1,032.

I.2. La poudre du lait

I.2.1. Définition

Selon la loi sur les aliments et drogues du Canada, les poudres du lait sont des produits résultant de l'enlèvement partiel de l'eau du lait. On répartit les poudres du lait en trois groupes: la poudre du lait entier, la poudre du lait demi écrémé et la poudre du lait écrémé.

La loi américaine a ceci de particulier qu'elle précise que la poudre du lait doit être issue du lait pasteurisé. Le **Codex alimentarius (1999)**, à l'échelle internationale, va plus loin en spécifiant une teneur minimale en protéines (34%) dans l'extrait sec dégraissé. (**Vignola, 2002**).

I.2.2. Composition

La composition et les propriétés doivent répondre à certaines conditions qui permettent de classer chaque type de poudre en différentes catégories. (**Vignola, 2002**). Le tableau I-2 regroupe les deux catégories de la poudre (lait entier et lait écrémé).

Tableau I-2: La composition moyenne de la poudre du lait entier et la poudre du lait écrémé (**AFNOR, 1986**)

constituants	Poudre de Lait entier (%)	Poudre de Lait écrémé (%)
Eau	2,4	3,5 à 4
Matière grasse	26	1 à 1, 5
Lactose	35 à 37	50 à 52

Matière azotée	27 à 29	24 à 35
Matière saline (sels, minéraux)	7,5 à 8	9,5 à 10
Matière sèche non grasse	70 à 72	94 à 95,5

I.2.3. Processus de fabrication

I.2.3.1. Le Séchage

Les méthodes commerciales de séchage reposent sur l'apport de la chaleur au produit. L'eau est évaporée et cette vapeur est éliminée, laissant le résidu séché, à savoir la poudre du lait.

Deux méthodes principales sont utilisées dans l'industrie laitière : le séchage sur cylindres et le séchage par atomisation (**Pascal, 1998**) a:

a. Le séchage sur cylindres ou procédé « Hatmaker »

Il consiste à préchauffer à une température n'excédant pas 71 °C puis chauffer un mince film du lait pendant 2 à 3 secondes à la pression atmosphérique sur une surface métallique chauffée par la vapeur à 143-149 °C.

Des plaques disposées au-dessus des cylindres forment un bac dans lequel on introduit le lait. Le lait coule du bac entre les deux cylindres en rotation et forme un film sur les surfaces chaudes, il sèche complètement puis il est récupéré par un racleur et passe vers des tamis et des broyeurs (**Crossely, 2002**).

b. Le séchage par atomisation ou méthode « spray »

Le séchage par atomisation aussi appelé, d'une façon plus exacte, séchage par pulvérisation ou par dispersion, est le procédé par lequel le lait est pulvérisé dans un courant gazeux chaud de manière à obtenir instantanément une poudre.

Le séchage par pulvérisation se déroule en quatre étapes successives :

- Pulvérisation du liquide en un brouillard de gouttelettes ;
- Contact brouillard / air chaud ;
- Evaporation des gouttelettes ;
- Séparation produit sec/air humide (**Busin, 1996**).

I.2.3.2. Conditionnement

Le lait en poudre est conditionné en unité de 25 kg dans des sacs en papier Kraft. Le conditionnement doit répondre aux normes réglementaires. De plus, des petites unités de 1 kg sont également retrouvées (Ndiaye, 1991).

I.2.4. La différence entre les deux poudres du lait

Par la méthode des cylindres, la poudre obtenue a une consistance en paillette, une couleur un peu jaune, le lactose y est à l'état cristallin et la caramélisation et la réaction de Maillard y sont poussées (Ndiaye, 1991).

La poudre du lait obtenue par atomisation est nettement supérieure au produit de séchage sur cylindres tant en arôme et aspect qu'en solubilité mais son prix de vente est plus élevé. La poudre "Spray " est poudreuse, moins jaune que la précédente et le lactose est amorphe. Le séchage sur cylindres n'est presque plus utilisé, la poudre obtenue étant peu soluble et peu agréable (Sow, 2002).

Il existe encore d'autres méthodes pour le séchage du lait comme la lyophilisation.

I.2.5. Effets du traitement thermique sur la qualité nutritionnelle de la poudre

- Les qualités biochimiques et physicochimiques des poudres dépendent essentiellement des paramètres technologiques mis en œuvre pour la réalisation des poudres : la dénaturation des protéines, l'insolubilisation des sels phosphocalciques, la dégradation du lactose et l'effet sur la structure des globules gras (Mahaut et al., 2000) .

- Les risques de surchauffe dans la fabrication de la poudre peuvent détruire les vitamines essentielles du lait et en même temps entraîner une décomposition de la caséine et favoriser l'apparition d'un goût défectueux du produit (Génin, 2007).

-Le chauffage peut provoquer une diminution de la valeur nutritionnelle du lait par altération des acides aminés ; il accélère la réaction de Maillard dont il se forme un complexe entre la lysine et le lactose appelé composé d'amadori (Mahaut et al., 2000).

- Les vitamines les plus sensibles à l'action de la chaleur sont les vitamines B₆, B₁₂ et l'acide folique. La destruction vitaminique est de l'ordre de 20 à 50% (Luquet, 1986)

- La dessiccation du lait par chauffage plus ou moins fort risque de modifier certains composants du lait, surtout dans les poudres fabriquées selon le procédé Hatmaker (Serres et al., 2007).

- Concentré ou sec, le lait perd une bonne part de ses qualités originales (Boisard, 1994).

1.3. Avantages et inconvénients du lait crû et de la poudre du lait

Il existe bien des avantages et des inconvénients de chacune des deux matières premières, et le tableau I-3 regroupe quelques uns.

Tableau I-3: Avantages et inconvénients du lait crû de la poudre du lait.

	Lait crû local	Poudre du lait importée
Avantages	<p>Les protéines du sérum en général, et l'α-lactalbumine en particulier, ont des valeurs nutritionnelles très élevées (Vignola, 2002).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plus économique. - Teneur plus élevée en « lysine ». <p>Les protéines du lait crû ont une excellente composition en acides aminés et ont également une bonne digestibilité (Luquet, 1986).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La poudre du lait contient entre 2,5 et 5 % d'eau, ce qui peut empêcher le développement de nombreuses bactéries (Abdenouri et al, 2008). - Le séchage réduit le poids et le volume, ce qui diminue les frais de transport et de stockage du produit.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Un risque plus élevé de contamination microbiologique. - La possibilité d'avoir un lait mammité qui présente des risques, vu sa teneur élevée en cellules sanguines et sa composition chimique altérée. 	<ul style="list-style-type: none"> - Une partie de lysine est non disponible pour l'organisme (réactions de Maillard et la formation du complexe « Lysine-Alanine » (Luquet, 1986). - Tous les constituants du lait ne se retrouvent pas entièrement sous forme native selon les traitements appliqués et entraînent toujours quelques pertes de valeur nutritionnelle (Mahaut et al., 2000).

II. Le yaourt

II.1. Historique

Depuis des siècles, on a attribué aux laits fermentés un grand nombre d'effets bénéfiques pour la santé, de l'amélioration du bien être ou le prolongement de la durée de vie.

Au XVI siècle, le roi de France François I^{er}, souffrant de diarrhées persistantes, avait essayé plusieurs traitements sans succès quand un médecin turc lui fit connaître une recette secrète : celle du yoghourt. Le roi fut rapidement guéri de son infection intestinale.

Au début du XX^e siècle grâce aux travaux du biologiste Elie METCHNIKOFF (prix Nobel de médecine en 1908 travaillant à l'institut pasteur), il rédige un ouvrage intitulé « prolongation de la vie » dans lequel il affirme entre autres que la consommation des yaourts est indispensable pour une bonne santé de l'intestin, les premiers yaourts ont d'ailleurs été attribués en pharmacie (**De France, 1994**).

II.2. Définition

Selon la norme A-11a du Codex Alimentaire (1975), on définit le yaourt ou yogourt de la manière suivante : «Le yogourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* à partir du lait ou produits laitiers (exp: lait pasteurisé, lait partiellement écrémé pasteurisé ou concentré, lait écrémé pasteurisé ou concentré, ou un mélange de deux ou plusieurs de ces produits) et avec ou sans adjonction de substances (lait en poudre, le lait écrémé en poudre, le sucre, etc.). Les micro-organismes du produit final doivent être viables et abondants.»(**Vingola, 2002**). Et d'après **Mahaut et al. (2000)**, la réglementation française précise que ces deux bactéries doivent êtreensemencées simultanément et se trouvent vivantes dans le produit à raison d'au moins 10^7 bactéries .g⁻¹. La quantité d'acide lactique libre ne doit pas être inférieure à 0,7 g. 100 g⁻¹ lors de la vente au consommateur.

II.3. Composition

Le tableau II-1 représente les principaux constituants d'un yaourt

Tableau II-1 : La composition d'un yaourt (**Thierry, 2006**)

Composition	Teneurs pour 100 g
Eau	88.4

Lactose	4
Protéines	4
Lipides	1.1
Calcium	0.15
Phosphore	0.1
Acide lactique	1
Bactéries	0.15
Autres	1.1

II.4. Technologie de fabrication du yaourt

II.4.1. Préparation

Le yaourt peut être fabriqué indifféremment à partir du lait frais produit localement ou du lait reconstitué à partir de poudre du lait :

En cas d'utilisation de la poudre du lait, il faut absolument utiliser de l'eau potable pour diluer la poudre. Une fois reconstitué, le lait se conserve peu de temps dans des cuves (**Jean Christian Mboya, 2004**). Pour le lait crû ; des critères microbiologiques auxquels doit satisfaire, sont définis par le **JORADP N° 35 du 27 mai 1998**. D'autres critères s'appliquant au lait crû figurent dans le recueil **AFNOR (1999)**.

II.4.2. Standardisation du mélange

La standardisation consiste à ajuster la teneur en composantes de la matière première à un certain pourcentage (**Strahm et Eberhard, 2010**). Différentes méthodes de standardisation sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II-2 : Méthodes de standardisation du mélange à yaourt (Vignola, 2002)

	Addition de solides totaux (ST)	Addition de solide non gras (SNG)	Addition du sucre	Addition de la matière grasse (MG)
La substance ajoutée	- Poudre du lait entier ou partiellement écrémé; - Concentré de protéines de lactosérum.	- Poudre du lait écrémé; - Poudre de lactosérum.	Saccharose granulé / sirop	Poudre du lait entier
Rôle et importance	Donner une consistance et une viscosité valables en évitant la synérèse	Augmenter les proportions en caséines et en protéines de lactosérum dénaturées respectivement par l'acidification et la chaleur. Ce qui permet d'augmenter la consistance.	Pouvoir sucrant et amélioration de la consistance	- Onctuosité; - Masque les goûts acides et la perception d'eau; - Améliore les saveurs.

II.4.3. Homogénéisation

L'homogénéisation a des effets sur deux composants du lait, soit la matière grasse et les protéines :

- Cette opération empêche la montée de la crème à la surface durant la fermentation.
- L'homogénéisation a ainsi un effet sur la stabilité des protéines. De plus, en raison de l'ouverture adéquate de leur structure, il y a une amélioration de leur caractère hydrophile (Vignola, 2002).

L'effet de l'homogénéisation sur la structure physique du lait se traduit également par de nombreux avantages :

- Une couleur plus blanche et plus appétissante ;
- Une réduction de la sensibilité à l'oxydation ;
- Un goût plus affirmé et une meilleure sensation en bouche ;
- Une stabilité supérieure de produit fini (Pascal, 1998) b.

II-4-4-Pasteurisation

Le lait enrichi subit un traitement thermique à 90-95 °C pendant 3 à 5 minutes. Ce traitement a pour but de détruire les germes pathogènes et indésirables et de diminuer le nombre de microorganismes totaux (Mahaut et al., 2000).

II-4-5-Refroidissement

Après la pasteurisation, le lait est refroidi à la température d'ensemencement souhaitée, habituellement de 40 à 45 °C (Pascal, 1998).

II-4-6-Ensemencement

C'est l'apport des deux catégories suivantes de bactéries lactiques vivantes qui provoquent la fermentation du lait:

- *Lactobacillus bulgaricus* qui apporte au yaourt son acidité;
- *Streptococcus thermophilus* qui développe les arômes.

Une obligation pour les yaourts; ces bactéries doivent êtreensemencées simultanément et se trouvent dans le produit fini, à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme de yaourt (Nimazi et al., 1996).

II.4.7. La fermentation

L'étape de la fermentation a lieu soit dans des récipients destinés à la commercialisation (yaourt ferme), soit dans un tank (yaourt brassé), mais le processus de fermentation est identique, conduisant à la coagulation du lait. En effet, la fraction majeure des protéines du lait; les caséines, qui sont en suspension dans la phase aqueuse du lait sous forme d'agrégats dénommés micelles, va être affectée par l'acidification (**Bourgeois et Larpent, 1989**).

II.4.8. Arrêt de la fermentation

Lorsque l'acidité est atteinte, on procède à un refroidissement rapide pour bloquer la fermentation. (**Mahaut et al., 2000**).

II.4.9. Conditionnement

Le conditionnement offre une barrière physique de protection contre l'introduction de micro-organismes parvenant de l'espace environnant (**Codex alimentarius, 2007**):

II.4.9.1. Yaourt étuvé

Le lait additionné de ferments arrive ensuite à la machine qui forme les pots, elle les remplit et les ferme. Les pots de yaourt en sortant avec un contenu encore liquide sont regroupés dans un pack puis mis en carton et en palettes. Ils sont ensuite placés dans des chambres d'étuvage à 42 °C pendant 2 heures et 30 minutes afin d'assurer la transformation du lait en yaourts. Ces derniers sont ensuite conservés en chambre froide à 4 °C (**Reimringer, 2004**), comme montre la figure II-1.

