

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة احمد بوفيرة بومرداس  
Université M'Hamed Bougara de Boumerdès



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie  
Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de  
MASTER

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Science Alimentaire

**Spécialité :** Nutrition et Science des aliments

*Thème*

**L'effet de matière grasse sur le comportement rhéologique du yaourt brassé**

Soutenu le : 15.07.2021

Présenté par : M<sup>lle</sup> Aitgacem Naima  
M<sup>lle</sup> Hamad Thiziri

Devant le jury :

M <sup>me</sup> SADAOUI	Nesrine	MCB	UMBB	Présidente
M <sup>me</sup> KHEMILI-TALBI	Souad	Pr	UMBB	Examinatrice
M. ZIDANI	Sofiane	MCB	UMBB	Promoteur
M <sup>me</sup> AMELLAL	Hayet	MCA	UMBB	Co-promotrice

Année Universitaire : 2020/2021

# Remerciements

---

*Avant tout, nous remercions "Allah" le tout puissant qui nous a accordé le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*Nous exprimons toute notre reconnaissance et notre plus grand respect à Ms. ZIDANI. Pour avoir assuré l'encadrement de ce mémoire, pour nous avoir fait confiance et pour nous avoir fait bénéficier de ses larges compétences, et notamment de ses précieux et judicieux conseils scientifiques et surtout pour sa patience dans la correction de ce mémoire. Nous ne pouvons que sincèrement vous exprimer notre respect et notre gratitude.*

*Nous remercions notre Co promotrice M<sup>me</sup> AMELLAL*

*Nos remerciements sont adressés également aux membres du jury qui ont pris sur leur temps et ont bien voulu accepté de juger ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier le gérant de la laiterie FAIZ, et toutes les personnes du laboratoire de l'unité de recherche de faculté technologie*

*Nous tenons également tous nos enseignants du département de biologie, en particulier chef de spécialité M<sup>me</sup> AHYAOUI*

*A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour, à ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans les moments les plus durs et ceux à qui je dois tant, à nous parents, pour leur amour et leur support affectif, que ce travail soit le témoignage de mon amour.*

*NAIMA ET THIZIAI*

## *Dédicaces*

*A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour, à ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans les moments les plus durs et ceux à qui je dois tant, à **mes parent**, pour leur amour et leur support affectif, que ce travail soit le témoignage de mon amour.*

*A mes chères soeurs, **Salima Khalida** pour leurs encouragements, que Dieu vous garde en bonne santé et à mes côtés.*

*mes frères :**Mourad Hasan Nabil Mohamed***

*les épouses des frères :**Lila ,Nassima ,Nassima***

*les petits enfants : **Iyad Fouad Zinedine Oussama Wassim Aymen Ayoub Maya RitajIsraa***

*A mes chères amies: **Amel karima, Nessrine, Maya** , avec lesquelles j'ai passé les plus beaux moments. **Ipurple you***

*A mon cher binôme **Thiziri** avec laquelle j'ai partagé ce travail, je souhaite plein de bonheur, réussite et une bonne santé.*

**NAIMA**

# Dédicace

*Rien n'est aussi beau a offrir que le fruit d'un labour qu'on dédie du fond du cœur a ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.*

✚ *A la lumière de ma vie ; mes très chers parents*

✚ *A celle qui ma donne la vie , le symbole de tendresse , ma mère , la plus chère la source de tout mes espoirs pour son sacrifiè, son aide, ses conseils et sa patience .*

✚ *A mon père la base de toute ma carrière , le plus cher qui existe sur terre , école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études.*

*Que dieu les garde et les protège .*

✚ *A mes très chers frères et sœurs pour leur soutiens moral et leur sacrifiè*

✚ *A m'amie et mon binôme **Naima** et tous sa famille.*

✚ *A mes chère amies avec qui j'ai partagé mes meilleurs souvenir **WIZA** et **MALIKA**.*

✚ *A tous les personnes qui je les ai connais pendant les années d'études.*

✚ *Atout le groupe nutrition et contrôle de qualité promo 2020/2021 et tous les enseignants*

✚ *A tous qui j'aime et qui m'aime.*

**THIZIRI**

# Sommaire

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE YAOURT.....</b>	<b>2</b>
Historique .....	2
Définition.....	2
Différents types du yaourt.....	2
Les ingrédients de fabrication.....	3
Diagramme de fabrication du yaourt.....	4
Réception du lait.....	6
Standardisation .....	6
Homogénéisation.....	6
Traitement thermique .....	7
Fermentation lactique .....	7
Conditionnement et stockage .....	8
Défauts et altérations du yaourt:.....	8
Les bactéries lactiques spécifiques du yaourt.....	10
L'intérêt et fonction des bactéries lactiques .....	11
Caractérisation du yaourt.....	13
Intérêts nutritionnels et thérapeutiques .....	14
Intérêts nutritionnels .....	15
Effets thérapeutiques .....	15
<b>Chapitre II : Structure et comportement rhéologique des yaourts .....</b>	<b>16</b>
Structure des yaourts .....	17
Comportement rhéologique .....	19
<b>Chapitre III : Matériels et méthodes .....</b>	<b>21</b>
III.1. Problématique.....	21
III 2. Préparation des échantillons de yaourt a différentes concentration en matières grasses	21
Caractérisation physico-chimique des yaourts .....	22
Mesures du pH des yaourts.....	22

Mesure de l'acidité .....	22	
Détermination de l'Extrait Sec Total et de la teneur en eau par dessiccateur Infra-Rouge	22	
Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode de Gerber .....	23	
Mesures des propriétés rhéologiques.....	23	
Appareil et échantillonnage .....	23	
Caractérisation rhéologique des yaourts.....	24	
Etude de l'influence de l'ajout de la matière grasse sur comportement rhéologique du yaourt		24
<b>Chapitre IV : Résultats et discussion.....</b>	<b>25</b>	
IV.1. Qualité physicochimique des yaourts.....	25	
Les propriétés rhéologiques des yaourts.....	25	
Introduction .....	25	
Comportement rhéologique du yaourt selon la méthode standard .....	26	
Etude de l'influence de l'ajout de la matière grasse sur le comportement rhéologique du yaourt		27
Modèle d'Ostwald .....	27	
<b>Conclusion .....</b>	<b>33</b>	
<b>Référence</b>		
<b>Annexe</b>		

## Liste des abréviations

- **°D** : Degrés Dornic
- **C** : Nombre d'unités de l'échantillon donnant des valeurs situées entre m et M.
- **EPS** : Exopolysaccharides
- **EST** : Extrait Sec Total.
- **F.A.O**: Food and Agriculture Organization
- **FIL** : Fédération International de Laitière
- **FIL** : fédération international laitière
- **m** : Le seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante.
- **M** : Seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants,
- **MG** : Matières grasse.
- **N** : Nombre d'unités composant l'échantillon.
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- **Pa** : Pascal
- **pH** : Potentiel Hydrogène

La liste des figures	PAGE
<b>Figure I.1 .Diagramme du fabrication du yaourt étuvé et brassé</b>	<b>04</b>
<b>Figure I.2.</b> Chaîne de fabrication d'un yaourt brassé	<b>05</b>
<b>Figure I.3 .</b> chaîne de fabrication d'un yaourt ferme	<b>05</b>
<b>Figure I.4.</b> Aspect des cellules de <i>Lactobacillus bulgaricus</i> sous microscope électronique	<b>09</b>
<b>Figure I.5.</b> Aspect des cellules de <i>Streptococcus thermophilus</i> sous microscope électronique	<b>11</b>
<b>Figure II.1.</b> Modèle de structure de micelle de caséines selon Ono et Obata	<b>17</b>
<b>Figure II.2.</b> Effet du traitement thermique sur la structure de la microstructure du yaourt	<b>18</b>
<b>Figure III.1.</b> Représentation schématique du modulecône-plan du rhéomètre	<b>23</b>
<b>FigureIV.1.</b> rhéogramme des yaourts a différentes concentration en MG	<b>26</b>
<b>FigureIV.2.</b> Courbes de viscosité des yaourts a différentes concentration en MG	<b>27</b>
<b>FigureIV.3.</b> Courbe de viscosité du yaourt témoin.	<b>28</b>
<b>FigureIV.4.</b> Courbe de viscosité du yaourt avec 1% MG	<b>28</b>
<b>Figure IV.5.</b> courbes de viscosité de yaourt à concentration en2% MG	<b>29</b>
<b>FigureIV.6.</b> courbes de viscosité de yaourts à concentration en3% MG	<b>29</b>
<b>FigureIV.7.</b> courbes de viscosité de yaourt à concentration en 4% MG	<b>30</b>
<b>FigureIV.8.</b> courbes de viscosité des yaourts à concentration en 5% MG	<b>30</b>

<b>La liste des tableaux</b>	<b>Page</b>
<b>Tableaux I.1</b> : principaux défauts de goût (A), de texture (B) et d'apparence (C) rencontrés dans la fabrication des yaourts	<b>08.09</b>
<b>Tableau I.2.</b> Critères microbiologiques du yaourt	<b>14</b>
<b>Tableau III.1</b> : Préparation des yaourts a différentes concentrations en matières grasses	<b>21</b>
<b>Tableau IV.1:</b> Paramètres physicochimique des yaourts	<b>25</b>
<b>Tableau IV.2</b> : Les valeurs des paramètres du model d'Ostwald et le modèle Herschel-bulkley des différents yaourts	<b>27</b>

## Résumé :

Le but de ce modeste travail est l'évaluation du comportement rhéologique du yaourt brassé à différentes concentrations en matière grasse. Pour ce faire, cinq échantillons ont été préparés avec différentes concentrations en matière grasse 1%, 2%, 3%, 4% et 5% en comparaison avec le témoin. L'analyse rhéologique du yaourt a été effectuée à l'aide d'un Viscomètre (Rhéomètre) qui permet de mesurer la variation de la viscosité et la contrainte de cisaillement en fonction de la déformation (gradient de vitesse). Ensuite, le comportement rhéologique du yaourt a été modélisé par le modèle d'Ostwald et le modèle d'Herschel Bulkeley (loi de puissance). Les résultats des analyses physicochimiques révèlent un pH qui varie entre 3,5 et 4,5 ; un extrait sec de 10 à 20 %, une teneur en matière grasse entre 1% et 2% et une acidité de 0,7 à 1%. L'analyse rhéologique des cinq échantillons de yaourt brassé montre que le yaourt a un comportement d'un fluide rhéofluidifiants légèrement thixotrope (augmentation de la viscosité pour des contraintes de cisaillements croissantes). Les résultats de l'analyse rhéologique du yaourt par le mode de l'Herschel Bulkeley montre que le yaourt brassé à 5% de matière grasse peut être considéré comme fluide plastique (contrainte seuil).

**Mot clés : yaourt brassé ; matière grasse ; rhéologie ; rhéofluidifiants ; loi de puissance ;**

## Summary:

The aim of this modest work is to evaluate the rheological behavior of stirred yoghurt at different fat concentrations. To do this, five samples were prepared with different concentrations of 1%, 2%, 3%, 4% and 5% fat in comparison with the control. The rheological analysis of the yogurt was carried out using a viscometer (rheometer) which measures the variation in viscosity and shear stress as a function of the deformation (speed gradient). Then, the rheological behavior of yogurt was modeled by the Ostwald model and the Herschel Bulkeley model (power law). The results of the physicochemical analyzes reveal a pH which varies between 3.5 and 4.5; a dry extract of 10 to 20%, a fat content between 1% and 2% and an acidity of 0.7 to 1%. The rheological analysis of the five samples of stirred yogurt shows that the yoghurt behaves as a slightly thixotropic shear-thinning fluid (increase in viscosity for increasing shear stresses). The results of the rheological analysis of yogurt by Herschel Bulkeley's mode show that stirred yoghurt at 5% fat can be considered as a plastic fluid (threshold stress).

Keywords: stirred yogurt; fat; rheology; shear thinners; power law

## المخلص

الهدف من هذا العمل المتواضع هو تقييم السلوك الانسيابي للزبادي المخفوق بتركيزات مختلفة من الدهون. للقيام بذلك، تم تحضير خمس عينات بتركيزات مختلفة من 1%، 2%، 3%، 4% و 5% دهون بالمقارنة مع المجموعة الضابطة. تم إجراء التحليل الريولوجي للزبادي باستخدام مقياس اللزوجة (مقياس الانسياب) الذي يقيس التباين في اللزوجة وإجهاد القص كدالة للتشوه (تدرج السرعة). بعد ذلك، تم نمذجة السلوك الريولوجي للزبادي من خلال نموذج أوستوالد ونموذج هيرشل بولكلي (قانون القوة). تكشف نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية عن درجة حموضة تتراوح بين 3.5 و 4.5؛ مستخلص جاف بنسبة 10 إلى 20%، محتوى دهني بين 1% و 2% وحموضة من 0.7 إلى 1%. يُظهر التحليل الانسيابي للعينات الخمس من الزبادي المخفوق أن الزبادي يتصرف كسائل متغير الانسيابية يخفف القص (زيادة في اللزوجة لزيادة إجهادات القص). تظهر نتائج التحليل الريولوجي للزبادي من خلال وضع Herschel Bulkeley أن الزبادي المخفوق بنسبة 5% من الدهون يمكن اعتباره سائلاً بلاستيكيًا (إجهاد العتبة). الكلمات الرئيسية: زبادي مخفوق. سمين؛ الريولوجيا؛ مخففات القص قوة القانون



## **INRODUCTION :**

Le yaourt en plus de son importance nutritionnelle a été identifié pendant longtemps en tant que nourriture saine due à l'action bénéfique de ses bactéries vivantes (*Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*).

Les produits laitiers frais fermentés, comme le yaourt, sont des aliments de grande consommation dans de nombreux pays. La dynamique actuelle du marché des denrées alimentaires oblige les industriels à formuler constamment de nouveaux produits. Ainsi, l'intérêt récent des consommateurs pour des produits allégés en matière grasse a conduit à l'utilisation d'ingrédients tels que des agents de texture, ou des épaississants ou encore des gélifiants. Or, toute variation de la composition de l'aliment entraîne une modification de sa structure, de ses propriétés rhéologiques et de ses caractéristiques sensorielles (AMELLAL, 2008), notamment de la texture en bouche et de l'arôme, qui déterminent largement l'acceptabilité des produits. La formulation de nouveaux aliments reste encore empirique et, de ce fait, est longue et coûteuse. Dans ce contexte, une meilleure connaissance des mécanismes physico-chimiques et sensoriels qui régissent la perception sensorielle est recherchée pour tendre vers une formulation raisonnée de ces produits.

L'objectif de notre travail est l'étude de l'effet de la matière grasse sur la texture du yaourt, ensuite le comportement rhéologique du yaourt est modélisé par la loi de puissance.

Ce travail a été organisé en deux parties. La première partie théorique est divisée en deux chapitres : des généralités et la rhéologie de yaourt. Dans la partie expérimentale, en plus de la conclusion, nous allons présenter le matériel, les méthodes et les résultats et discussion.

## CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE YAOURT

### Historique

L'histoire du yaourt est liée à celle de l'Asie centrale, zone de passage et d'échange. Les tribus nomades qui vivaient dans ces zones ont créé le yaourt pour répondre à un double défi : conserver le lait et le transporter aisément.

Avec les mouvements des tribus, le yaourt s'est rapidement diffusé dans toute la région où il reste confiné jusqu'au XVème siècle. A cause des grandes vagues de migrations, il se diffuse dans le monde, particulièrement en Europe et en Amérique (Michelle, 2002).

### Définition

Le yaourt est un lait fermenté moderne. Selon le Codex Alimentarius (norme N°A-11(a) 1975) « le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par la fermentation lactique grâce à *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus* et *Streptococcus salivarius thermophilus* à partir du lait frais, ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition (de lait en poudre, poudre de lait ...). Les microorganismes doivent être viables et abondants ». De plus la quantité d'acide lactique libre contenue dans 100 g de yaourt ne doit pas être inférieure à 0,7g .

### Déférents types du yaourt

Le yaourt se défère selon plusieurs critères : selon la technologie de fabrication, la teneur en matière grasse et les ingrédients additionnés.

Selon la technologie de fabrication

- Le yaourt ferme dont la fermentation a eu lieu en pots, se sont généralement les yaourts nature et aromatisé.
- Le yaourt brassé dont la fermentation a eu lieu en cuve avant brassage et conditionnement. C'est le cas de yaourt veloutés nature ou aux fruits (MAHAUT et al., 2000).