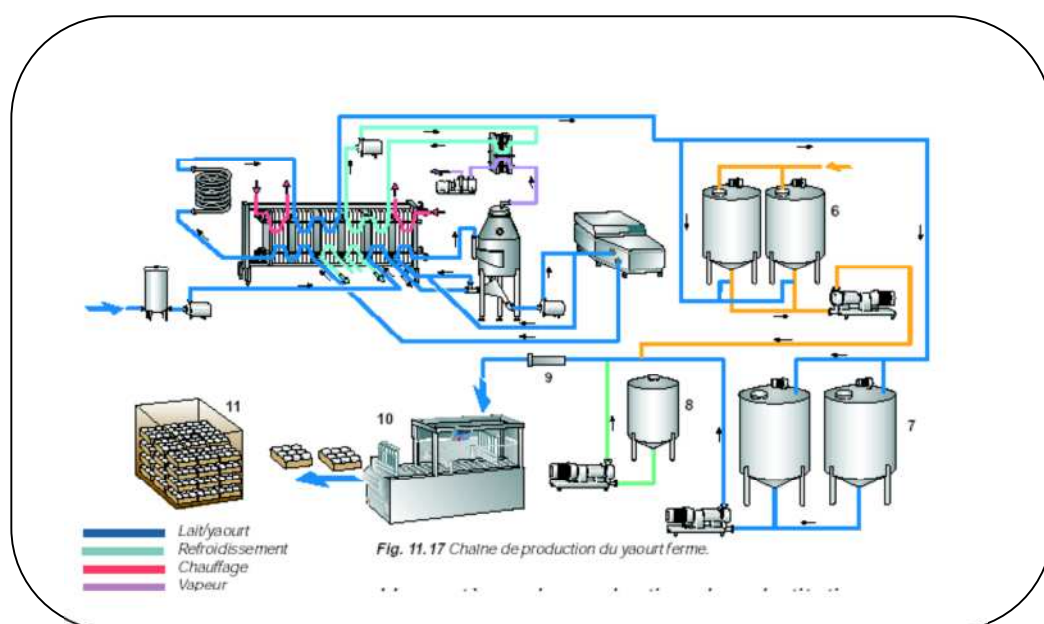


Figure II-1: La chaîne de production du yaourt ferme (**Pascal, 1998**) c.

II.4.9.2. Yaourt brassé

Les yaourts fermentés en cuve sont conditionnés, après brassage, dans des pots en plastique et sont stockés dans des chambres froides à 4 °C en passant au préalable dans des tunnels de refroidissement (**Paciora, 2004**), ce qui est illustré dans la figure II-2.

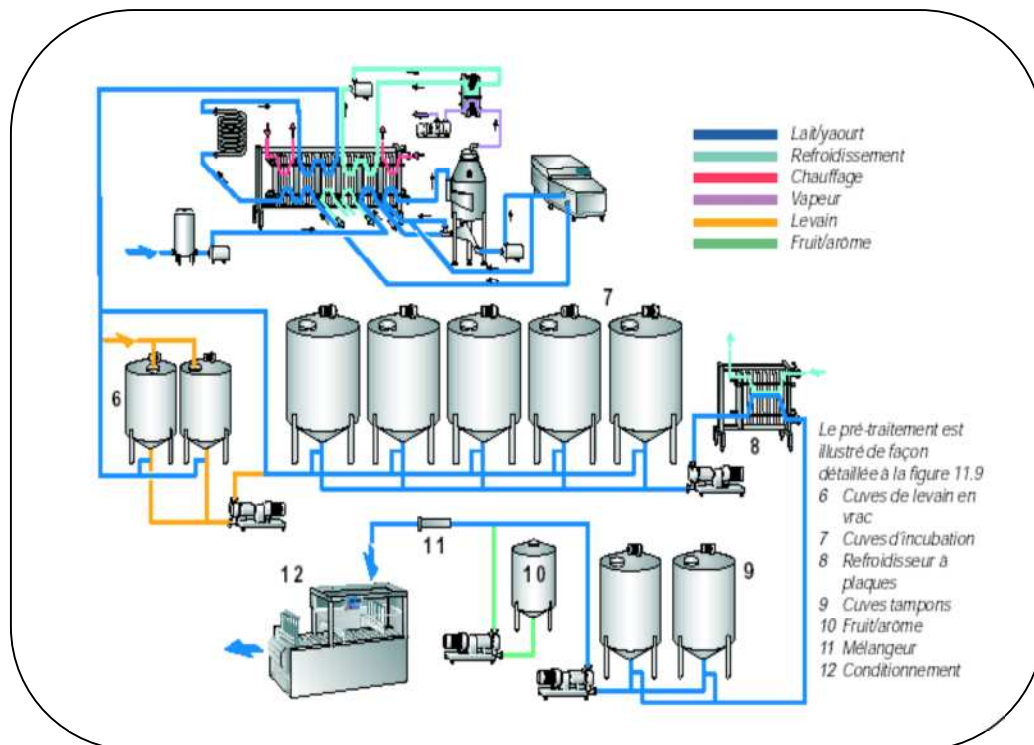


Figure II-2 : La chaîne de production du yaourt brassé (**Pascal, 1998**) c.

II.5. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques

Les yaourts sont souvent associés à un comportement « santé » sur le plan alimentaire, ils font partie de ce qui a été décrit comme une alimentation prudente ou saine (**Christine et Ruault, 2007**).

Outre les qualités nutritionnelles et organoleptiques, les yaourts peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé humaine (**Xanthopoulos et al., 2001**).

II.5.1. Action anticholestérolimante

Des tests *in vitro* ont démontré une réduction du taux de cholestérol dans un milieu de culture avec *Lactobacillus bulgaricus*. Plusieurs hypothèses ont été mises pour expliquer ce fait, comme l'assimilation du cholestérol par les bactéries ou l'hydrolyse des sels biliaires conjugués (**Alegre, 2009**).

II.5.2. Activité antimicrobienne

Les potentialités inhibitrices des bactéries lactiques sont importantes, le phénomène d'inhibition peut inclure un ou plusieurs mécanismes tels que la compétition nutritionnelle et le changement physico-chimique du produit (PH, formation d'agent réducteur) (**Beliard et Thuault, 1989**). Leur pouvoir antagoniste résulte aussi de la production du peroxyde d'Hydrogène et des bactériocines limitant la croissance de certains germes pathogènes (**Righi, 2006 ; Tabak et Bensoltane, 2011**).

II.5.3. Action préventive contre le cancer

Des résultats d'un grand nombre d'études expérimentales suggèrent que certains composants tels que le calcium et les bactéries lactiques réduiraient par exemple le risque de cancer du colon (**Debry, 2001**). Dans une étude chez la souris traitée à la diméthylhydrazine (DMH) avec suppléments de yaourt à différentes étapes de la cancérogenèse, le groupe ayant pris du yaourt après l'administration de DMH n'a pas développé de tumeurs, et le niveau d'apoptose était plus élevé que dans le groupe sans yaourt. L'ensemble des résultats de l'expérience est en faveur d'une inhibition, par le yaourt, de la progression tumorale par modulation de la réponse immune et stimulation de l'apoptose. Dans une autre étude, les consommateurs réguliers de yaourt avaient un risque divisé par deux d'avoir un cancer de gros adénome colorectal (**Christine et Ruault, 2007**).

II.5.4. Amélioration de l'absorption du lactose

Il est bien établi que le yaourt a des effets positifs sur la maldigestion du lactose dans le cas de déficiences en lactase (**Drouault et Corthier, 2001**).

Trois hypothèses ont été proposées sur cet effet bénéfique :

- La digestion du lactose dans la lumière intestinale par la lactase des bactéries lactiques du yaourt. Plusieurs auteurs postulent que la bile contenue dans l'intestin grêle augmenterait la perméabilité des cellules bactériennes, permettant au lactose d'entrer et d'être dégradé (**Noh et Gilliland, 1995**). La lyse des bactéries lactiques dans le tractus digestif avec relargage de leur lactase intracellulaire est également possible (**Marteau et al., 1997**);
- Un ralentissement de la vidange gastrique et du transit gastro-intestinal dus à la texture plus épaisse et visqueuse du yaourt par rapport au lait (**Marteau et al., 1990**). Ceci laisserait plus de temps à la lactase intestinale résiduelle et aux bactéries lactiques du yaourt pour agir;
- La stimulation de l'activité lactasique de la muqueuse intestinale par les bactéries lactiques du yaourt (**Besnier et al., 1983**).

II.5.5. Amélioration de la digestibilité des protéines

Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait, il contient une proportion optimale d'acides aminés libres indispensables. Ces propriétés résultent de traitement thermique, de l'acidification et de l'activité protéolytique des bactéries (**Mahaut et al., 2000**). En effet, la digestibilité du yaourt est excellente car la fermentation a déjà opéré une sorte de prédigestion (**Luquet, 1986 ; Christine et Ruault, 2007**).

II.5.6. Biodisponibilité des sels minéraux

Luquet (1986) a observé que le yaourt facilite l'absorption intestinale du calcium.

Le dosage du calcium et du magnésium solubles dans les laits fermentés montre une augmentation de la solubilité de ces minéraux, donc de leur biodisponibilité (**Jiwoua Ngounou et al., 2003**).

II.5.7. Guérison de diarrhées chez le nourrisson

Le yaourt joue un rôle important dans la prévention contre les infections gastro-intestinales. Son intérêt dans le traitement des diarrhées infantiles a été démontré par de nombreux auteurs (**Saloff-cost, 1995**). En effet, l'administration de laits fermentés, dont le yaourt, tend à rétablir un équilibre bactérien favorable à l'équilibre du transit digestif (**Gotti, 1977; Colombel et al., 1987; Grimaud et al., 1992**). Le remplacement du lait par du yaourt a conduit à une amélioration significative chez les enfants souffrant de diarrhée persistante (**Touhami et al., 1992**).

II.5.8. Stimulation de système immunitaire

L'effet immunorégulateur du yaourt a pu être démontré. En effet, l'administration orale d'une forte dose des deux bactéries du yaourt stimule la production d'interféron gamma par les lymphocytes circulant dans le sang (**Marteau et Rambaud, 1996**). Son rôle dans l'augmentation de la production d'interférons et d'immunoglobulines et de l'activation des lymphocytes B est attribué à *L. bulgaricus* (**Mahaut et al., 2000**).

II.5.9. L'effet *bifidus*

Le facteur bifidogène naturellement présent au niveau intestinal et dans les laits infantiles, permet la prolifération des bifidobactéries, ce qui entraîne un effet anti-infectieux (**Anonyme 1, 2011**). Les espèces *Bifidobacterium* sont plus communément utilisées comme probiotiques (**World Gastroenterology Organization, 2008**). Il a été montré que les bactéries du yaourt

permettent une meilleure absorption du lactose chez les adultes déficients en lactase intestinale. Elles seraient à l'origine d'une disparition des problèmes digestifs suivant l'absorption du lait crû. La souche *Bifidobacterium lactis* (Bb 12) utilisée dans des formules infantiles aurait un impact sur la santé du nourrisson. En effet, elle stimulerait la production d'IgA, l'activité phagocytaire et la croissance des bébés. Elle diminuerait l'eczéma et préviendrait des diarrhées. Des métabolites de *Bifidobacterium* sont également utilisés en cosmétique pour leur effet de stimulation des mécanismes de réparation de l'ADN suite à des dommages UV (Anonyme 1, 2011). Il semblerait que la consommation d'un complément nutritionnel contenant de probiotiques par rapport à celle d'un placebo a entraîné, chez l'homme adulte, une réduction de la sévérité de certains symptômes accompagnant les infections des voies respiratoires d'origine virale. Cet effet pourrait être lié à un renforcement de l'immunité cellulaire (Winkler, 2005). Les *Bifidobacterium* agissent sur la digestion en modifiant la morphologie et la physiologie du tractus gastro-intestinal en influençant la maturation et le renouvellement des entérocytes. Elles sont capables de synthétiser de nombreuses vitamines et acides aminés : l'alanine, la thréonine et la valine (Delepouille, 2012).

II.6. Les bactéries spécifiques du yaourt

Les bactéries lactiques comptent parmi les principaux probiotiques. Leur nom générique vient du fait qu'elles ont la propriété de produire de l'acide lactique. Elles comprennent, notamment, les lactobacilles telle que *Lactobacillus bulgaricus*, les streptocoques telle que *Streptococcus thermophilus* et les *Bifidobacterium* (Righi, 2006).

II.6.1. Caractéristiques

II.6.1. *Streptococcus thermophilus*

C'est une bactérie à coloration de Gram positive et catalase négative qui possède un métabolisme homofermentaire strict, conduisant essentiellement à la production d'acide lactique. Se présente sous une forme ovoïde et s'organise généralement en longues chaînes. Sa température optimale de croissance se situe entre 42 et 44 °C, mais elle est capable de se développer entre 19 et 30 °C, résiste très bien aux températures supérieures à 50 °C, avec un maximum de 55 °C (Dridier et Prévost, 2009).

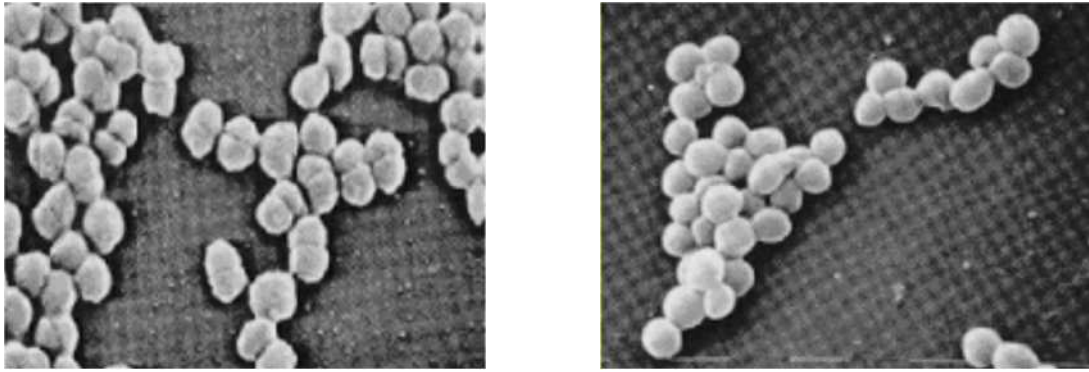


Figure II-3: Les coques de *Streptococcus thermophilus* (Feutry, 2005).

II.6.1.2. *Lactobacillus bulgaricus*

C'est une bactérie à coloration de Gram positive et catalase négative. En forme de bâtonnets plus ou moins longs, immobile, homofermentaire stricte. S'organise généralement en chaîne ou individualisée dans les produits comme dans les milieux de culture. Elle possède un très large spectre de température optimale de croissance, entre 30 et 40 °C, et un pH optimal de croissance entre 5.5 et 6.2 (Drider et Prévost, 2009).

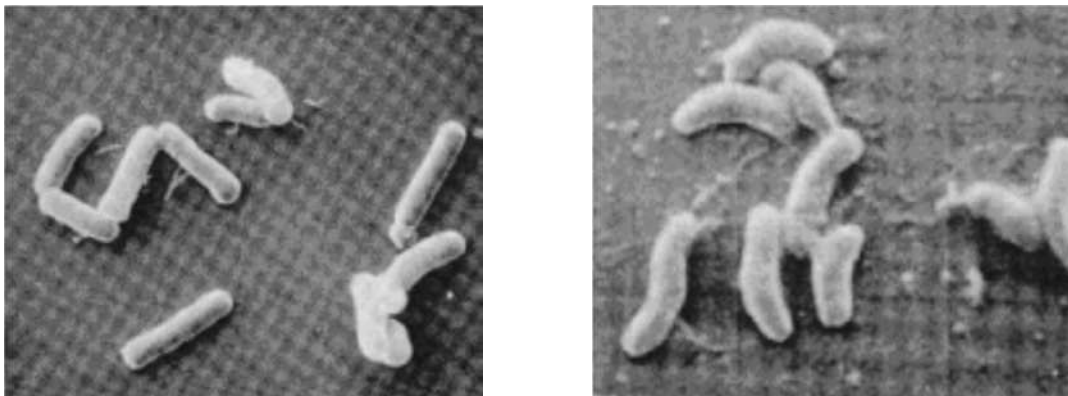


Figure II-4: Les bacilles de *Lactobacillus bulgaricus* (Feutry, 2005).

II.6.1.3. *Bifidobacterium*

Des bâtonnets à coloration de Gram positive aux formes variées, non mobiles, non sporulées, anaérobies strictes. Leurs conditions optimales de croissance se situent à des températures comprises entre 37 et 41 °C, et à des valeurs de pH comprises entre 6.5 et 7 (Drider et Prévost, 2009).

La forme des cellules de *Bifidobacterium* est caractérisée par une grande variété : coccoïde, allongée avec des protubérances, des bifurcations, des extrémités spatulées, elles sont souvent arrangées en chaînes étoilées, en V ou en palissades. (Romond et Romond, 1993).

Bifidobacterium longum est la première bactérie de ce genre, elle a été isolée en 1899 d'un nourrisson en bonne santé nourri au sein, par Henry Tissier, un chercheur de l'Institut Pasteur (ANONYME 1, 2011).

Bifidobacterium longum

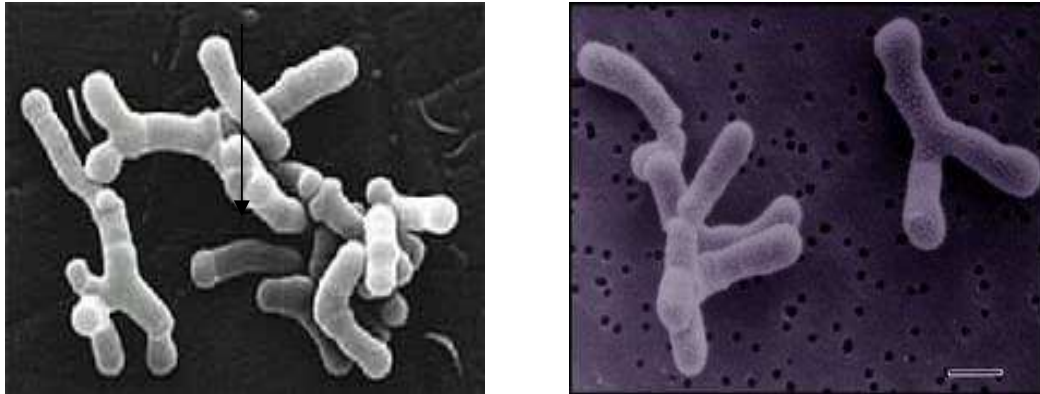


Figure II-5: *Bifidobacterium* en microscopie électronique à balayage (Anonyme 1, 2011).

II.6.2. Le métabolisme de *Bifidobacterium*

Le *Bifidobacterium* est anaérobie stricte, nitrate réductase et sa croissance nécessite une assez forte teneur en CO₂. Elle est le siège d'une fermentation hétérolactique, c'est-à-dire la fabrication d'acide lactique associé à de l'acétate, sans dégagement gazeux. On met en évidence la 6-phosphocétolase pour caractériser les bifidobactéries. Cette enzyme permet la transformation directe du glucose en fructose-6-phosphate, ce qui pallie l'absence de la glucose-6-phosphate déshydrogénase. Ces bactéries utiliseront ensuite la voie des pentoses phosphates pour transformer le glucose en lactate et acétate (Pelmont, 1993).

II.6.3. La coopération entre les deux espèces spécifiques du yaourt

Le yaourt résulte de la fermentation du lait par l'association de deux espèces : *S. thermophilus* et *L. bulgaricus*. Cette association est bénéfique pour les deux souches ; il s'agit d'une coopération. Mais elle n'est indispensable pour leur survie on l'appelle alors protocoopération (Frederieckson, 1977). Cette stimulation de la coculture s'explique par les exigences différentes en facteurs de croissance des deux souches : *S. thermophilus* ne possédant pas d'enzymes protéolytiques extracellulaires, elle a des besoins en acides aminés et peptides insuffisamment couverts par les concentrations originales du lait (Thomas et Mills, 1981). *L. bulgaricus* possédant une aminopeptidase a, en revanche, une activité protéinase liée à sa membrane cellulaire qui va permettre la libération des peptides et d'acides aminés utilisables par *S. thermophilus*, qui de son côté est dotée de peptide-hydrolases intracellulaires (Marshall, 1987). Quant à *L. bulgaricus*, elle est stimulée par l'acide formique et l'acide pyruvique, produit

par *S. thermophilus* au cours de la fermentation (Loones, 1994). Driessen et al. (1982) ont montré également un rôle stimulateur du CO₂ vis à vis de *L. bulgaricus* : le CO₂ interviendrait dans la synthèse de l'acide aspartique. *S. thermophilus* en décarboxylant, par une uréase, l'urée présente dans le lait, produit de CO₂ nécessaire à la croissance de *L. bulgaricus*. Les figures II-6, II-7 et II-8 résument cette coopération.

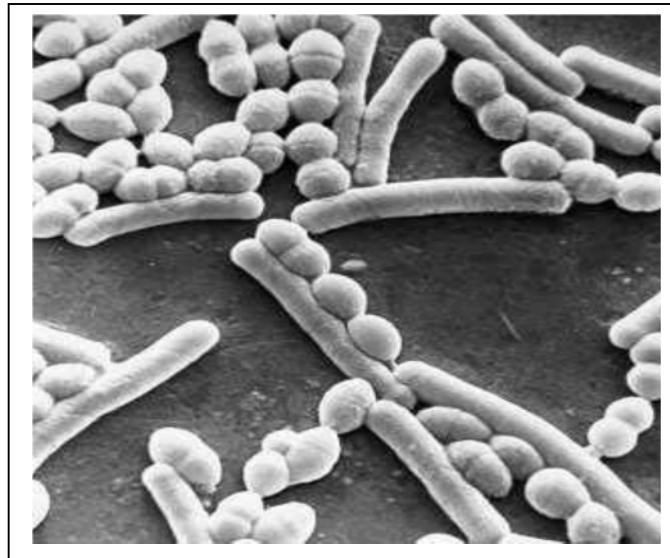


Figure II-6: Les deux bactéries lactiques du yaourt vues sous microscope électronique (Liebefeld, 2002).

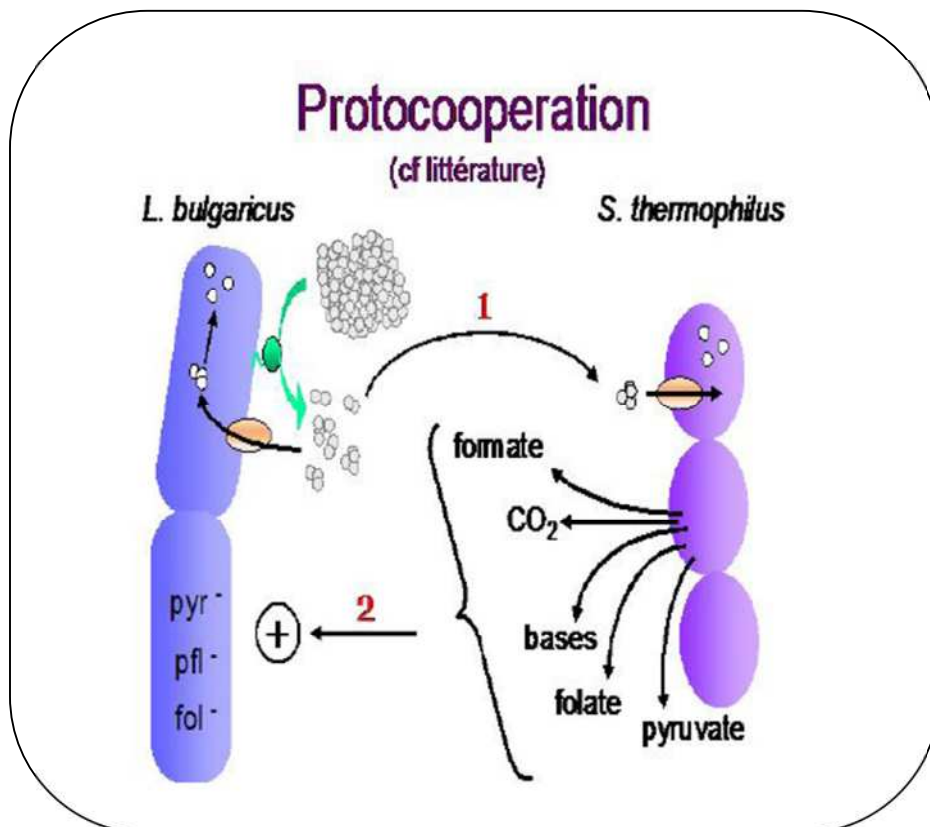


Figure II-7: La proto-coopération. (Anonyme 2).

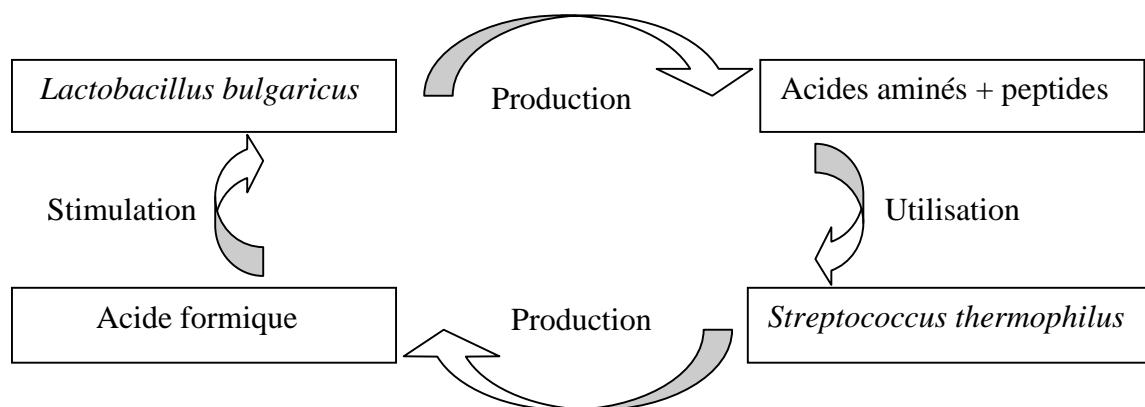


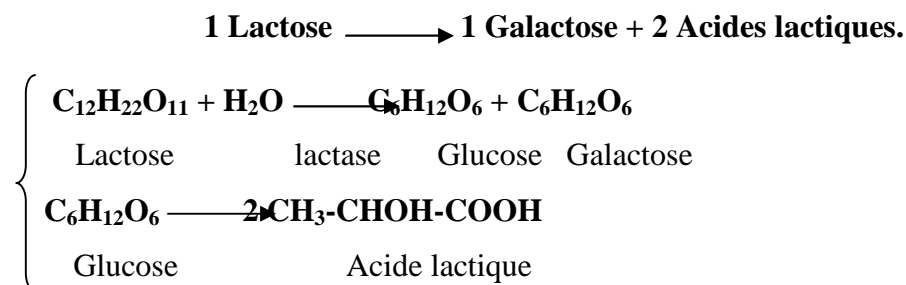
Figure II-8: Facteurs stimulants la coopération inter espèces.

II.6.4. Actions et intérêts technologiques

II.6.4.1. Production de l'acide lactique

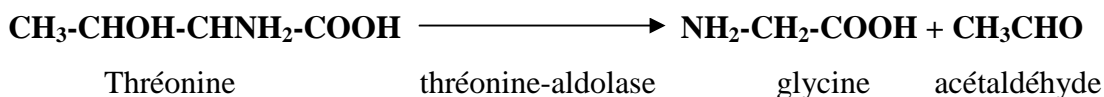
Lors de leur croissance les bactéries lactiques, grâce à la β-galactosidase, hydrolysent le lactose du lait pour produire deux nouveaux sucres : le glucose et le galactose.

Le glucose provenant de cette hydrolyse sera fermenté pour produire de l'acide lactique, qui va amener à un abaissement du pH du produit se caractérisant par des odeurs et goûts surs, et à sa coagulation (Vignola, 2002). La fermentation lactique du yaourt est de type homofermentaire (Loones, 1994) :



II.6.4.2. Production de composants d'arômes

Au cours de la fermentation, apparaissent des composés carbonylés qui interviennent dans les caractères organoleptiques du produit final : acétaldéhyde, acétone, acétoène, diacétyl et éthanol. Ces composés sont des produits secondaires de la fermentation lactique principale, mais l'acétaldéhyde provient aussi en grande partie de la transformation d'un acide aminé qui est la thréonine. L'acétaldéhyde représente l'élément majeur de l'arôme caractéristique du yaourt (Hermier et Accolas, 1989). L'acétaldéhyde est principalement produit par *L. bulgaricus*, la réaction est catalysée par la thréonine-aldolase (Loones, 1994):



II.6.4.3. Activité texturante et formation de caractère onctuant et filant

Les exo-polysaccharides (EPS) sont utiles pour leurs propriétés épaississantes et gélifiantes, ils peuvent posséder aussi des propriétés émulsifiantes et stabilisantes. Les propriétés rhéologiques finales sont dépendantes aussi des interactions des polysaccharides avec les autres composants du yaourt comme les caséines.

Les propriétés fonctionnelles des EPS incluent l'augmentation de la fermeté du yaourt puis la réduction de la synérèse. Ces propriétés sont dépendantes de la capacité des EPS à lier l'eau et à interagir avec les protéines pour augmenter la viscosité de la phase liquide (**Lapointe, 2009**). Les bactéries lactiques produisent à partir du glucose des polysaccharides qui, en formant des filaments, limitent l'altération du gel par les traitements mécaniques (**Boubchir, 2011**).

II.6.4.4. activité protéolytique

L'efficacité des bactéries lactiques et la production d'acide dépendent de l'hydrolyse de la caséine par les protéinases liées à la paroi (**larpent, 1992**).