Selon la teneur en matière grasse

- Yaourt entier : 3% de matière grasse en poids.
- Yaourt partiellement écrémé : entre 0.5% et 3% de matière grasse.
- Yaourt écrémé : au maximum 0.5% de matière grasse (GOSTA, 1995)

Selon les ingrédients additionnés

- Yaourt aromatisé : addition d'arôme.
- Yaourt fruité : addition de fruit.
- Yaourt light : addition d'édulcorant (MAHAUT et *al.*,2000).

## Les ingrédients de fabrication

- **Le lait frais :**

Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. C'est aussi l'un des rares à convenir à toutes les tranches d'âge (nourrissons, enfants, adolescents, adultes, personnes âgées) qui le consomment tel quel à l'état liquide (lait frais) ou sous forme de produits dérivés (fromages, yaourts, crèmes glacées...etc ). (Jeantet et *al.*, 2008).

- **Poudre de lait :**

Le lait en poudre est un produit solide obtenu par élimination de l'eau du lait, du lait entièrement ou partiellement écrémé, de la crème ou d'un mélange de ces produits, et dont la teneur en eau n'excède par 5% en poids du produit fini (taux d'humidité maximale). La qualité hygiénique doit être excellente (Multon ,1992).

- **l'eau :**

Elle doit être potable et notamment répondre aux standards fixés par l'OMS. Sur le plan microbiologique, elle ne doit contenir aucun germe pathogène. Leur recherche nécessitant des techniques spéciales, on choisit comme indicateurs de pollution des germes de contamination fécale qui sont plus faciles à identifier, à dénombrer et plus communs (bactéries coliformes, dont *E.coli*, Streptocoques fécaux, Clostridium sulfito-réducteur). Si l'eau n'est pas potable de façon permanente, il est indispensable de la traiter, notamment par la pasteurisation ou la chloration. Sur le plan physicochimique, elle ne doit contenir ni pesticides, ni nitrates, avoir une dureté totale comprise entre 0 et 15 et un pH voisin de la neutralité.

- **Sucre :**

Le sucre est un produit alimentaire d'origine végétale, composé pour l'essentiel de saccharose, et de diverses substances naturelles appartenant à la classe des glucides, extrait à partir de la betterave ou de la canne à sucre responsable d'une quatre saveurs gustatives fondamentales : le sucré (Multon, 1992).

- **Arome :**

Le terme <<arome>> désigne les ingrédients alimentaires destinés à donner des saveurs à des aliments. Les arômes sont des ensembles complexes de composés volatiles que sont perçus par les organes olfactifs et gustatifs.

## Diagramme de fabrication du yaourt

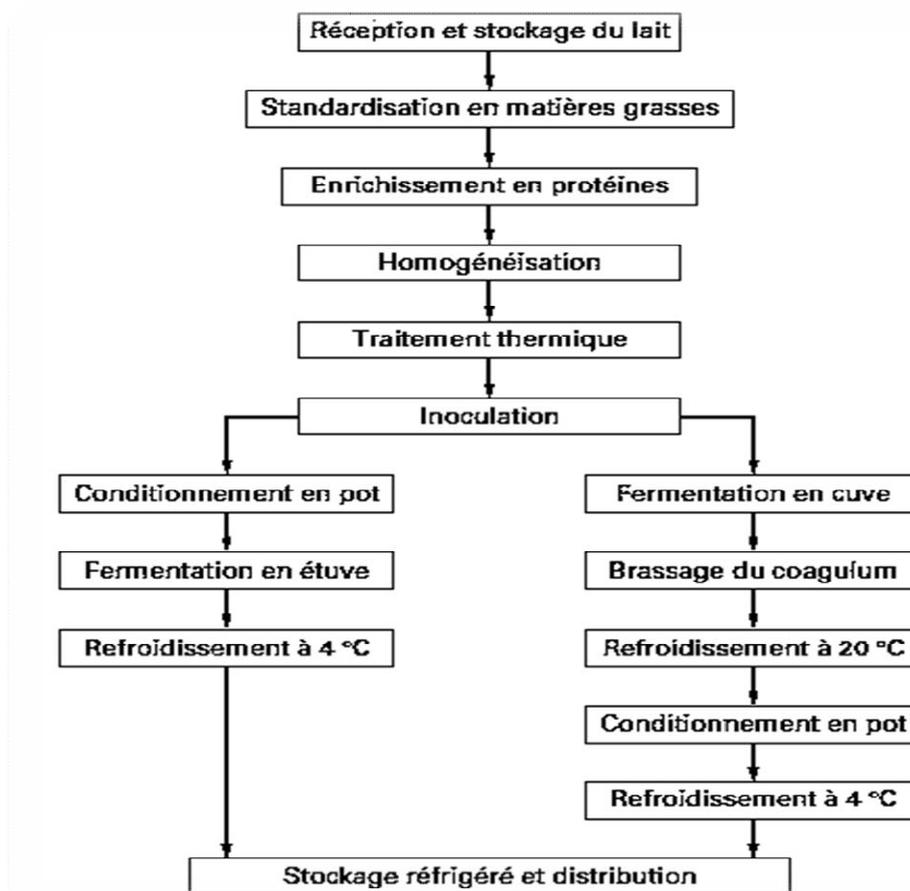


Figure II.1 . Diagramme du fabrication du yaourt étuvé et brassé ( Béal et Sodini,2003).

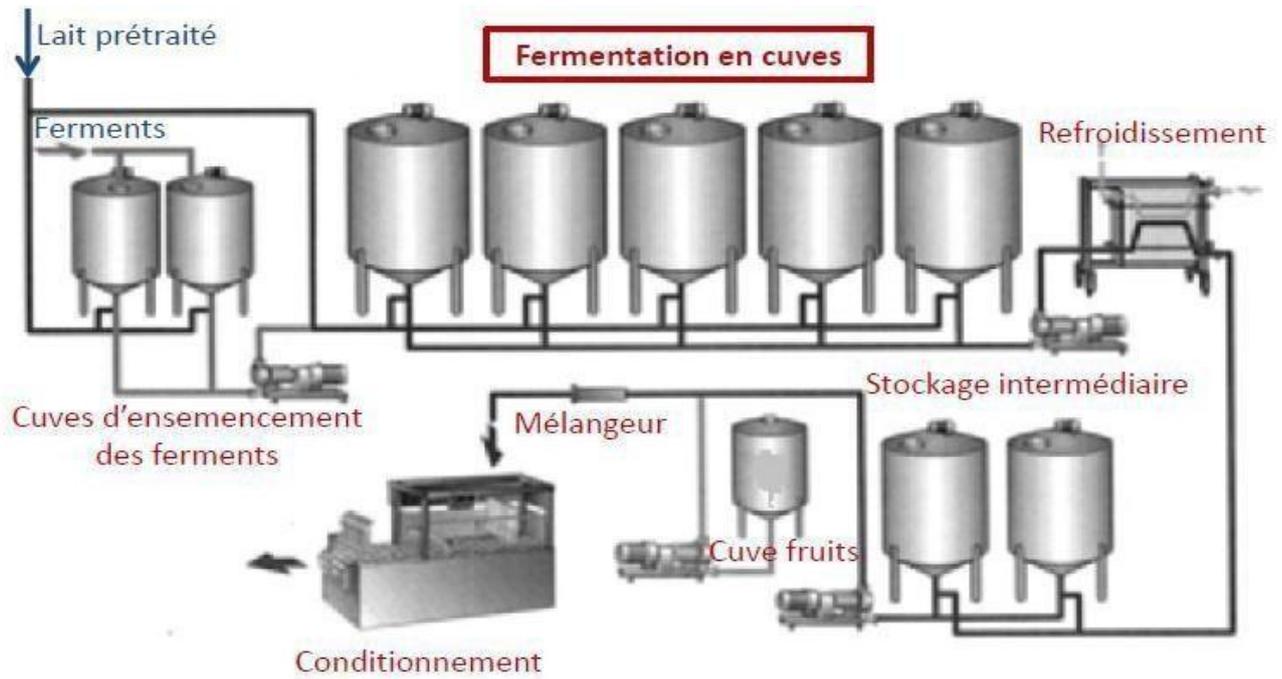


Figure I.2. Chaîne de fabrication d'un yaourt brassé (Bylund, 1995)