Les bactéries lactiques possèdent un système protéolytique complexe qui comprend des protéases situées à la surface cellulaire et une large gamme de peptidases intracellulaires. Ces enzymes peuvent être libérées dans le milieu extracellulaire par l'autolyse bactérienne liée à l'âge de la cellule ou aux conditions physiologiques défavorables qui activent les autolysines capables d'hydrolyser les peptidoglycanes de la paroi (**Roudj et al., 2009**).

II.6.4.5. Activité lipolytique

Des études effectuées sur quelques souches de lactobacilles et de *S. thermophilus* mettent en évidence des activités très faibles (**Schmidt et al., 1994**).

III. Matériel et méthodes

Matériels : Annexe 2.

III.1. Echantillonnage

➤ Le prélèvement de « Acti⁺ » pour le suivi des paramètres physicochimiques et bactériologiques est réalisé comme suit :

Quatre packs ont été prélevés (chaque pack contient 8 pots) : trois packs sont destinés pour les analyses bactériologiques et physicochimiques et un pack pour le stress test :

- Les pots attribués pour les analyses des paramètres physicochimiques et bactériologiques sont conservés dans la chambre froide à 4 °C.

✓ Les analyses bactériologiques sont effectuées à : j0, j+10, j+20 et j+30.

✓ Les analyses physicochimiques sont réalisées à : j+1, j+5, j+10, j+15, j+20, j+25 et j+30.

- Les pots destinés au stress test sont conservés dans la salle de stockage à 25 °C.

Remarque: Les quatre packs prélevés ont une DLC au 24-03-2012.

➤ D'autres échantillons de « Acti+ » ont été prélevés et destinés pour l'étude comparative ainsi que pour le test de dégustation:

- Trois packs de DLC au 05-04-2012 avec la poudre de lait.

- Trois packs de DLC au 10-04-2012 avec lait crû.

III.2. Etude de la stabilité

III.2.1. Les analyses physico-chimiques

III.2.1.1. Mesure du pH

a. Définition

Echelle de mesure de la concentration des protons dans une solution. Les solutions dont le pH est inférieur à sept contiennent des concentrations élevées de protons et sont acides. Les solutions dont le pH est supérieur à sept sont faiblement concentrées en protons et sont basiques. Le pH du milieu affecte les molécules protéiques et ainsi les réactions enzymatiques (**Indge, 2007**).

b. Principe (**Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007**)

Il consiste à la mesure de la différence de potentiel, à une température déterminée (20 °C ±2), entre une électrode de mesure et une électrode de référence introduites dans le produit.

c. Mode opératoire (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

- Immerger les deux sondes du pH-mètre dans le produit;
- Mentionner la valeur obtenue;
- Nettoyer les sondes du pH-mètre et les rincer avec l'eau distillée;
- Placer le bout de la sonde dans le capuchon de protection contenant la solution de KCl.

Remarque : Avant de faire la mesure du pH ; procéder à l'étalonnage de l'instrument.

d. Expression des résultats (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

La valeur est affichée sur l'écran d'affichage du pH- mètre.

III.2.1.2. Mesure de l'acidité titrable**a. Définition**

L'analyse de l'acidité titrable mesure tous les ions H^+ disponibles dans le milieu, qu'ils soient dissociés, c'est-à-dire ionisés, ou non. Ainsi, on déplace les équilibres chimiques pour neutraliser tous les ions H^+ des acides faibles. L'acidité titrable est une mesure des deux acidités: naturelle et développée.

Acidité titrable = acidité naturelle + acidité développée.

Elle s'exprime couramment de deux façons: soit en pourcentage (%) d'équivalent d'acide lactique, soit en degrés Dornic ($^{\circ}D$) (Vignola, 2002).

La figure III-1 montre bien la relation entre ces trois acidités.

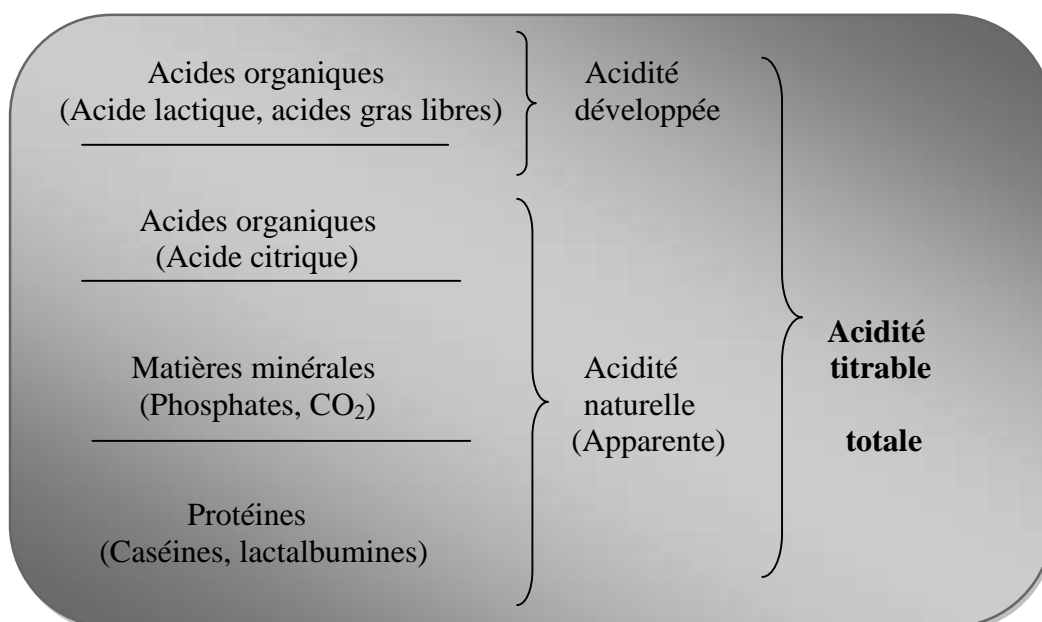


Figure III-1: L'acidité naturelle, l'acidité développée et l'acidité titrable du lait (Vignola, 2002).

b. Principe (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

Le titrage de l'acidité se fait par la soude 1/9 N en présence de la phénolphtaléine comme indicateur.

c. Mode opératoire (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

- Introduire 10 ml du yaourt dans un bécher de 100 ml à l'aide d'une seringue ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine ;
- Titrer avec la soude (NaOH) 1/9 N, jusqu'au virage au rose pâle facilement perceptible et persistant 10 secondes ;
- Lire la chute de la burette.

d. Expression des résultats (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

L'acidité en °D correspond à la chute de la burette en ml \times 10.

III.2.1.3. Mesure de l'EST par dessiccateur Sartorius**a. Définition**

Quantité ou pourcentage du contenu anhydre de l'aliment obtenu après dessiccation (Oudot, 1999).

a. Principe (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

La dessiccation se réalise à 105 °C jusqu'à obtention d'une valeur constante.

b. Mode opératoire (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

- Mettre l'appareil sous tension;
- Sélectionner l'affichage du programme et choisir le programme, le charger et le confirmer;
- Ouvrir la chambre à échantillon et placer une coupelle;
- Tarer la coupelle ;
- Bien homogénéiser le pot de yaourt ;
- Répartir environ 4 g de l'échantillon sur la coupelle, jusqu'à affichage d'une mention « démarrer l'analyse »;
- Fermer la chambre et démarrer le programme de dessiccation ;
- La dessiccation s'arrête automatiquement lorsqu' aucune perte de poids n'est plus détectable.

c. Expression des résultats

L'extrait sec obtenu est affiché, il est exprimé en pourcentage massique.

III.2.1.4. Détermination de la teneur en Matière Grasse (Méthode de GERBER) (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

a. Principe

Les protéines sont dégradées par l'acide sulfurique et la chaleur produite fait fondre la matière grasse. L'alcool iso-amylique aide à la séparation de la matière grasse. La centrifugation permet la séparation des phases grasse et aqueuse.

b. Mode opératoire

- Dans un butyromètre introduire 10 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 à une densité de 1,82 ;
- Ajouter 5 ml d'eau distillée ;
- Ajouter lentement 5,5 ml du yaourt, verser ensuite 1 ml d'alcool iso-amylique ;
- Fermer le butyromètre avec un bouchon, l'envelopper avec un chiffon et le retourner pour mélanger et homogénéiser le contenu ;
- Agiter pour dissoudre complètement la caséine;
- Après que le mélange brunisse, centrifuger pendant 10 min à 1100 tours et une température de 65 °C;
- Faire une lecture immédiate dans 10 secondes.

c. Expression des résultats: Lire sur l'échelle graduée :

X : position inférieure.

X' : position supérieure.

X' - X : représente le taux de matière grasse dans 100 g de yaourt.

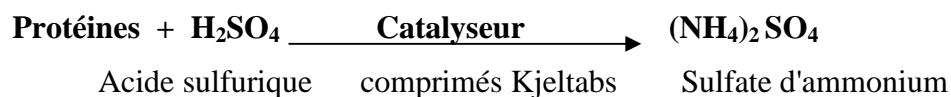
La teneur en matière grasse est donnée en pourcentage ou en g/L.

III.2.1.5. Détermination de taux de protéines par la méthode de KJELDAHL (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

a. Principe

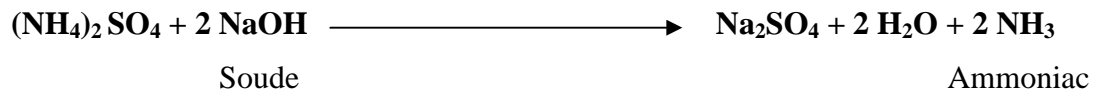
La minéralisation

La réaction entre la fraction protéique et l'acide sulfurique produit essentiellement du sulfate d'ammonium :

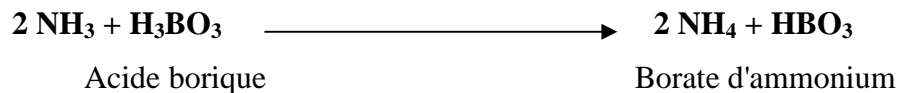


✚ La distillation

L'addition de la soude provoque une réaction avec production d'ammoniac:



L'ammoniac est entraîné avec la vapeur d'eau, condensé et incorporé dans une solution d'acide borique contenant un indicateur coloré, il se forme du borate d'ammonium donnant une couleur verte à la solution qui devient basique:



✚ La titration

La quantité de sel formé est proportionnelle aux protéines de départ, elle est dosée par HCl à 0.1 N, le virage au rose violet est observé à pH = 4,6.

b. Mode opératoire

Prise d'essai

Peser 2 g du yaourt dans de papier exempt d'azote à 0,1 mg près.

On distingue trois étapes :

✚ Minéralisation

Ajouter dans l'ordre dans le tube de minéralisation :

- La prise d'essai;
- 02 comprimés Kjeltabs;
- 15 ml d'acide sulfurique ; sous hotte chimique;
- Mélanger le contenu du tube, puis laisser au repos dix minutes;
- Positionner le collecteur de fumées sur les tubes, et activer le scrubber;
- Transférer les tubes sur un minéralisateur préchauffé à 420 °C;
- Minéraliser pendant 01h 05 min, à la fin de cette étape ; le minéralisât doit être limpide et exempt de matière non digérée;
- Retirer les tubes et laisser le portoir en position de refroidissement pendant 15 à 20 minutes, la collecte des fumées doit être maintenue lors de cette étape.

✚ Distillation

- Transférer le portoir avec les tubes à proximité du distillateur;

- Diluer le contenu des tubes refroidis avec 80 ml d'eau distillée en rinçant parfaitement les parois des tubes par mouvement de rotation des tubes;
- Placer sous le tube d'écoulement du distillat ; un erlenmeyer de 250 ml, contenant 50 ml d'acide borique coloré;
- Alcaliniser le contenu du tube en introduisant en automatique 70 ml de soude à 40%, la quantité de la soude est dite suffisante lorsque le contenu du tube commence à bleuir;
- ✓ NB : l'extrémité du tube d'écoulement du distillat doit être impérativement sous la surface de l'acide borique, afin de fixer l'ammoniac et éviter son évaporation.
- Distiller de façon à obtenir environ 150 ml de distillat; l'indicateur coloré vire du rouge au vert.

Titration

- Titrer le contenu de l'erlenmeyer avec de l'acide chlorhydrique à 0,1N, le point final est atteint lorsque la couleur rose apparait;
- Noter le volume d'acide délivré à 0,05 ml près.

c. Expression des résultats

$$\%N = (T - B) \cdot N \cdot 14,007 \cdot 100 / W.$$

Avec:

T : volume titrant (ml) pour l'échantillon.

B : volume titrant (ml) pour le blanc.

N : normalité de l'acide titrant.

W : la masse de l'échantillon en mg.

Calcul du % de protéines :

$$\% P = \% N \cdot F$$

Tel que F= 6,38 pour les produits laitiers.

III.2.2. Les analyses microbiologiques

III.2.2.1. Préparation de la prise d'essai (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

Prés du bec benzène:

Avant d'ouvrir le pot du yaourt, et afin d'éliminer toute source de contamination, prendre soin de nettoyer la surface extérieure du récipient autour de la zone d'où sera prélevé l'échantillon, le nettoyage peut être effectué avec de l'éthanol à 70° afin d'éviter toute contamination supplémentaire.

Puis peser 1 g de l'échantillon pour l'analyse et le mettre dans une boîte de Pétri stérile.

III.2.2.2. Préparation des dilutions

Introduire aseptiquement 10 ml du produit à analyser dans un flacon stérile contenant au préalable 90 ml de diluant. Cette suspension constitue alors la dilution mère (D.M) correspondant donc à la dilution 10^{-1} . Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile, 1 ml de la D.M après homogénéisation dans un tube à essai contenant au préalable 9 ml du même diluant : cette dilution est alors au 10^{-2} et ainsi de suite jusqu'à la dilution désirée (Guiraud, 2003).

III.2.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

a. Principe

Les coliformes présentent des risques d'infection pour le consommateur et ils ont des conséquences technologiques négatives : fermentation des sucres avec production de gaz, d'acides et d'autres substances visqueuses à saveur souvent désagréables. C'est pour cela qu'on devrait s'assurer que leur nombre dans le produit alimentaire ne dépasse pas les normes.

b. Mode opératoire

➤ Les coliformes totaux

Prés du bec benzène

- Introduire la prise d'essai dans la boîte de pétri stérile;
- Couler environ 15 ml de la gélose VRBL préalablement fondue et refroidie à $45\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$. Le temps qui s'écoule entre l'ensemencement des boîtes de pétri et le moment où la prise d'essai est en contact avec le milieu de culture ne doit pas dépasser 15 min;
- Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture;
- Laisser solidifier les boîtes en les posant sur une surface fraîche et horizontale;
- Préparer également une boîte témoin avec environ 15 ml de milieu de culture pour contrôler sa stérilité;

- Après solidification complète, couler à la surface du milieuensemencé, environ 4 ml de la gélose VRBL à $45\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$;

- Laisser solidifier;

- Retourner les boites ainsi préparées et les incuber dans l'étuve réglée à 30 °C pendant $24\text{h} \pm 2\text{ h}$.