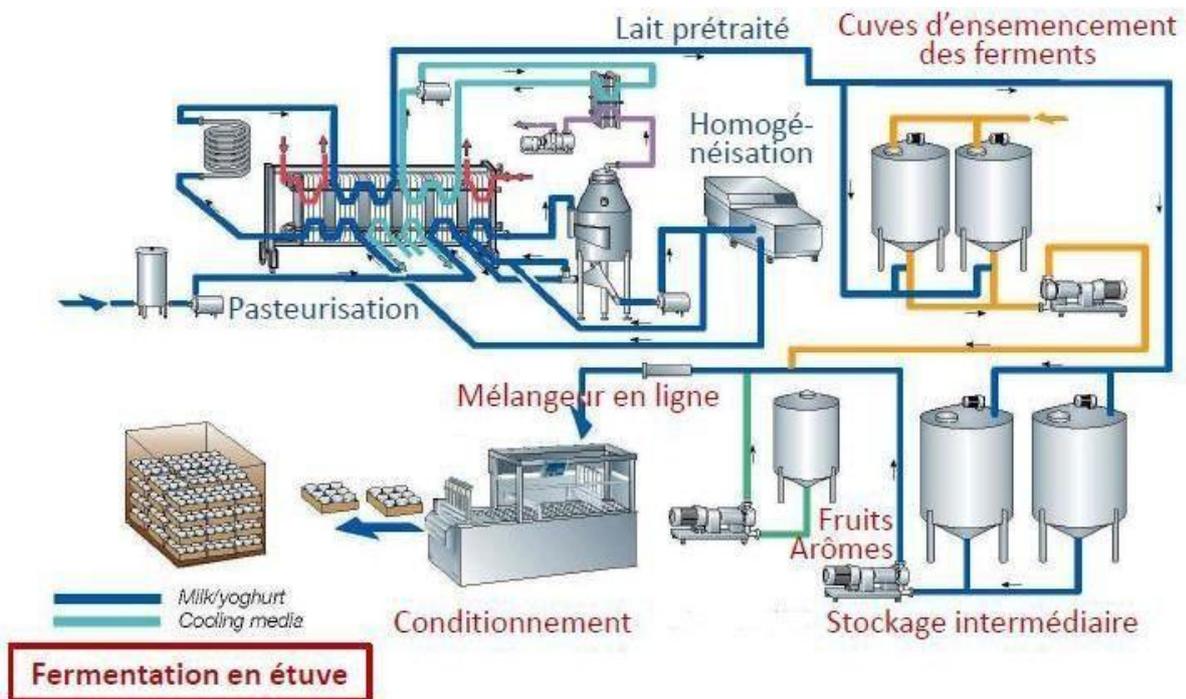


Figure I.3. chaîne de fabrication d'un yaourt ferme (Bylund, 1995).

## **I.5.1.Réception du lait :**

Le lait destiné à la production de yaourt doit être d'une qualité bactériologique très élevée. Il doit avoir une faible teneur en bactéries et substances susceptibles d'empêcher le développement du levain du yaourt. Le lait ne doit pas contenir des antibiotiques et des bactériophages (Sodini et Béal, 2012).

Il est primordial de mettre en place dès la réception du lait ou toutes autres matières premières, des méthodes et des procédures rapides et simples permettant de détecter les anomalies et les pertes possibles de contrôle (Amellal-Chibane, 2008).

## **I.5.2 .Standardisation :**

Pour remédier aux variations naturelles de la composition, le lait est standardisé au taux de matière grasse désiré (écrémage total ou partiel) et peut être enrichi en extrait sec laitier par addition de la poudre de lait ou les protéines laitières ou addition d'autres ingrédients comme le sucre et les arômes. Et ceci, afin de répondre aux spécifications nutritionnelles et organoleptiques du produit (Pernoudet *al.*, 2005) et aussi améliorer la qualité organoleptique du yaourt.

## **Homogénéisation :**

L'homogénéisation a principalement des effets sur deux composantes du lait soit, les matières grasses et les protéines :

*Effet sur la matière grasse* : l'homogénéisation réduit la taille des globules gras et empêche la séparation entre le gras et le reste du mélange évitant ainsi la remontée de la crème à la surface durant la fermentation (Lamontagne, 2002).

*Effet sur les protéines* : cette opération augmente également la viscosité du lait et par conséquent, celle du yaourt en lui conférant une meilleure stabilité des protéines et réduisant l'exsudation du sérum lors du stockage.

Enfin, l'homogénéisation confère un aspect plus blanc au produit fini (Pernoudet *al.*, 2005). Pour des raisons hygiéniques et pour éviter une recontamination du lait, l'étape d'homogénéisation est généralement positionnée avant le traitement thermique du mix ou au cours de sa montée en température vers 64°-70°C (Lamontagne, 2002; Sodini et Béal, 2012).

## **Traitement thermique :**

Une fois la préparation du lait terminée, celui-ci est soumise à un traitement thermique de pasteurisation (90°C à 95°C pendant 3 à 5 min). Ce traitement permet de :

Créer des conditions favorables au développement des bactéries lactiques, Détruire les bactéries pathogènes et indésirables, et inactiver les inhibiteurs de croissance (Paci kora, 2004 ; Jeantetet *al.*, 2008).

Le traitement thermique a également un effet sur la conformation tridimensionnelle des protéines, induisant la modification de leurs propriétés fonctionnelles. Il dénature la majorité des protéines du lactosérum (85%) qui se fixent ainsi sur les molécules de caséines. En fin, il modifie les équilibres salins, en entraînant une augmentation de la taille des micelles de caséines, de leur stabilité et de la qualité de l'eau liée (Mahaut et *al.*, 2000).

## **Fermentation lactique :**

Le lait, enrichi et traité thermiquement, est refroidi à la température de fermentation 40-45°C. Cette température correspond à l'optimum de développement symbiotique des bactéries lactiques (Loones, 1994). Leur inoculation se fait à un taux assez élevé, variant de 1 à 7%, pour un ensemencement indirect à partir d'un levain avec un ratio *Streptococcus thermophilus/ Lactobacillus bulgaricus* de 1,2 à 2 pour les yaourts naturels, et pouvant atteindre 10 pour les yaourts aux fruits ( Mahaut et *al.*, 2000).

L'ensemencement direct à partir de bactéries lactiques concentrées congelées se fait à des taux de l'ordre de 0,03%. Une bonne agitation est nécessaire pour rendre parfaitement homogène le mélange lait/ferment.

Le lait ainsiensemencé est amené à une température généralement voisine de 45°C par un passage à travers des réchauffeurs à plaques. La température optimale de développement du streptocoque est de 42-45°C, celle du lactobacille de 47-50°C. Selon les régions, les consommateurs préfèrent des yaourts plus ou moins acides et plus ou moins aromatique. Les caractères recherchés dépendent des souches utilisées et de la température d'incubation. L'abaissement de celle-ci de 1 à 3°C (42-44°C), favorise le développement du streptocoque et donc la production d'arômes. L'augmentation légère (45-46°C), favorise le lactobacille donc la production d'acides (Enkelejda, 2004).

## **Conditionnement et stockage :**

L'ajout éventuel des fruits intervient avant le conditionnement. Enfin, les yaourts, conditionnés dans des pots en verre ou en plastique, sont stockés en chambre froide à 4°C. A ce stade, ils sont prêts à être consommés. La durée limite de leur consommation est de 28 jours (Paci kora, 2004; Luquet et Carrieu, 2005 ).

Pendant le stockage, les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite. Cette évolution, appelée post-acidification, se traduit par une légère baisse du pH, surtout pendant les 2 premiers jours de stockage (Amellal-Chibane, 2008)

## **.Défauts et altérations du yaourt**

Comme l'élaboration du yaourt fait intervenir plusieurs étapes clés où la fermentation et la formation du gel doivent être minutieusement dirigées et surveillées, il est fréquent que des altérations de goût, d'apparence et de texture (résumés dans le tableau I) apparaissent et dont certaines sont préjudiciables à la qualité finale du produit (**Luquet, 1985**).

**Tableaux I.1** : principaux défauts de goût (A), de texture (B) et d'apparence (C) rencontrés dans la fabrication des yaourts (**LUQUET ,1985**)

A	
Nature	Causes
<b>Causes</b>	Trop longue conservation ; Activité protéolytique trop forte des ferments ; Contamination par des germes protéolytiques
<b>Goûtlevuré, fruité,</b>	Contamination par des moisissures ;Fruits de mauvaises qualités pour les yaourts aux fruits.
<b>Goûtplat,absenced'arôme</b>	Mauvaise activité des levains (déséquilibre de la flore, incubation trop courte ou à trop basse température), teneur en matière sèche trop faible
<b>Manqued'acidité</b>	Mauvaise activité des levains (taux d'ensemencement trop faible, incubation trop courte ou a basse température, inhibiteurs dans le lait, bactériophages
<b>Trop d'acidité</b>	Mauvaise conduite de la fermentation (taux d'ensemencement trop fort, incubation trop longue ou a température trop élevée ; Refroidissement pas assez poussé, trop lent ; Conservation a trop haute température
<b>Rancidité</b>	Contamination par les germes lipolytiques et traitement thermique trop faible.
<b>Goûtfarineux,de poudre</b>	Poudrage trop poussé.
<b>Goût oxydé</b>	Mauvaise protection contre la lumière (pots en verre surtout) ; Présence de métaux (fer, cuivre
<b>Goût de cuit</b>	Traitement thermique trop sévère.
<b>Gout aigre</b>	Mauvaise conduite des levains (contamination par une flore lactique sauvage – coliformes).
<b>Goût grassex</b>	Teneur en matière grasse trop élevée.

B	
Nature	Causes
<b>Déculottage</b>	Agitation ou vibration pendant le transport faisant suite à un refroidissement mal conduit en chambre froide (pour le yaourt ferme).
<b>Manque de fermeté (pour yaourt étuvé)</b>	Ensemencement trop faible ; Mauvaise incubation (temps et ou température trop faible) ; Agitation avant complète coagulation ; Matière sèche trop faible
<b>Trop liquide (pour le yaourt brassé)</b>	Brassage trop violent ; Mauvaise incubation (temps trop faible) ; Matière sèche trop faible ; Mauvais ferments (pas assez épaississants) ; Fruits ou arômes pas assez concentrés.
<b>Trop filant</b>	Mauvais ferment (trop filant) ; Température d'incubation trop faible
<b>Texture sableuse</b>	Chauffage du lait trop important ; Homogénéisation à température trop élevée ; Poudrage trop fort ; Mauvais brassage ; Acidification irrégulière et trop faible.
<b>Texture granuleuse</b>	Mauvais brassage ; Teneur en matière grasse trop élevée ; Mauvais choix des ferments.

Les bactéries lactiques spécifiques du yaourt

C	
Nature	Causes
<b>Production de gaz</b>	Sur acidification ou post acidification (mauvaise conduite de la fermentation) ; Température trop élevée pendant le stockage ; Conservation trop longue; Refroidissement trop faible ;Agitation trop poussée et admission exagérée d'air (pour le yaourt brassé) ; Mauvaise adjonction des fruits ou des pulpes de fruits Agitation des yaourts (yaourt ferme) ; Teneur en matière sèche
<b>Production de gaz</b>	Contamination par des levures et des coliformes.
<b>Colonies en surface</b>	Contamination par des levures et moisissures.
<b>Couche de crème</b>	Mauvaise ou absence d'homogénéisation
<b>Produit sur le couvercle</b>	Mauvaise manutention.
<b>Produit non homogénéisé</b>	Mauvaise agitation (dans le cas des yaourts aux fruits).

- L'espèce *Lactobacillus bulgaricus*

*Lactobacillus delbrueckii*ssp*bulgaricus* est un bacille gram positif, immobile, asporulé, micro aérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chainettes (Figure I.4), il possède un métabolisme strictement homofermentaire et produit l'acide D-lactique à partir des hexoses par l'intermédiaire de la voie d'EmbdenMeyerhoffParnas (EMP) et il est incapable de fermenter les pentoses (AXELSSON, 1998). Il se développe bien à la température de 45 à 50°C en acidifiant fortement le lait jusqu'à 1,8 % (pH voisin de 4,5), voir 2,7 % d'acide lactique (pH 3,8 à 3,6) (FAO, 1995).

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



**Figure I.4** Aspect des cellules de *Lactobacillus bulgaricus* sous microscope électronique (CORRIEU et LUQUET, 2008).

- **L'espèce *Streptococcus thermophilus***

*Streptococcus salivarius*, ssp. *thermophilus* est un cocci Gram positif, disposé en chaînes en longueurs variables ou par paires (Figure I.5), anaérobie facultatif, immobile, on le trouve dans les laits fermentés et les fromages. C'est une bactérie dépourvue de l'antigène D, sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques, elle est incapable de métaboliser le galactose et se développe bien de 37 à 40 °C, mais croît encore à 50 °C.

Thermorésistante, elle survit au chauffage à 65 °C pendant 30 minutes ou à 74 °C pendant 15 secondes, son métabolisme est de type homofermentaire (VAILLANCOURT et al., 2008)

*S. thermophilus* se différencie des autres espèces de même genre par son habitat (lait et produits laitiers), par son caractère non pathogène et ses propriétés probiotiques et technologiques (IYER et al., 2010).



**Figure I.5.** Aspect des cellules de *Streptococcus thermophilus* sous microscope électronique (DURSO et HUKTINS, 2003).

## **L'intérêt et fonction des bactéries lactiques**

### ➤ **Production d'acide lactique**

La production d'acide lactique est l'une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière, car cet acide organique permet de concentrer et de conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien (KUIPERS et al., 2000). Le processus d'acidification du yaourt dépend de l'activité symbiotique de *S. thermophilus* et *L. bulgaricus*. L'importance de l'acide lactique durant la fabrication du yaourt peut se résumer comme suit (LEORY et al., 2002) :

- Il aide à déstabiliser les micelles de caséine, ce qui conduit à la formation du gel;
- Il donne au yaourt son gout distinct, comme il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt ;
- Il intervient comme inhibiteur vis-à-vis des micro-organismes indésirable.

L'acidité du yaourt est communément exprimée en degré Dornic ( $1^{\circ}\text{D} = 0.1\text{g d'acide lactique/L de lait}$ ). Elle se situe entre  $100$  et  $130^{\circ}\text{D}$  (LOONES, 1994).

### ➤ **Activité protéolytique**

La croissance jusqu'à des densités cellulaires permettant aux bactéries lactiques d'assurer les fonctions de fermentation repose sur un système protéolytique capable de satisfaire tous les besoins en acides aminés en hydrolysant les protéines

Les bactéries lactiques démontrent des potentialités différentes, liées à leur équipement enzymatique, pour l'utilisation de la fraction azotée (MONNET et *al.*, 2008).

Il est connu que l'activité protéolytique de *L. bulgaricus* est plus élevée que celle du *S. thermophilus* (GÜRSOY et *al.*, 2010).

Quelques hydrolysats de protéine augmentent le taux d'acidification de yaourt, réduisent le temps de fermentation et augmentent la viabilité des deux bactéries dans le lait (OLIVEIRA et *al.*, 2001)

### ➤ **Activité texturant :**

La texture et l'onctuosité constituent, pour le consommateur, des importants éléments d'appréciation de la qualité du yaourt. Certaines souches bactériennes produisent, à partir du glucose des polysaccharides qui sont constitués de longues chaînes d'unités répétitives de sucres simples et /ou de dérivés de glucides plus ou moins ramifiées (RUAS et *al.*, 2001).

Les propriétés texturants des bactéries lactiques sont principalement utilisées pour améliorer les qualités organoleptiques des produits laitiers frais fermentés. Ainsi, la production d'exopolysaccharides (EPS) par les bactéries lactiques, lors de leur développement dans le lait, évite d'augmenté le taux protéique du produit ou d'avoir recours à l'ajout d'additifs, tels que des texturants et des épaississants, lors de la production du yaourt. La présence d'EPS a pour effet de réduire la synérèse lors du stockage au froid des produits laitiers fermentés (GEORGES et LUQUET, 2008).

## ➤ **Activité aromatisant :**

Divers composés volatiles et aromatiques interviennent dans la saveur et l'appétence du yaourt. C'est principalement le lactose qui joue un rôle dans la formation de ces composés. Parmi ceux-ci, outre l'acide lactique qui confère au yaourt son goût acidulé, c'est l'acétaldéhyde qui a été identifié comme le plus important des composés carbonyliques qui contribuent à l'arôme typique du yaourt (ENEL et *al.*, 2011). Il provient en grande partie de la transformation de la thréonine. En outre, les deux bactéries du yaourt *Lb. bulgaricus* et *Sc. thermophilus* sont capable de produire l'acétaldéhyde mais à des proportions différentes, sa concentration optimale est estimée entre 17 et 41mg/L durant la fermentation du yaourt (CHAVES et *al.*, 2002).