➤ **Les coliformes fécaux**

On réalise la même procédure pour les coliformes fécaux, à la différence que l'incubation s'effectue à 44 °C pendant $24\text{h} \pm 2\text{h}$.

c. Expression des résultats

Après 24 heures d'incubation, les colonies caractéristiques des coliformes totaux et fécaux sont violacées, d'un diamètre de 0,5 mm ou plus et parfois d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.

III.2.2.4. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

a. Principe

Les moisissures saprophytes contaminent les aliments et les dégradent de point de vue qualitatif, par leurs sécrétions en mycotoxines. Mais les levures dégradent les produits acides et sucrés. La gélose YGC permet l'isolement des champignons après incubation à 25 °C pendant 5 jours.

b. Mode opératoire

Prés du bec benzène:

- Mettre la prise d'essai dans une boite de pétri stérile;

- Couler environ 15 ml de la gélose YGC préalablement fondue et refroidie à $45\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$. Le temps qui s'écoule entre l'ensemencement des boites de pétries et le moment où la prise d'essai est en contact avec le milieu de culture ne doit pas dépasser 15 min;

- Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture;

- Laisser solidifier les boites en les posant sur une surface fraîche et horizontale;

- Préparer également une boite témoin avec environ 15 ml de milieu de culture pour contrôler sa stérilité;

- Retourner les boites ainsi préparées et les incuber dans l'étuve réglée à 25 °C pendant 5 jours.

c. Expression des résultats

Après 5 jours d'incubation, les levures se présentent sous forme de colonies arrondies, lisses, convexes, plates, parfois pigmentées en jaune, orange ou blanche, les moisissures se présentent sous forme plus grande et de couleur différente.

III.2.2.5. Recherche des Staphylocoques à coagulase positive

a. Principe

Ensemencer une suspension de 0,1 ml en surface sur milieu Baird Parker additionné d'une émulsion de jaune d'œuf et d'une solution de tellurite de potassium, et de sulfaméthazine. Le tellurite inhibe la croissance des germes qui ne peuvent le réduire en tellure noir, la sulfaméthazine inhibe les *Proteus* et la glycine et le pyruvate sont des nutriments favorisant la croissance. Le chlorure de lithium inhibe les germes Gram⁻. *S. aureus* donne des colonies noires entourées d'un halo clair (protéolyse). Des zones opaques peuvent apparaître plus tardivement dans le halo clair ; elles sont dues à l'activité lipolytique et lécithinolytique du germe (**Jean-Louis, 2007**)

b. Mode opératoire (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

Prés du bec benzène:

- Réaliser la dilution 10^{-1} ;
- Transférer à l'aide d'une pipette stérile, 1 ml de la suspension mère dans un tube contenant 19 ml du bouillon Giolitti Cantoni préalablement additionné de 0,1 ml de la solution de potassium à 1 %;
- Mélanger soigneusement l'inoculum en évitant toute introduction d'air;
- Incuber à 37 °C pendant 48 heures;
- Après incubation, repiquer les tubes d'enrichissement Giolitti Cantoni présentant un noircissement ou un précipité noirâtre sur les boîtes de Baird Parker, préalablement coulées et séchées;
- Incuber à 37 °C pendant 24 heures.

c. Expression des résultats (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

Les colonies caractéristiques de Staphylocoques à coagulase positive sont noires ou grises, brillantes et convexes avec un diamètre de 1,5 à 2,5 mm, et entourées d'une auréole d'éclaircissement dû à la protéolyse des protéines de jaune d'œuf.

III.2.2.6. Recherche des salmonelles

a. Principe

Les nombreuses espèces de Salmonelles diffèrent énormément entre elles quant à leur pouvoir pathogène. Bien que la plupart des espèces puissent se retrouver dans les aliments, les normes visent en général celles qui sont à l'origine de toxi-infections plutôt que celles qui sont à l'origine des maladies infectieuses graves (fièvres typhoïdes et paratyphoïdes). La recherche des germes est complexe et il n'existe pas encore de technique standard rapide (Jean-Louis, 2007).

b. Mode opératoire (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

Prés du bec benzène

✓ *Pré enrichissement non sélectif*

- Peser une masse de 25 g du produit avec une incertitude de ± 5 %, dans un flacon de 250 ml contenant 225 ml de l'eau peptonée tamponnée;
- Mélanger jusqu'à ce que le produit soit complètement dispersé;
- Incuber à 37 °C pendant 24 heures.

✓ *Enrichissement sélectif*

- Transférer 0,1 ml de la culture après pré-enrichissement dans un tube contenant 10 ml de bouillon Muller Kauffmann;
- Incuber le bouillon à 43 °C pendant 24 heures.

✓ *Isolement*

Il est effectué sur la gélose Hektoenensemencée en stries avec une pipette pasteur dans des boîtes de pétri par des gouttes prélevées à partir de la culture obtenue dans le bouillon Muller Kauffmann.

c. Expression des résultats (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

Sont suspectées positives, les boîtes contenant des colonies grises bleues à centre noire sur la gélose Hektoen.

Remarque : Ces colonies suspectées positives feront l'objet d'une identification biochimique dans un laboratoire externe.

III.2.2.7. Démembrement de la flore lactique thermophile (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

a. Mode opératoire

Prés du bec benzène:

- Préparer les dilutions de 10^{-1} jusqu'à 10^{-8} ;
- Ensemencer, pour *Lactobacillus bulgaricus*, les dilutions 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , et transférer aseptiquement 1 ml à l'aide d'une pipette stérile à raison de deux boîtes de pétri pour chaque dilution;
- Ensemencer pour *Streptococcus thermophilus* les dilutions 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} , et transférer aseptiquement 1 ml à l'aide d'une pipette stérile à raison de deux boîtes de pétri pour chaque dilution;
- Couler pour *L. bulgaricus* 15 ml du milieu MRS, fondu et maintenu à 45 °C dans chaque boîte de pétri;
- Couler pour *S. thermophilus* 15 ml du milieu M17, fondu et maintenu à 45 °C dans chaque boîte de pétri;
- Préparer également une boîte témoin avec environ 15 ml de milieu de culture pour contrôler sa stérilité;
- Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture;
- Laisser solidifier les boîtes en les posant sur une surface fraîche et horizontale;
- Pour *L. bulgaricus*, après solidification du mélange, ajouter une couche superficielle composée d'environ 10 ml à 15 ml du milieu MRS, afin d'obtenir des conditions de semi anaérobiose, laisser solidifier;
- Incuber les boîtes pour le démembrement de *L. bulgaricus* et *S. thermophilus* pendant 72 h à 37 °C.

b. Expression des résultats

Compter les colonies de la taille d'une pointe d'épingle sur les boîtes contenant 10 à 300, Pour chaque micro-organisme caractéristique, calculer le nombre N de bactéries par gramme d'échantillon en tant que moyenne pondérée de deux dilutions successives, comme suit:

$$N = \frac{\sum C}{(n_1 + 0,1n_2)d}$$

ΣC : la somme des colonies comptées sur toutes les boîtes contenant entre 10 et 300 colonies.

n_1 : est le nombre de boîtes comptées à la dilution la plus faible.

n_2 : est le nombre de boîtes comptées à la dilution la plus élevée.

d : est la valeur correspondant à la dilution des premiers dénombrements retenus.

III.2.2.8. Le stress test (Manuel de la laiterie SOUMMAM, 2007)

Le stress test est fait pour tester la stabilité du produit en cas de troubles des conditions de transport, c'est-à-dire, dans le cas d'une panne du frigo, et cela consiste à soumettre le produit fini à une température de 25 °C et le laisser pendant cinq jours pour vérifier s'il n'y a ou pas de gonflement ou de mauvaise odeur ou autre défauts à savoir le développement des levures et des moisissures.

III.3. L'étude comparative

L'étude comparative concerne une analyse sur la qualité physicochimique et une autre sur la qualité organoleptique, par un test de dégustation, d'un Acti⁺ produit à partir du lait crû et un autre fabriqué à base de la poudre de lait.

III.3.1. La qualité physicochimique

Les deux produits ont fait l'objet des analyses habituelles détaillées auparavant en analysant les paramètres suivants: EST, MG et le taux des protéines.

III.3.2. Test de dégustation

Lors de cet examen, le travail était focalisé sur l'impact de la matière première, à savoir le lait crû et la poudre du lait, sur la qualité organoleptique du yaourt. Pour cela, nous avons eu recours à une analyse hédonique attestant les préférences des consommateurs.

Chaque échantillon était représenté par un code X ou Y, dont:

- Le X: déchiffre le yaourt Acti⁺ fabriqué avec du lait crû;
- Le Y: décode le yaourt Acti⁺ produit à base de la poudre du lait.

Nous avons procédé à :

- Invité 30 personnes ;
- Pour chaque 2 personnes, préparer deux pots codés X et Y, dont ces derniers soient du même arôme;
- Leurs demander de goûter de chacun des deux pots et de répondre aux questions posées dans le questionnaire.

IV. Résultats et discussion

IV.1. Etude de la stabilité

IV.1.1. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques du yaourt étuvé aromatisé « Acti+ », durant la conservation à 4 °C, ont donné les résultats représentés dans le tableau IV-1.

Tableau IV-1: Résultats des analyses physico-chimiques de "Acti+" au cours de sa conservation à 4 °C:

Paramètres	J+1	J+5	J+10	J+15	J+20	J+25	J+30	Moyenne	Ecart-type	NE à J+1
pH	4,45	4,21	4,17	4,16	4,12	4,11	4,10	4,189	0,122	4,30 – 4,70
Acidité (°D)	85	92	97	100	102	103	105	97,714	7,064	80 - 100
EST (%)	22,71	22,05	22,87	21,57	22,50	22,01	22,17	22,269	0,451	21,5 – 23,5
MG (%)	3	3,2	3,2	3	3,2	3	3	3,086	0,107	2,8 – 3,2

L'ensemble des résultats obtenus, pH, EST, MG et l'acidité, montrent la conformité aux normes de l'Entreprise à J+1, grâce à la maîtrise du processus de la fabrication et la bonne surveillance durant toutes les étapes de la production.

a. Evolution du pH et de l'acidité titrable

Le pH diminue progressivement en le comparant avec l'acidité qui augmente de façon continue, avec le temps.

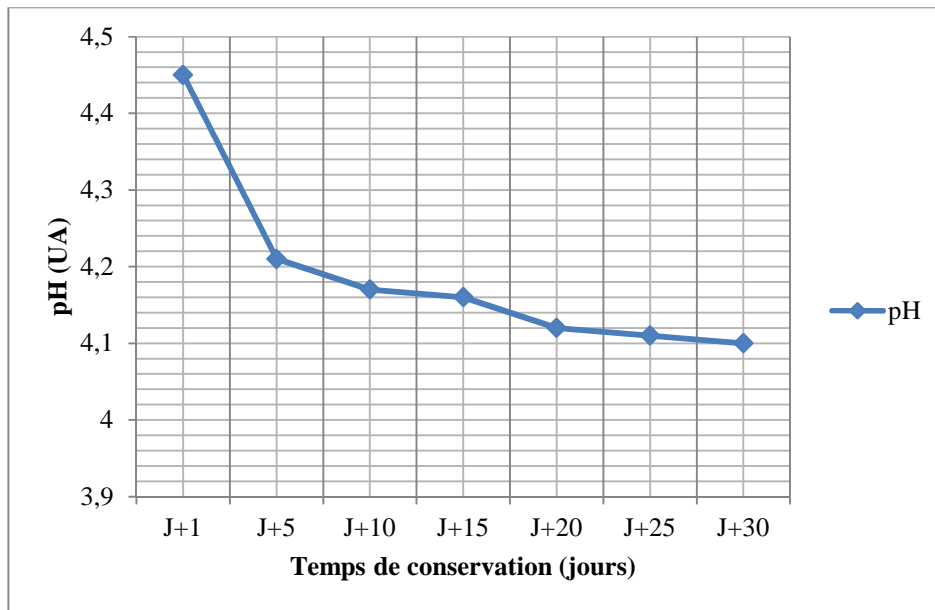


Figure IV-1: Evolution du pH en fonction du temps au cours de la conservation.

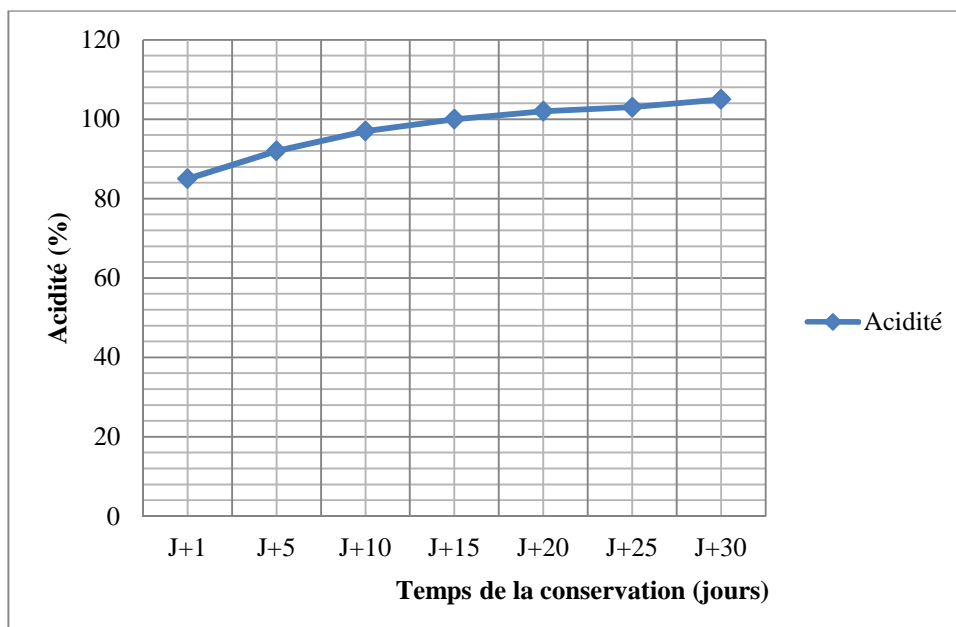


Figure IV-3: Evolution de l'acidité en fonction du temps au cours de la conservation.

Les figures IV-1 et VI-2 montrent une diminution du pH au cours de la conservation, allant de **4,45** à **J+1** jusqu'à **4,10** à **J+30**. Ce constat résulte de la production progressive de l'acide lactique à partir du lactose présent dans le lait par les bactéries lactiques (phénomène de la fermentation lactique).

Cette diminution est inversement proportionnelle à l'acidité qui augmente de **85 °D** à **J+1** pour atteindre **105 °D** à **J+30**.

b. Etude statistique

Tableau IV-2: Analyse de corrélation au cours de la conservation du produit ($p \leq 0,05$).

	<i>J+1</i>	<i>J+5</i>	<i>J+10</i>	<i>J+15</i>	<i>J+20</i>	<i>J+25</i>	<i>J+30</i>
J+1	1,000						
J+5	0,999	1,000					
J+10	0,996	0,999	1,000				
J+15	0,994	0,998	1,000	1,000			
J+20	0,992	0,997	0,999	1,000	1,000		
J+25	0,991	0,997	0,999	1,000	1,000	1,000	
J+30	0,990	0,996	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000

Cette étude statistique témoigne d'une bonne corrélation au cours du temps, c'est à dire une évolution progressive des paramètres, cela permet de signaler l'effet significatif de la conservation sur les paramètres physico-chimiques du premier jour de la fabrication jusqu'à la DLC.

Tableau IV-3: Analyse de corrélation entre les différents paramètres ($p \leq 0,05$).

	<i>pH</i>	<i>Acidité</i>	<i>EST (%)</i>	<i>MG (%)</i>
pH	1,000			
Acidité	-0,942	1,000		
EST (%)	0,403	-0,391	1,000	
MG (%)	-0,169	-0,095	0,424	1,000

L'analyse de corrélation entre les différents paramètres confirme que le pH et l'acidité sont inversement corrélables (-0,942), et que le rapport entre le pH et l'EST et celui entre la MG et l'EST sont faibles et ils sont de 0,403 et de 0,424 respectivement.

IV.1.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques du yaourt « Acti+ », durant la conservation à 4 °C ont donné les résultats représentés dans le tableau IV- 4.

Tableau IV-4: Résultats des analyses microbiologiques de "Acti+" durant la conservation à 4 °C.

Résultats (UFC / ml)		J ₀	J+10	J+20	J+30	Normes (JORADP N°35 1998)
Coliformes totaux		Abs	Abs	Abs	Abs	<10
Coliformes fécaux		Abs	Abs	Abs	Abs	<01
Levures		Abs	Abs	Abs	Abs	<10 ²
Moisissures		Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<i>S. aureus</i>		Abs	Abs	Abs	Abs	10
Salmonelle		Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
La flore Lactique	<i>L. bulgaricus</i>	1,51×10 ⁵	3,5×10 ⁴	2,45×10 ²	10 ²	> 10 ⁷ à la DLC
	<i>S. thermophilus</i>	2,28×10 ⁹	1,11×10 ⁹	1,05×10 ⁹	10 ⁸	

Les résultats obtenus lors de l'analyse microbiologique montrent une absence totale des germes recherchés (levures et moisissures, coliformes et germes pathogènes), ce qui indique que le produit répond aux normes décrites par l'arrêté interministériel du **JORADP N°35 de 1998**, ce qui permet de conclure que ce produit est d'une très bonne qualité hygiénique.

a. Evolution de la flore lactique pendant la conservation

Le suivi est également porté sur l'étude de l'évolution de la flore lactique au cours de la conservation du produit à 4 °C jusqu'à sa DLC.

Les résultats obtenus sont représentés dans les figures suivantes :

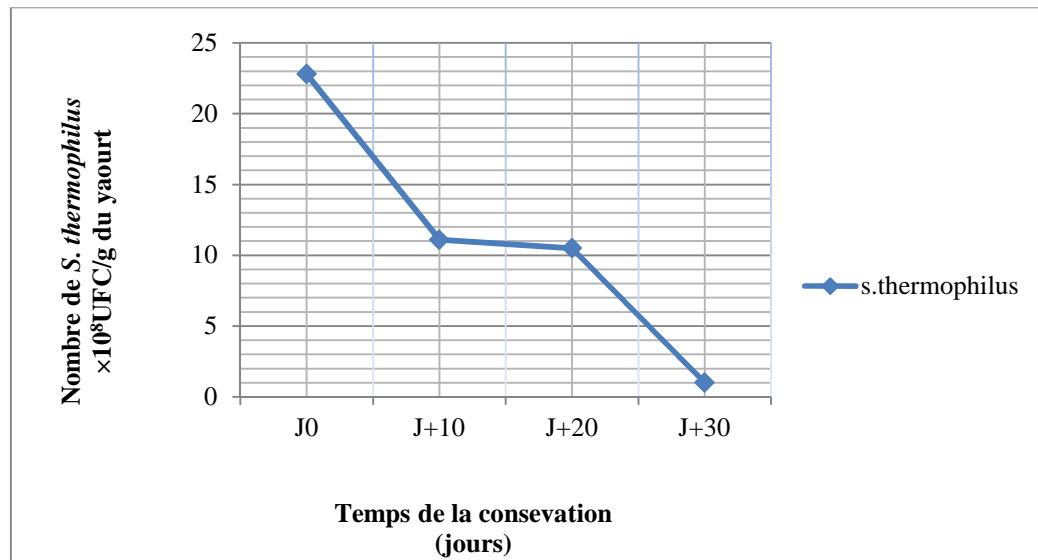


Figure IV-3: Evolution de *S. thermophilus* en fonction du temps au cours de la conservation.

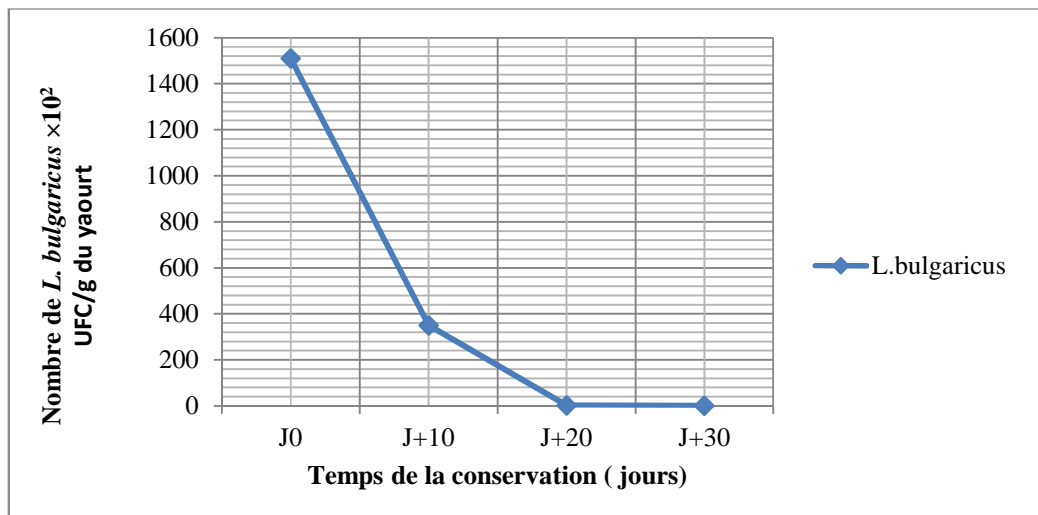


Figure IV-4: Evolution de *L. bulgaricus* en fonction du temps au cours de la conservation.

Le dénombrement de la flore lactique montre sa conformité à la norme fixée par l'arrêté interministériel du **JORADP N° 35 de 1998** ($> 10^7$ à la DLC).

La figure montre que la flore lactique diminue avec le temps, tout en restant conforme à la norme lors de la DLC.

La diminution de la flore lactique au cours de la conservation du produit peut être expliquée par :

- **Les conséquences de l'acidité sur le fonctionnement cellulaire** : il est admis que les acides organiques pénètrent passivement dans la cellule, et se dissocient à l'intérieur du cytoplasme donnant des protons, et leur accumulation intracellulaire entraîne une diminution du pH intracellulaire, et peut par conséquent, affecter la force protomotrice nécessaire à de nombreux systèmes de transport membranaires (**Benachour et al., 2009**).

- **L'antagonisme** : les bactéries lactiques produisent plusieurs agents antimicrobiens, comme les bactériocines. Il arrive parfois que les bactéries lactiques s'inhibent entre elles (Vignola, 2000).

- **L'auto-inhibition** : il a été démontré que de nombreuses souches de bactéries lactiques peuvent libérer du peroxyde d'Hydrogène à des concentrations suffisantes pour provoquer leur auto-inhibition ou inhiber d'autres contaminants de leur environnement (Beliard et Thuault, 1989).

- **Le choc froid** : la diminution de la température appelée choc froid, va induire un certain nombre de modifications physiologiques telle qu'une croissance réduite (Graumann et Marahiel, 1996 ; Van De Guchte, 2002) ou un arrêt transitoire de celle-ci, (Jones et Inouye, 1994) et une diminution de la fluidité membranaire (Van De Guchte, 2002).

On constate aussi, que cette diminution est plus remarquable pour *L. bulgaricus* que pour *S. thermophilus*, et cela peut être expliqué comme suit : *S. thermophilus* est l'espèce la moins exigeante (Six acides aminés au maximum) alors que les lactobacilles sont exotrophes pour un très grand nombre d'acides aminés (Monnet, 2009).

Il est recommandé d'améliorer les réponses adaptatives des bactéries lactiques vis à vis de ces contraintes rencontrées dans l'industrie de la fermentation.

b. Le stress test

L'incubation des pots de yaourt pendant cinq jours à 25 °C révèle l'absence de développement des levures et moisissures, d'odeur désagréable et de gonflement des opercules. Ce test témoigne bien évidemment de la bonne qualité hygiénique du produit.

IV.2. Etude comparative entre 02 yaourts Acti+ fabriqués à partir d'un lait crû et de la poudre du lait

Les résultats, mettant en évidence l'impact de la matière première à savoir le lait crû et la poudre sur la qualité du produit fini, ont été obtenus par une comparaison des deux propriétés suivantes :

a. Qualité physico-chimique

L'étude comparative qui a été portée sur la composition chimique des deux produits a donné les résultats illustrés dans le tableau IV-5.

Tableau IV-5 : Résultats de l'étude comparative entre un Acti+ fabriqué à base d'un lait crû et un autre fabriqué à partir de la poudre du lait

Paramètres	Acti+ fabriqué à partir du lait crû	Acti+ fabriqué à partir de la poudre du lait	Moyenne	Ecart-type	NE
EST (%)	22,26	23,44	22,850	0,834	21,5-23,5
MG (%)	3	3,2	3,100	0,141	2,8 - 3,2
MP (%)	3,61	3,4	3,505	0,148	3,4 – 3,8

Tableau IV-6: Analyse de corrélation entre les deux produits ($p \leq 0,05$).

	<i>Acti+ fabriqué à partir du lait crû</i>	<i>Acti+ fabriqué à partir de la poudre du lait</i>
Acti+ fabriqué à partir du lait crû	1	
Acti+ fabriqué à partir de la poudre du lait	0,999814476	1

Tableau IV-7: Analyse de corrélation entre les différents paramètres ($p \leq 0,05$).

	<i>EST (%)</i>	<i>MG (%)</i>	<i>MP (%)</i>
EST (%)	1		
MG (%)	1	1	
MP (%)	-1	-1	1

La composition chimique moyenne des deux produits ne présente pas de différences significatives. Cependant, la qualité nutritionnelle en générale et la qualité des protéines en particulier, restent meilleure dans le yaourt à base du lait crû, comme c'est déjà illustré dans le chapitre I.

Cette indifférence significative peut être expliquée par:

- La teneur du lait en matière sèche et en MG est généralement standardisée suivant les prescriptions de l'Entreprise;

- La composition du produit fini dépend du lait utilisé et de la MGLA ajoutée. Signalant aussi que le lait crû est souvent utilisé avec sa teneur en MG d'origine et renforcé en poudre du lait, si sa composition n'est pas conforme aux normes;

- La composition du lait varie selon l'âge de l'animal, sa race, la saison et le moment de la traite. Le taux de MG peut donc s'élever de 34 à 40 g et la standardisation permet d'harmoniser la composition du lait provenant de diverses exploitations;

- Les additifs (MG, sucre, matière sèche dégraissée du lait, etc.) augmentent la teneur en matière sèche du yaourt fini (**Pascal, 1998**) c;

- La teneur en MP est accrue par l'addition de la poudre du lait au lait crû.

b. Qualité organoleptique

La qualité sensorielle de ces deux produits a été appréciée par un jury de consommateurs naïfs sur une base d'épreuve hédonique et les résultats sont regroupés dans le tableau qui suit :

Tableau IV-8 : Résultats de test de dégustation

Produit	X	Y	Total
Nombre de personnes	17	13	30
%	56,66	43,33	100

Remarque: X: Yaourt Acti+ fabriqué avec du lait crû, Y: Yaourt Acti+ produit à base de la poudre du lait.

En moyenne, les consommateurs préfèrent le produit fabriqué avec le lait crû (56,66 %) et apprécient moins celui fabriqué avec de la poudre (43,33 %). Cela affirme que le yaourt fabriqué à base du lait crû donne une meilleure satisfaction en vue de la qualité organoleptique globale que celui fabriqué avec la poudre.

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent le bon déroulement et le respect des paramètres technologiques de la fabrication des produits laitiers de l'entreprise "Laiterie Soummam". En effet, le suivi de l'évolution de la qualité du yaourt au cours de sa conservation à 4 °C a montré:

- Une chute progressive du pH;
- Une augmentation graduelle de l'acidité;
- Une régression atténuée de la flore lactique;
- Une absence totale des germes contaminants.

Compte tenu des propriétés technologiques, de la qualité nutritionnelle et de l'intérêt économique, le lait crû semble être le meilleur à utiliser comme matière première principale dans la technologie laitière de transformation, à condition d'assurer un système de collecte rigoureux et des conditions d'hygiène satisfaisantes. La poudre, quant à elle, peut être incorporée en tant que supplément améliorant d'avantage la qualité du produit fini.

Les tests effectués peuvent être améliorés par l'utilisation d'un lait crû sans amendement.

Sachant que l'industrie algérienne de la fabrication du yaourt est fortement dépendante des marchés extérieurs de la matière première, il est facile à admettre que cette problématique, engendre des difficultés pour garantir une bonne qualité du produit, et pour se soustraire des variations qualitatives de la matière première et de la versatilité du cours mondial de la poudre du lait, la laiterie SOUMMAM d'Akbou s'est engagée dans une démarche visant à investir dans la production du lait crû en développant l'élevage bovin algérien.