Le diacétyl contribue à donner un goût délicat dû à la transformation de l'acide citrique et, secondairement, du lactose par certaines souches de streptocoques.

D'autres composés (acétone, acétoïne, butane-2-one, etc.) contribuent à l'équilibre et à la finesse de la saveur.

Celle-ci résulte d'un choix avisé des souches, de leur capacité à produire dans un juste rapport les composés aromatiques et du maintien de ce rapport au cours de la conservation des levains et de la fabrication (FAO, 1995).

## **Caractérisation du yaourt**

### **Paramètres physico-chimiques :**

#### ➤ **pH et taux d'acide lactique**

La Fédération Internationale du Lait (F.I.L), préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique. Cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité allant de 0,6 à 1,5%.

Certaines normes imposent un pH inférieur à 4,5 ou 4,6 (Luquet et *carrieu*, 2005).

La réglementation Algérienne exige que, lors de la mise en consommation, la quantité d'acide lactique libre contenu dans le yaourt ne doit pas être inférieure à 0,8g pour 100g de produit. Selon l'article (02) de l'arrêté interministériel du 07 Octobre 1998, qui apprécie les spécifications techniques des yaourts (JORA, n° 86).

#### ➤ **Taux de matière grasse (MG)**

Il doit être au minimum inférieur à 3% (m/m) dans le cas des yaourts (nature, sucré ou aromatisé), compris entre 0,5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et 0,5% dans les yaourts écrémés (Ozeret *al.*, 1998).

## ➤ Extrait sec total (EST)

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage ou en g/l .

### Paramètres microbiologiques :

Selon la norme nationale de 1998 ; n°35 parue au journal officiel, les yaourts ne doivent contenir aucun germe pathogène.

Le traitement thermique appliqué sur le lait avant la fabrication du yaourt est suffisant pour détruire les microorganismes non sporulés pathogènes ou non. Leur présence dans le yaourt ne peut être que de manière accidentelle, le pH acide du yaourt le rend hostile aux germes indésirables.

Les critères microbiologiques sont illustrés dans le tableau ci-après.

**Tableau I.2.** Critères microbiologiques du yaourt (J.O.R.A, 1998).

Yaourt	N	C	M
Coliformes totaux	5	2	10
Coliformes fécaux	5	2	1
<i>St.aureus</i>	5	2	10
Levures	5	2	≤10 <sup>2</sup>
Moisissures	5	0	absente
<i>Salmonella</i>	5	0	absente

**N** : Nombre d'unités composant l'échantillon. **C** : Nombre d'unités de l'échantillon donnant des valeurs situées entre m et M. **m**: Le seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante. **M**: Seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, sans pour autant que le produit soit considéré comme toxique. M = 10m : lors du dénombrement effectué en milieu solide. M = 30m : lors du dénombrement effectué en milieu liquides.

### Intérêts nutritionnels et thérapeutiques

Les produits laitiers fermentés sont largement consommés et présentent des caractéristiques nutritionnelles et probiotiques bien spécifiques (Serra *et al.*, 2009 ; Sodini et Béal, 2012).

## **Intérêts nutritionnels**

Un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait (Jeantetet *al.*, 2008).

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications, dont certaines font que le produit soit de meilleure valeur nutritionnelle et thérapeutique (Serra *et al.*, 2009 ; Sodini et Beal, 2012) à savoir :

### **❖ Amélioration de l'absorption du lactose**

La présence des bactéries vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase (Jeantetet *al.*, 2008).

### **❖ Amélioration de la digestibilité de la matière grasse**

Bien que l'activité lipolytique soit faible, une augmentation significative en acides gras libres dans un yaourt est constatée (Jeantetet *et al.*, 2008).

### **❖ Amélioration de la digestibilité des protéines**

Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait et contient deux fois plus d'acides aminés libres. Cette propriété résulte du traitement thermique et de l'activité protéolytique des bactéries (Jeantetet *al.*, 2008).

## **Effets thérapeutiques**

### **❖ L'activité anti microbienne**

Le yaourt joue un rôle important dans la prévention contre les infections gastro-intestinales, son intérêt dans le traitement contre les diarrhées infantiles, a été démontré par (Lucas *et al.*, 2004). Les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes et des probiotiques (Jeantetet *al.*, 2008). Leur pouvoir antagoniste résulte aussi de la production du peroxyde d'hydrogène et de bactériocines, limitant la croissance de certains germes pathogènes (Tabak et Bensoltane, 2011).

### **❖ Activité anti carcinogène**

Les bactéries modifient les enzymes bactériennes à l'origine de carcinogène (indicateur de cancer) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation des substances précancéreuses (Jeantetet *al.*, 2008).

## ❖ **Activité anti-cholestérolémiante**

La consommation de yaourt permet de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait, pour maintenir une cholestérolémie basse (Jeantetet *al.*, 2008).

## ❖ **Stimulation de système immunitaire**

Le yaourt a un effet immunitaire régulateur, qui permet d'augmenter la production d'interférons et d'immunoglobulines et d'exciter l'activité des lymphocytes B. Cet effet est attribué à *Lactobacillus bulgaricus*(Jeantetet *al.*, 2008).

## ❖ **Action sur les vitamines**

Certaines vitamines sont utilisées par les bactéries lactiques (vitamine B12), d'autres en sont produites (Acide folique) (Martin, 2004).

**CHAITRE II : STRUCTURE ET COMPORTEMENT RHEOLOGIQUE DE YAOURT**

La transformation du lait au yaourt s’accompagne de la mise en place d’une structure complexe et d’un changement important des propriétés rhéologiques en passant d’un liquide Newtonien à un gel viscoélastique à destruction non réversible. Les additifs et les étapes du procédé de fabrication jouent un rôle majeur sur le comportement rhéologique du yaourt qui sera apprécié par le consommateur (Paci Kora, 2004).

**Structure de yaourt :**

**a) Gélification acide :**

Les structures principales impliquées lors de gélification acide du lait sont les micelles de caséine. En effet, dans le lait, les différents types de caséines ( $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$  et  $\kappa$ ) s'associent pour former des micelles, de structure sphérique supramoléculaire et de diamètre moyen de 150 nm.

Différents modèles théoriques de l'organisation micellaire sont proposés dans la littérature (Cayot et Lorient, 1998). Les auteurs s'accordent néanmoins sur une structure générale très hiérarchisée. La micelle est composée d'un cœur hydrophobe essentiellement constitué des caséines  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\kappa$ , dont la partie terminale est très hydrophile et chargée négativement. Les caséines sont situées à la surface des micelles et assurent le maintien en suspension dans la phase aqueuse en constituant une sorte de chevelure. La micelle possède un degré d'hydratation élevée. La structure micellaire est maintenue grâce à des liaisons faibles, des ponts salins impliquant le calcium ou le phosphate de calcium et des groupements phosphoryles ou carboxyles de certaines chaînes latérales des caséines, ainsi que des interactions hydrophobes (Paci Kora, 2004).

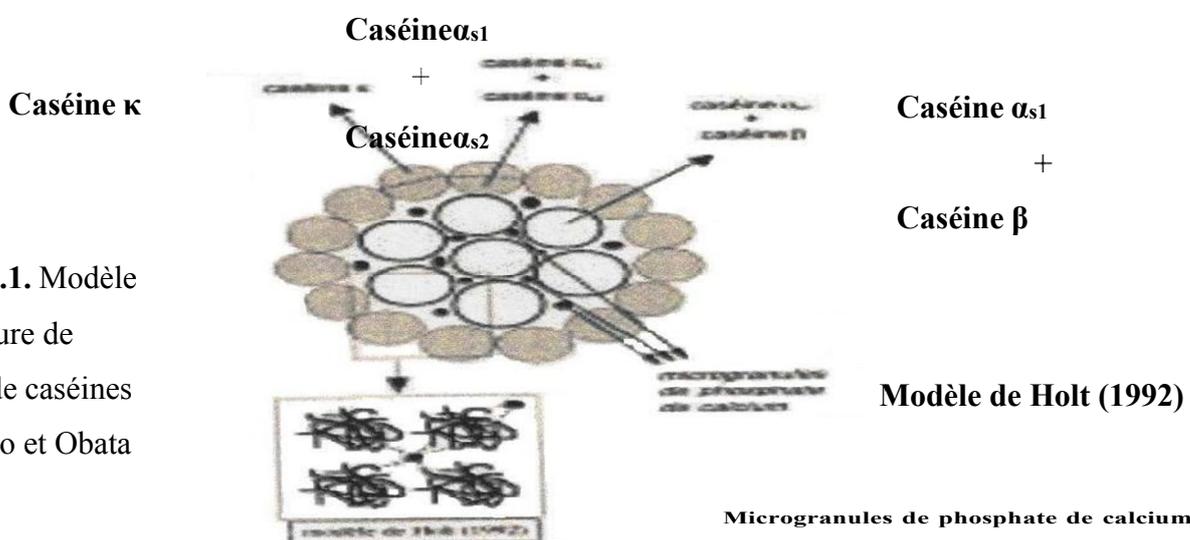


Figure II.1. Modèle de structure de micelle de caséines selon Ono et Obata (1989).