Enfin, les règles hygiéniques et sanitaires sont essentielles pour maintenir la salubrité du produit commercialisé. Ainsi, dans l'intérêt de la santé publique, il doit être procédé à l'inspection de la qualité du produit notamment lors de son transport, stockage et mise en vente en tenant compte essentiellement des conditions de stockage et de conservation du produit dans les locaux des dépositaires ou commerçants.

Références bibliographiques

-A-

- **Abdenouri N., Idlimam A et Kouhila M (2008).** Etude hygroscopique du lait en poudre. Revue des Energies Renouvelables SMST. 08 :35- 44.
- **AFNOR (1986). Les normes françaises.** Contrôle de la qualité des produits laitiers. 3^{ème} édition du recueil des Normes Françaises.
- **AFNOR (1999).** 5^{ème} édition du recueil. Lait et produits laitiers. lait. Edition PARAGRAPHIC. France. 1. 622 p.
- **Alegre (2009).** Les protéines bactériennes en tant que bio-marqueurs de l'activité probiotique. Thèse de doctorat. Spécialité chimie analytique. L'université de Strasbourg. 215 p.
- **Andrian J., Potus., Jacques., Frange et Regine. (2003).** La science alimentaire de A à Z. Lavoisier. 549 p.
- **Anonyme 1:** <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Bifidobacterium&oldid=72330490>, 2011.
- **Anonyme 2:** www.ac-paris.fr/portail/jcms/p1_146995/fiche-13-lait-yaourt-6svt

-B-

- **Beliard E et Thuault D. (1989).** Propriétés antimicrobiennes des bactéries lactiques. In : « microbiologie alimentaire : les fermentations alimentaires » .tome 2. Edition technique & documentation. Paris. pp. 282-297.
- **Benachour A., Sauvageot N., Picherau V et Giard J.C. (2009).** Les réponses adaptatives. In : « Bactéries lactiques : métabolisme général des bactéries lactiques ». Edition ECONOMICA. Paris. pp. 128- 160.
- **Besnier M.O., Bourlioux P., Fourniat J., Ducluzeau R et Aumaitre A. (1983).** Influence de l'ingestion de yogourt sur l'activité lactasique intestinale chez des souris axéniques ou holoxéniques, Ann. Microbiol. Paris. 134 : 219-230.
- **Boisard P. (1994).** Le lait et la machine. Mémoires lactées. Paris. 143 : 192- 222.
- **Boubchir L. (2011).** Effet de l'enrichissement (avec des concentrés de protéines lactières) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqué à la laiterie SOUMMAM d'AKBOU. Thèse de magister. Spécialité sciences biologiques. Université MOULOUD MAMMERI de TIZI OUZOU. 100 p.

- **Bourgeois C.M et Larpent J.P. (1989).** Microbiologie alimentaire. Tome 2. Les fermentations alimentaires. Edition technique & documentation. Lavoisier. Paris. 523 p.
- **Busin L. (1996).** Etude des paramètres permettant de prévoir la probabilité de collage lors du séchage par atomisation de solutions. Thèse de doctorat. Spécialité Génie des Procédés. L'école Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires. 86 p.

-C-

- **Christine M et Ruault B. (2007).** Probiotics and colorectal cancer. Nutrition clinique et métabolisme. CNIT/Paris. 21: 85-88.
- **Codex alimentarius. Codex STAN. (1999).** Norme générale codex pour l'utilisation de termes de la laiterie. 12. 206. 17 p.
- **Codex alimentarius. (2007).** Lait et produits laitiers. Organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Viale delle Terme Di Caracalla. Italien. 258 p.
- **Colombel J.F., Cortot A., Neut C et Romond C. (1987).** Yoghurt with *Bifidobacterium longum* reduces erythromycin-induced gastrointestinal effects. *Lancet*. 8:43.
- **Crossely E.L. (2002).** Le lait sec. Quartermaster food and container institute for Armed forces. Chicago. 410 p.

-D-

- **Debry G. (2001).** Lait, nutrition et santé. Edition technique & documentation. Lavoisier. 577 p.
- **De France. (1994).** Le yaourt à pot. Les cahiers de l'Ocha 4 : 75-77.
- **Delepoulle A. (2012).** Prébiotique, probiotique, médecines douces ou naturelles.
- **Drider D. et Prevost H, 2009.** Bactéries lactiques : Métabolisme générale des bactéries lactiques. Edition ECONOMICA. Paris. 577 p.
- **Driessen FM., Kingma F et Stadhouders J. (1982).** Neth Milk dairy. J. 36-135.
- **Drouault S et Corthier G. (2001).** Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. Unité d'Écologie et de Physiologie du Système Digestif. Institut National de la Recherche Agronomique. INRA, EDP Sciences. 32 : 101–117.

-F-

- **Feutry F. (2005).** Quelques notions de microbiologie. Edition CEPIL. Paris.
- **Frederieckson A.G. (1977).** Annu. Revue. Microbiol. pp. 31-63.

-G-

- **Génin G. (2007).** Un procédé automatique pour la fabrication de la poudre de lait. pp 448-450.
- **Gotti M (1977).** Effetto dei fermenti lattici dello yogurt sulla flora intestinale dei lattandi. *Ind Latte* 13 :57-58.
- **Graumann P et Marahiel M.A. (1996).** Archives of microbiologie. 166 : 293- 300.
- **Grimaud J.C., Bouvier M., Bertolino J.G., Salducci J., Chiarelli P et Bouley C. (1992).** Effects offermented milk by *Bifidobacterium* on colonie transit time. 5:104.
- **Grospiron P. (1998).** l'industrie laitière *in* les industries agricoles et alimentaires. Ed. Tec. Et doc. –Lavoisier. Paris. pp 335-378.
- **Guiraud J.P. (2003).** Microbiologie alimentaire. Edition Dound. 652 p.

-H-

- **Hermier J et Accolas J.P. (1989).** Les yaourts et les laits fermentés. In : « microbiologie alimentaire : les fermentations alimentaires ». Tome 2. Edition technique & documentation. Paris. pp.191-204.

-I-

- **Indge B. (2007).** La biologie de A à Z. Edition Dunod. Paris. ISBN 978-2-10-051187-7. 408 p.

-J-

- **Jean Christian Mboya M. (2004).** Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques. Edition AGRIDOC. Paris.
- **JEAN-LOUIS. (2007).** Microbiologie Alimentaire: contrôle microbiologique des aliments. Manuel technique. Polytech Département STIA. France. 119 p.
- **Jiwoua Ngounou C., Ndjouenkeu R., Mbofung CM et Noubi L (2003).** Mise en évidence de la biodisponibilité du calcium et du Magnésium au cours de la fermentation du lait par des bactéries lactiques isolées du lait caillé de zébu. *Journal of Food Engineering*. 57: 301–304.
- **Jones PG et Inouye M. (1994).** *Molecular microbiology*.11: 811-818.

- **JORADP N° 35 du 27 Mai 1998.** Arrêté interministériel relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires. 26 p.

-L-

- **Larpent J.P. (1992).** Sensibilisation aux bactériophages et biologie moléculaire des ferments lactiques. Edition APRIA/CDIUPA. MASSY. 534 p.
- **Lapointe G. (2009).** La production d'exopolysaccharides in « bactéries lactiques ». Edition ECONOMICA. pp. 71-96.
- **Leseur. R et Melik. N. (1985).** Lait de consommation *in* : « lait et produits laitiers Vache, brebis, chèvre ». Edition Technique & Documentation. Lavoisier. Paris. 2 .pp 3-16.
- **Liebefeld Jh. (2002).** La microbiologie des cultures, approfondir les connaissances en matière de bactéries lactiques. Groupe de discussion. 1-8.
- **Loones A. (1994).** Lait fermentés par les bactéries lactiques in « bactéries lactiques ». Aspects fondamentaux et technologiques. Edition technique & documentation. Uriage. pp. 135-152.
- **Luquet F.M. (1986).** Lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Transformation et technologie. Edition technique & documentation. Lavoisier. 2^{ème} édition. Tome 2. 633 p.

-M-

- **Marshall VM. (1987).** J. Dairy res. pp. 54-559.
- **Mahaut M., Jeantetm., Brule G et Schuck P. (2000).** Les produits industriels laitiers. Edition technique & documentation. Paris. 180 p.
- **Marteau P et Rambaud J.C. (1996).** Qui sont les probiotiques. Journal de pédiatrie et de puériculture. Paris. 3 : 185-186.
- **Marteau P., Minekus M., Havebaar R et Huis in't Veld J.H. (1997).** Survival of lactic acid bacteria in a dynamic model of the stomach and small intestine: validation and effects of bile, J. Dairy Sci. 80: 1031-1037.
- **Marteau P., Flourie B., Pochart P., Chastang C., Desjeux J.F et Rambaud J.C. (1990).** Effect of the microbial lactase (*EC 3.2.1.23*) activity in yoghurt on the intestinal absorption of lactose: an *in vivo* study in lactase-deficient humans, Br. J. Nutr. 64:71-79.

- **Monnet V. (2009).** Métabolisme des bactéries lactiques : les acides aminés. In « Bactéries lactiques : Métabolisme générale des bactéries lactiques ». Edition ECONOMICA. Paris. pp. 15-26.

-*N*-

- **Ndiaye (1991).** Contribution à l'étude comparée de la qualité microbiologique des laits crûs, laits caillés et laits en poudre : laits caillés commercialisés dans la région de DAKAR, SENEGAL. Thèse de doctorat. Spécialité vétérinaire. Faculté de médecine et de pharmacie de DAKAR. 138 p.
- **Nimazi S.Q., Bhutta Z.A et Nolla A.M (1996).** Efficacy of traditional rice-lentil-yogurt diet, lactose free milk prote in based formula and soy protein formula in management of secondary lactose intolerance with acute childhood diarrhoea. J Trop Pediat 42:133-137.
- **Noh D.O et Gilliland S.E. (1995).** Influence of bile on β -galactosidase activity of component species of yogurt starter cultures. J. Dairy Sci. 77: 3532-3537.

-*O*-

- **Oudot. C. (1999).** La transformation des aliments. TECHNIPLUS. France. 905094. 80 p.

-*P*-

- **Pacicora E. (2004).** Interactions physicochimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur. Spécialité sciences des aliments. Institut Nationale Agronomique. Paris-Grignon. 258 p.
- **Pascal (1998) a.** La poudre de lait « Manuel de transformation du lait ». pp. 361-374.
- **Pascal (1998) b.** Les produits laitiers recombines in « Manuel de transformation du lait ». pp. 375-383.
- **Pascal (1998) c.** Les produits laitiers de culture in « Manuel de transformation du lait ». pp. 241-262.
- **Pelmont J. (1993).** Bactéries et environnement. Presses universitaires de Grenoble. Grenoble Sciences. ISBN : 2-7061-0502-8. 1 : 310-389.

-*R*-

- **Reimringer M. (2004).** Du lait au yaourt. PIERO –EDUCTION. Gutenberg. 21191.

- **Righi M. (2006).** Microorganismes en action. Le yaourt. PISTES, FSE, Université Laval. 21 p.
- **Roudj S., Belkheir K., Karam K et Karam N. (2009).** Proteolysis and Autolysis Properties of two Lactobacilles Isolated from Camel Milk of South-Western Algeria. European Journal of Scientific Research. 34 .2: 218-227.
- **Romond MB et Romond L. (1993).** Bifidobacterium in « microbiologie industrielle : les microorganismes d'intérêt industriel ». pp. 377-388.

-S-

- **Schmidt J.L., Tourneur C. et Lenoir J. (1994).** Fonction et choix des bactéries lactiques en technologie laitières in « bactéries lactiques : aspects fondamentaux et technologiques ». Edition Lorica. Uriage. 2. 37-54.
- **Sow N. (2002).** Contrôle de la qualité des différentes marques de lait en poudre commercialisé au Sénégal. Thèse de doctorat. Spécialité pharmacie. Faculté de médecine, de pharmacie et d'odontostomatologie. Sénégal. 51 p.
- **Strahm W et Eberhard P. (2010).** La technologie du lait prêt à la consommation. ALP forum. 72 : 36 p.
- **Serres L., Amariglio S., Benard L et Robinet,D. (2007).** Contribution à l'étude des méthodes de recherche des neutralisants dans les poudres de lait écrémé. pp. 263-274.
- **Saloff-coste CJ. (1995).** Yoghourt as a calcium source. DANONE world newsletter. 4: 1-12.

-T-

- **Tabak S et Bensoltane A. (2011).** L'activité antagoniste des bactéries lactiques (*Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum* et *Lactobacillus bulgaricus*) vis-à-vis de la souche *Helicobacter pylori* responsable des maladies gastroduodénales. Edition Nature & Technologie. 71-79.
- **Thierry G. (2006).** Nutrition et métabolisme.
- **Thomas TD et MILLS OE (1981).** Neth. Milk dairy J. pp. 35-255.
- **Touhami M., Boudraa G., Mary JY., Soltana R et Desjeux JF. (1992).** Conséquences cliniques du remplacement du lait par le yaourt dans les diarrhées persistantes du nourrisson. Ann Pediat. Paris. 39 : 79-86.
- **Tremolieres. J., Serville Y., Jacquot. R et Dupin H. (1984).** Les aliments. Tome 2. Edition ESF. 163-205.

-V-

- **Van De Guchte M. (2002).** Antonie Van Leeuwenhoek. 82 : 187-216.
- **Vignola L. (2002).** Science et technologie du lait. Edition Ecole polytechnique. Montréal. 600 p.

-W-

- **Winkler P., De Vrese M., Laue Ch et Schrezenmeir J. (2005).** Effect of a dietary supplement containing probiotic bacteria plus vitamins and minerals on common cold infections and cellular immune parameters. Int J Clin Pharmacol Ther 43: 318-326.
- **World Gastroenterology Organization (2008).** Probiotics and Prebiotics. 23 p.

-X-

- **Xanthopoulos V., Petiadis D et Tzanetakis N. (2001).** Characterization and classification of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* strains isolated from traditional Greek yoghourts. Journal of food science. 66. 5: 247-253.

Annexe 1: Présentation de l'organisme d'accueil

Unité d'accueil

La SARL laiterie SOUMMAM est une unité de production récente d'un capital social de 1.500.000.000 dinars, qui a vu le jour en 1993 au centre ville d'Akbou de la Wilaya de Bejaia. Son parcours résumé en:

1993 : création de la société avec trois machines d'une capacité totale de 80000 pots par jour.

1995 : Soummam se modernise et acquiert de nouveaux équipements. La production passe à 300000 pots par jour et le personnel de 20 à 60 agents.