Lors de la baisse du pH, due à la fermentation lactique, les micelles de caséines subissent des changements substantiels. Le déplacement de l'équilibre acido-basique entraîne une diminution progressive de la charge ionique des micelles qui devient nulle. En parallèle, une solubilisation du phosphate de calcium micellaire est observée, entraînant la dissolution de la structure micellaire. Par la suite, la solubilité des caséines se trouve fortement diminuée, ainsi que leur capacité d'hydratation. Le pH auquel commence la gélification du lait dépend de la température et des prétraitements thermiques du lait (Tamime et Robinson, 1985). En dessous d'un pH de 5,5, lorsque la majorité des ions calcium et phosphate ont quitté la micelle, celle-ci reste encore visible au milieu d'une quantité croissante de très petites particules jusqu'à ce qu'un pH de 5,2 soit atteint (Heertjeet *al.*, 1985 ; Visser *et al.*, 1986). Pour des pH plus bas, des particules de caséines se créent à nouveau par la formation des liaisons hydrophobes, hydrogènes et électrostatiques. Bien qu'elles ressemblent aux micelles de caséines initiales, elles sont plus grosses et très différentes à cause de l'absence de phosphate de calcium. Les particules ainsi formées constituent un réseau donnant naissance à un gel retenant la phase aqueuse. A un pH inférieur au point isoélectrique des caséines (pH = 4,60), le réseau se stabilise et n'évolue pratiquement plus. Pendant la phase de coagulation, les caséines entraînent avec elles les protéinésériques.

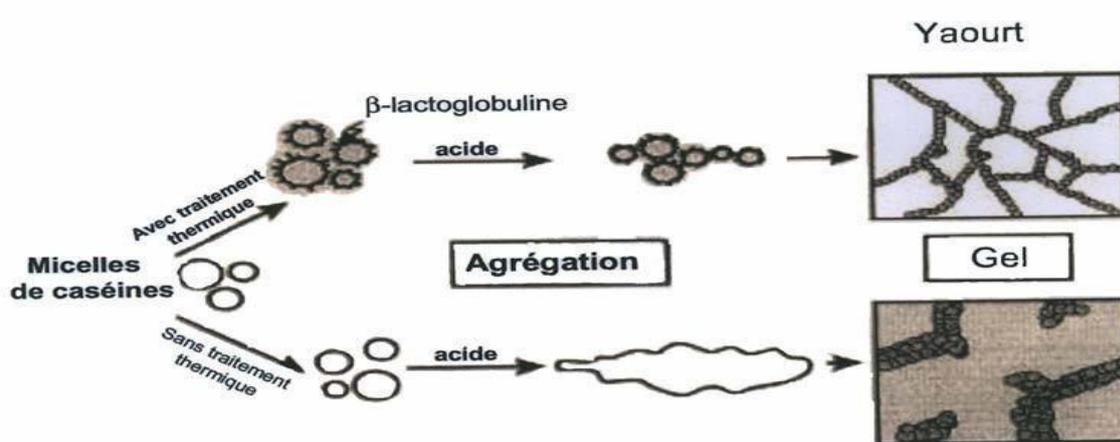


Figure II.2. Effet du traitement thermique sur la structure de la microstructure du

Yaourt (Kessler, 1998)

La microstructure du yaourt est fonction de la concentration en matière sèche (Schkodaet *al.*, 1998 ; Van Marle, 1998), de la méthode d'enrichissement du lait (Tamimeet *al.*, 1984), du traitement thermique (Kessler, 1998) mais aussi des souches bactériennes utilisées et de leur capacité à synthétiser des polysaccharides exocellulaires (EPS), augmentant la viscosité du gel (Hassan *et al.*, 1995). Ainsi, les travaux de Kessler (1998) montrent que les micelles de caséines d'un yaourt fabriqué à partir de lait chauffé forment des chaînettes bien liées entre elles, tandis qu'elles forment des agrégats dans un yaourt fabriqué à partir de lait non chauffé (figure II.2). Cette différence est essentiellement due au comportement des  $\beta$  lactoglobulines.

Enfin, les sucres et les autres constituants mineurs restent solubilisés dans la phase aqueuse.

## Comportement rhéologique

### a) Propriétés rhéologiques des yaourts

La connaissance du comportement rhéologique du yaourt est nécessaire pour la conception et le dimensionnement des installations de transformation, sous réserve de maîtriser les contraintes (cisaillements) notamment lors des étapes de brassage et de pompage ainsi que lors des échanges de chaleur. La connaissance des propriétés rhéologiques permet également d'appréhender la qualité en terme de texture des produits finis.

Le yaourt est défini comme un fluide viscoélastique. Il possède donc à la fois les propriétés visqueuses d'un liquide et les propriétés élastiques d'un solide. Le comportement rhéologique du yaourt est non-newtonien, ce qui veut dire que la viscosité du produit dépend de la vitesse de cisaillement ou de la contrainte exercée. La loi de Newton s'écrit:

$$\mu = \tau / \dot{\gamma}$$

Où  $\mu$  = viscosité (Pa.s),  $\tau$  = contrainte ou taux de cisaillement (Pa),  $\dot{\gamma}$  = vitesse de cisaillement ( $s^{-1}$ ).

Dans les cas des yaourts, la viscosité diminue quand la vitesse de cisaillement augmente.

C'est un fluide rhéofluidifiant. On parle alors de viscosité apparente à une vitesse de cisaillement donnée. Les suspensions de polymères (polysaccharides, etc.) présentent également le même comportement.

Le modèle le plus classique pour décrire le comportement d'un fluide rhéofluidifiant est le modèle d' Herschel Bulkley :

$$\eta_a = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1} + \tau_0 / \dot{\gamma}$$

Avec  $\eta_a$  : viscosité apparente à la vitesse de cisaillement,  $\dot{\gamma}$  (Pa.s) ;  $K$ , indice de consistance (Pa.s<sup>n</sup>) ;  $n$ , indice d'écoulement (sans unité),  $\tau_0$  seuil d'écoulement (Pa).

Pour le yaourt brassé, le modèle se simplifie par une relation puissance car le seuil d'écoulement est nul (nul ( $\tau_0 = 0$ )).

Par ailleurs, le comportement rhéologique des yaourts est dépendant des traitements mécaniques subis ultérieurement. Si les contraintes de cisaillement sont trop fortes, le gel ne retrouve plus sa structure initiale. C'est un fluide partiellement thixotrope





## CHAPITRE III: MATERIELS ET METHODES

### Problématique

Les produits laitiers frais fermentés, comme le yaourt, sont des aliments de grande consommation. La dynamique actuelle du marché des denrées alimentaires oblige les industriels à formuler constamment de nouveaux produits. Ainsi, l'intérêt récent des consommateurs pour des produits allégés en matière grasse a conduit à l'utilisation d'ingrédients tels que des agents de texture, ou des épaississants ou encore des gélifiants. Or, toute variation de la composition de l'aliment entraîne une modification de sa structure, de ses propriétés rhéologiques et de ses caractéristiques sensorielles, notamment de la texture en bouche et de l'arôme, qui déterminent largement l'acceptabilité des produits. Un changement de composition et de texture de la matrice nécessite la recherche d'une nouvelle formulation des produits. La formulation de nouveaux aliments reste encore empirique et, de ce fait, est longue et coûteuse. Dans ce contexte, une meilleure connaissance des mécanismes physico-chimiques et sensoriels qui régissent la perception sensorielle est recherchée pour tendre vers une formulation raisonnée de ces produits.

L'objectif de notre travail est l'évaluation rhéologique du yaourt brassé produit par SARL Faiz à différentes concentrations en matières grasses.

### Préparation des échantillons de yaourt à différentes concentrations en matières grasses

Le tableau suivant récapitule les différentes préparations du yaourt à différentes concentrations en matières grasses.