2000 : délocalisation de l'unité vers un site industriel présentant les commodités nécessaires à l'activité (RN°26. Taharacht. 06200. Akbou. Bejaia). Acquisition d'équipement moderne qui a permis de faire passer la production de 300000 à 600000 pots par jour et d'employer 135 personnes.

2001 : Acquisition de nouveaux équipements pour hisser la production à 1000000 pots par jour avec 184 salariés.

2003 : Mise en exploitation d'une nouvelle chaîne destinée à fabriquer le fromage frais et augmenter les capacités de production de lait gélifié et crème dessert. La capacité journalière passe alors à 2400000 pots par jour. L'effectif passe à 315 employés.

Mars 2004 : La capacité de production journalière à ce jour est de 3200000 pots par jour, après la mise en service d'équipements nouveaux, pour le yaourt brassé en Mars 2004, avec 383 employés.

Septembre 2004 : la laiterie a réalisé une extension pour produire le yaourt à boire.

Mai 2006 : sa capacité de production est passée à 3500000 pots / jours avec la production de yaourt bio.

Actuellement elle emploie plus de 500 personnes, et elle fonctionne 24/24 et 7/7 avec trois équipes de production.

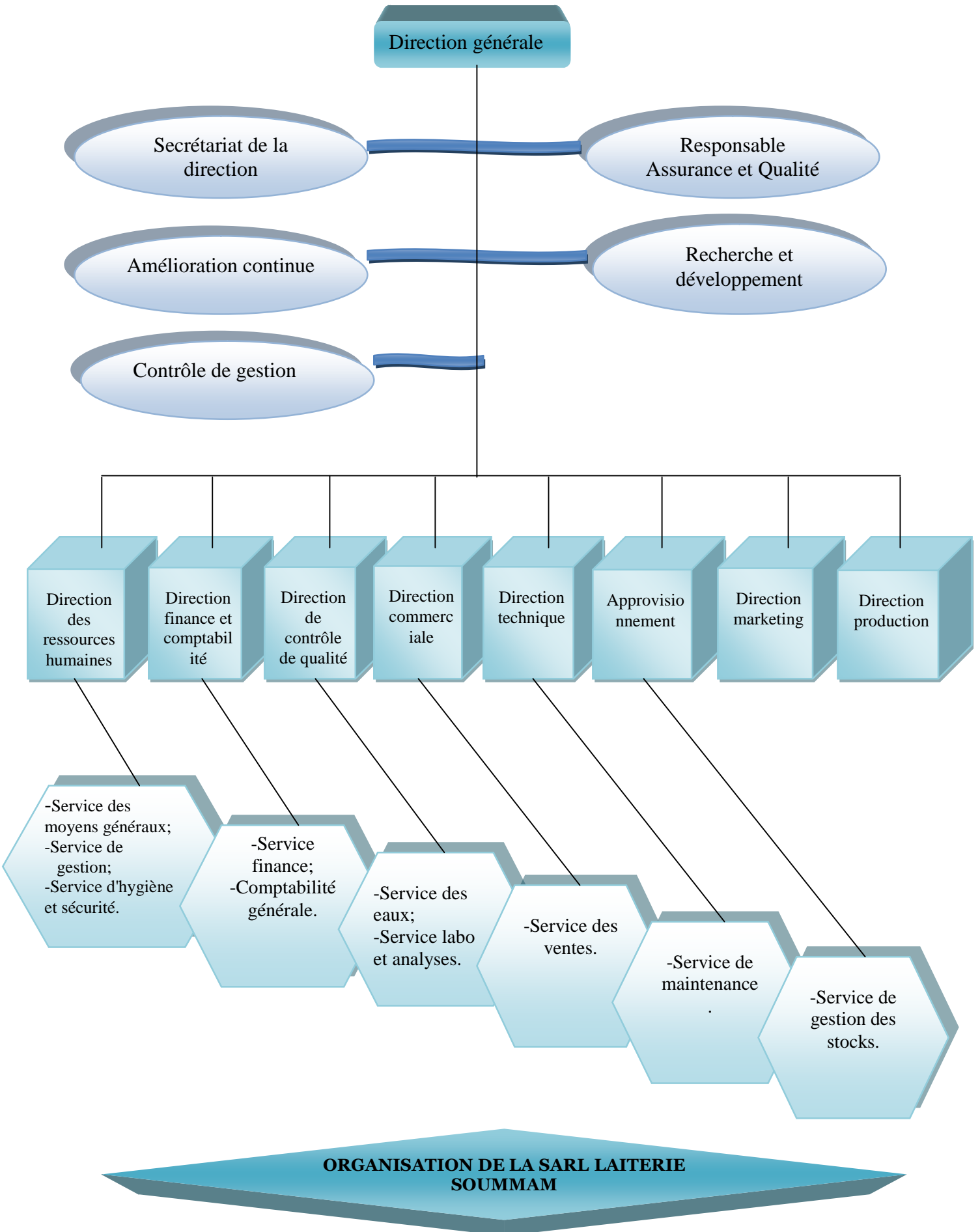
Première équipe : 05 h à 13 h.

Deuxième équipe : 13 h à 21 h.

Troisième équipe : 21h à 5h.

Les produits finis Soummam ainsi que la matière première et l'eau sont contrôlés tout au long du processus de fabrication assuré par le personnel du laboratoire qui est en deux services:

- Service traitement des eaux : assure la bonne qualité de l'eau de procès.
- Service laboratoire et analyses:
 - Analyses physico-chimiques de la matière première, du produit au cours de la production et du produit fini.
 - Analyses microbiologiques de la matière première, du produit au cours de la production et du produit fini.
 - Analyses organoleptiques de la matière et du produit fini.



Annexe 2: Matériels et réactifs

Physico-chimie

❖ Mesure du pH par pH-mètre

- PH-mètre;
- Becher de 100 ml;
- Solution de KCl;
- Solutions étalons;
- Papier absorbant.

❖ Mesure de l'EST par dessiccateur Sartorius

- Dessiccateur infrarouge;
- Coupelle en Aluminium;
- Spatule en INOX.

❖ Détermination du taux de MG

- Butyromètres;
- Centrifugeuse;
- Bain marie;
- Acide sulfurique H_2SO_4 à 1,82 g/l;
- Pipette de 11 ml;
- Alcool iso amylique δ_{20} : 0,813 g/ml \pm 0,005.

❖ Dosage de l'acidité titrable

- Burette digitale;
- Bécher de 100 ml;
- Seringue de 10ml;
- NaOH 1/9 N;
- Phenolphthalein à 1%.

❖ Détermination de taux de protéines par la méthode de KDJALDAHL

- Appareil de minéralisation de type TDS 8 postes;
- Tubes de minéralisation matras de 250 ml;
- Fioles coniques graduées à 250 ml;
- Balance analytique permettant de peser 0.1 mg près;

- Scrubber : dispositif d'aspiration et de neutralisation de vapeurs acides;
- Appareil de distillation : distillateur Kjeltac 2100;
- Dispositif de titration : burette électronique;
- Catalyseur : comprimés Kjeltabs : TEC 15270020;
- Acide sulfurique : H_2SO_4 concentré à 95 % - 98 % ;
- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH à 40 %, exempt d'azote;
- Indicateur mixte (solution de Tacchiro);
- Solution d'acide borique H_3BO_3 à 4 %;
- Acide chlorhydrique, solution titrée à 0.1000 N;
- Eau distillée;
- Saccharose.

La microbiologie

- Autoclave;
- Appareillage de comptage de colonies;
- Bain d'eau réglable à 45 °C +/- 0,5 °C;
- Balance de précision de 0,1 g;
- Boîtes de Pétries;
- Bouillons: peptone sel, Muller Kauffmann, Giolitti Cantoni;
- Etuves réglées à: 30 °C +/- 1 °C, 37 °C +/- 1 °C, 43 °C +/- 1 °C et 44 °C +/- 1 °C;
- Géloses: VRBL, YGC, MRS, M₁₇, Hektoen et Baird Parker;
- pH mètre, précis à +/- 0,1 pH à 25 °C;
- Pipettes à écoulement total de capacité de 1 ml.

Annexe 3: Préparation des milieux de culture, bouillons et additifs

Gélose PCA

- Suspendre 26,5 g de la poudre.
- Ajouter 1 litre d'eau distillée.
- Chauffer jusqu'à dissolution complète.
- Mettre en flacon.
- Stériliser dans l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes.
- Conserver dans le frigo à 4 ou 5 °C.

Milieu de culture VRBL

- Suspendre 45 g de milieu déshydraté.
- Ajouter 1 litre d'eau distillée.
- Ajuster le pH de sorte qu'après stérilisation il soit de $7,0 \pm 0,2$ à 25°C (avec la soude 0,1N).
- Porter à l'ébullition lentement en agitant jusqu'à dissolution complète.
- Mettre en flacon.
- Stériliser dans l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.
- Conserver dans le frigo à 4 ou 5°C .

Gélose M 17

- Mettre 57,2 g du milieu déshydraté en suspension.
- Ajouter 1 litre d'eau distillée.
- Chauffer sous agitation fréquente jusqu'à ébullition et dissolution complète.
- Répartir en flacon.
- Autoclaver à 121°C pendant 15 minutes.
- Conserver dans le frigo à 4 ou 5°C .

Préparation de MRS

- Mettre 55 g de poudre en suspension.
- Ajouter 1 litre d'eau distillée.
- Mélanger bien.
- Chauffer sous agitation fréquente sur la plaque d'agitation chaude.
- Laisser bouillir pendant une minute de manière à dissoudre parfaitement la poudre.
- Autoclaver à 121°C pendant 15 minutes.
- Conserver dans le frigo à 4 ou 5°C .

L'Eau Peptonée (Peptone Water)

- Suspendre 15 g de milieu déshydraté.
- Ajouter 1 litre d'eau distillée.
- Agiter lentement afin d'avoir une dissolution complète.
- Répartir en tube ;
- Stériliser dans l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.
- Conserver dans le frigo à 4 ou 5°C .

N.B : le pH du milieu prêt à l'emploi est de $7,2 \pm 0,2$ à 25°C .

Préparation des additifs pour le bouillon Muller Kauffmann

1) Préparation de la solution iode-iodure de potassium:

- Peser dans un flacon stérile 4 g d'iode;
- Ajouter 4 g d'iodure de potassium;
- Ensuite, ajouter 20 ml d'eau distillée stérile;
- Agiter pour avoir une bonne homogénéisation.

2) Préparation de la solution au vert brillant:

- Peser dans un flacon stérile 1 g du vert brillant;
- Ajouter 100 ml d'eau distillée stérile;
- Homogénéiser jusqu'à dissolution complète.

Préparation du bouillon Muller Kauffmann:

Pour 1 litre du bouillon Muller Kauffmann, ajouter:

- 20 ml de la solution iode-iodure de potassium;
- 10 ml de la solution au vert brillant à 0,1 %.

Préparation de la gélose Baird Parker:

Pour 100 ml de la gélose de Baird Parker

- Ajouter 5 ml d'émulsion de jaune d'œuf-tellurite;
- Ajouter 5 ml de sulfaméthazine.

Préparation des réactifs pour la méthode de KJELDAHL

1) Préparation de l'acide borique H₃BO₃ à 40 g/litre

- Ajouter 1 litre d'eau chaude à 40 g d'acide borique;
- Laisser refroidir et ajouter 3 ml de l'indicateur coloré;
- Conserver cette solution de couleur orange clair dans une bouteille en verre brosilicate, protéger de la lumière et des sources de vapeur d'ammoniac.

N.B: Avant l'utilisation, vérifier que le pH de cette solution est compris entre 3,8 et 4,2.

Préparation de la solution de la soude

- Suspendre 4 g de NaOH.
- Ajuster avec de l'eau distillée jusqu'à 100 ml.
- Agiter bien sur la plaque d'agitation froide.



BONJOUR

Type d'échantillon: Acti⁺

Date: 02/04/2012

Vous avez devant vous deux yaourts Acti⁺, goûtez-les, puis cochez le code du produit que vous préférez.

Produit X

Produit Y

Goutez une seconde fois.

Veillez indiquer dans le tableau ci-dessous votre satisfaction en cochant la case correspondante à l'intensité de votre plaisir:

Taux de satisfaction	X	Y
9/Extrêmement agréable		
8/Très agréable		
7/ Agréable		
6/ Assez agréable		
5/Ni agréable ni désagréable		
4/ Assez désagréable		
3/ Désagréable		
2/ Très désagréable		
1/ Extrêmement désagréable		

Qu'est ce qui vous plait dans le produit X:

.....

.....

.....

Qu'est ce qui vous déplaît dans le produit X:.....

.....

.....

Qu'est ce qui vous plait dans le produit Y:

.....

.....

Qu'est ce qui vous déplaît dans le produit Y:

.....

.....

MERCI DE VOTRE PARTICIPATION

RÉSUMÉ

Ce travail a pour objectif d'étudier la stabilité d'un yaourt « Acti+ » pendant sa durée de conservation, du jour de sa production jusqu'à sa DLC. Un suivi de quelques paramètres physico-chimiques (pH, acidité, EST et MG) et microbiologiques (coliformes fécaux et totaux, levures et moisissures, *S. aureus*, *Salmonella* et la flore lactique) a été effectué.

A travers cette étude, une comparaison de la qualité physico-chimique et organoleptique d'un même produit à base deux matières premières (poudre du lait et le lait crû) fut investit.

L'ensemble des résultats de l'étude de la stabilité montre la conformité du produit analysé, montrant la maîtrise du processus de fabrication et la bonne surveillance durant toutes les étapes de la production, ainsi que les bonnes conditions de stockage.

L'étude comparative a montré que la différence en composition physico-chimique entre les deux types de yaourt est faible. Alors que le test de dégustation a montré une préférence pour le produit fabriqué à partir du lait crû.

Mots clés : yaourt, poudre du lait, lait crû, stabilité, étude comparative.

ABSTRACT

The aim of this work is to study the stability of yoghurt "Acti+" during its shelf life, from the day of its production until its expiry date. A follow-up of some physicochemical parameters (pH, acidity, Dry extract total, fat content) and microbiological (coliformes fecal and total, yeasts and moulds, *S. aureus*, *Salmonella* and lactic flora) was carried out.

Throughout this study, a comparison of the physicochemical and organoleptic quality of the same product from two basic raw materials (powder of milk and grown milk) was made. The whole of the results of the study of stability shows the conformity of the analyzed product, showing the control of the manufacturing process and the good monitoring lasting all the stages of the production, as well as the good conditions of storage.

The comparative study showed that the difference in the physicochemical composition between the two types of yoghurt is weak. Whereas, the test of tasting showed a preference for the product manufactured starting from grown milk.

Keywords: yoghurt, dried milk, grown milk, stability, comparative study.