**Tableau III.1** : Préparation des yaourts à différentes concentrations en matières grasses.

Echantillons	Concentration en MG (%)	Quantité de MG (g)
1	0 (témoin)	0
2	1	4
3	2	8
4	3	12
5	4	16
6	5	20

Cette étude a été réalisée dans le laboratoire d'analyse de l'entreprise Faiz. Pour cela cinq échantillons de yaourt brassé ont été préparés dans des bouteilles de 400ml. La matière grasse a été incorporée directement à différentes concentrations : 1, 2, 3, 4, et 5 % :

La matière grasse a été chauffée légèrement dans un bain-marie, après incorporation, le yaourt a été homogénéisé à l'aide d'un agitateur de type thermomix (VORWERK) à une température 37°C, un temps de 5 minutes et une vitesse de 5 tours par minute.

Ces échantillons ont été conservés au réfrigérateur à 5°C jusqu'à analyses. L'analyse rhéologique a été réalisée au niveau de l'unité de recherche matériaux et environnement de la faculté de technologie de l'université de Boumerdes.

### **Caractérisation physico-chimique des yaourts**

#### **Mesures du pH des yaourts**

Le pH des yaourts a été mesuré à 4°C avec des sondes de pH Mettler (Mettler Toledo, France), étalonnées à 4°C. Les échantillons étaient thermostatés à 4°C à l'aide d'un bain-marie. Trois répétitions de chaque mesure ont été effectuées.

#### **Mesure de l'acidité**

Après chauffage et homogénéisation à une température entre 20-25°C, 10g de yaourt sont placés dans un bécher de 50 ml additionné de 10 ml d'eau distillée puis mélangés. Le mélange est ainsi titré avec du NaOH à 0,1N jusqu'au pH 8,30. Le volume de NaOH ainsi obtenu est noté en ml puis les résultats sont exprimés selon le calcul suivant :

$$\text{Acidité titrable (g/l)} = (V \times 0,9) / m$$

V : volume en ml de NaOH (0,1N).

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

0,9 : facteur de conversion pour l'acide lactique.

Le degré Dornic (°D) correspond à 0.01g d'acide lactique par litre de produit

#### **Détermination de l'Extrait Sec Total et de la teneur en eau par dessiccateur Infra-Rouge**

L'extrait sec total repose sur la dessiccation par dessiccateur (Sarorius MA 35) à 105°C pendant 10 min.

Après avoir bien mélangé le yaourt, 2 grammes de ce dernier sont pesés et étalés sur la surface de la coupelle tout en respectant la symétrie de l'étalement

A la fin de l'analyse, le résultat sera affiché directement sur l'appareil et exprimé en pourcentage.

## Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode de Gerber

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.

Dans le butyromètre, on introduit 10 ml d'acide sulfurique auquel on ajoute 11ml du yaourt homogénéisé. On ajoute 1 ml d'alcool iso-amylique sans mouiller le col du butyromètre et en évitant de mélanger les liquides.

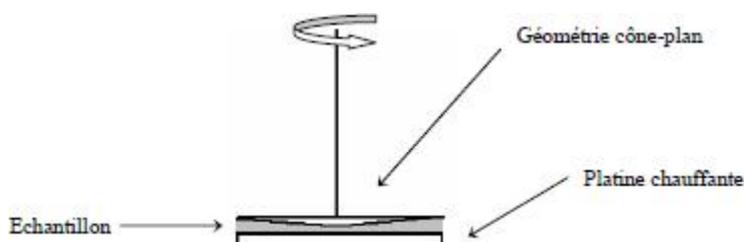
Après avoir fermé le butyromètre, on l'agite avec précaution mais énergiquement et rapidement jusqu'à la disparition des grumeaux.

Après avoir soigneusement agité le butyromètre, on le retourne et on le place pour être centrifugé pendant 10mn à 1000 tours/min à une température de  $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . la teneur en matière grasse est déterminée directement sur l'échelle du butyromètre.

## Mesures des propriétés rhéologiques

### Appareil et échantillonnage

Les mesures rhéologiques ont été effectuées à l'aide d'un viscomètre à contrainte imposée (Thermo Haak K 11), équipé d'un module cône-plan (figure). Le diamètre du cône est de 60 mm et l'angle de  $2^{\circ}$ . Il est piloté par le logiciel viscotester VT550.



**Figure III.1.** Représentation schématique du module cône-plan du rhéomètre

Le yaourt étant un fluide viscoélastique rhéofluidifiant, toute manipulation énergétique modifie ses propriétés rhéologiques. Un protocole fixé, établi lors de précédents travaux sur le yaourt (Haddad, 2002), a été appliqué pour la préparation des échantillons. Les yaourts sont stockés avant l'analyse dans un réfrigérateur à 4°C. Afin d'homogénéiser le contenu et d'éliminer la présence éventuelle de sérum à la surface, chaque pot de yaourt a été délicatement mélangé trois fois de bas en haut à l'aide d'une petite cuillère, tout en tournant la bouteille de gauche à droite. Ensuite, une cuillerée de yaourt est disposée au centre du plan du rhéomètre. Les trois répétitions de l'analyse ont été réalisées en utilisant le même pot de yaourt.

### **Caractérisation rhéologique des yaourts**

Les mesures rhéologiques sont effectuées lors d'un balayage en contrainte en régime harmonique. Une rampe de contraintes comprises entre 0,1 Pa et 500 Pa, avec une fréquence de 1 Hz a été exercée. La distribution des contraintes était logarithmique, avec un pas de 100,6 Pa (50 points). Pour chaque contrainte, trois cycles d'analyse ont été réalisés. Les mesures de viscosité complexe correspondent aux moyennes des données acquises lors du deuxième et du troisième cycle, le premier servant à la mise en régime. Les mesures ont été effectuées à une température de 20 °C.

A partir des courbes de viscosité complexe en fonction de la contrainte, deux paramètres ont été retenus pour caractériser le comportement rhéologique des yaourts :

- La viscosité complexe à contrainte initiale ( $\eta^*$ ). Elle est calculée comme la moyenne des  $\eta^*$  correspondantes aux contraintes comprises entre 0,1 Pa et 1 Pa.
- La viscosité complexe à contrainte 100 Pa ( $\eta^*_{100}$ ).

Trois répétitions de chaque mesure ont été systématiquement effectuées.

### **Etude de l'influence de l'ajout de la matière grasse sur le comportement rhéologique du yaourt**

Pour décrire le comportement rhéologique du yaourt on a utilisé le modèle de loi de puissance. Dans la suite de ce travail nous considérons le yaourt comme un fluide rhéofluidifiant que nous allons modéliser avec une loi en puissance où les paramètres K et n du modèle d'Ostwald sont estimés.

## Chapitre IV : Résultats et discussion

### IV.1. Qualité physicochimique des yaourts

Le tableau suivant récapitule les principaux résultats physicochimiques des yaourts élaborés.

Echantillons	pH	Acidité	EST	Humidité	MG
Témoin	3,5 4,5	0,70 1 %	10 20 %	80 90 %	1 2 %
1%	-	-	-	-	-
2%	-	-	-	-	-
3%	-	-	-	-	-
4%	-	-	-	-	-
5%	-	-	-	-	-

Tableau IV.1: Paramètres physicochimique des yaourts

### Les propriétés rhéologiques des yaourts

#### Introduction

Pour l'étude des interactions, l'objectif premier est de disposer de matrices " yaourts" depropriétés rhéologiques distinctes. Ainsi, des yaourts a différentes concentrations en matières grasses ont été élaborés.

L'évolution de la viscosité complexe à faible contrainte et de la viscosité complexe à 100 Pa des yaourts a été étudiée en fonction de la concentration en matières grasses.

Il ressort que, dans la gamme testée, le traitement mécanique a un effet prédominant sur les propriétés rhéologiques. Par rapport à la concentration en épaississant, il a deux fois plus d'effet sur la viscosité complexe à faible contrainte et environ 6,5 fois plus d'effet sur la viscosité complexe à forte contrainte.

Dans la littérature, l'effet épaississant des agents de texture dans les matrices modèles est largement étudié, tandis que celui du traitement mécanique ou encore celui des composés d'arôme est peu connu. Ainsi, Pangborn et Szczesniak (1974) ont observé une diminution de la viscosité apparente de solutions de CMC, d'alginate de sodium et de xanthine en présence de l'acide isobutyrique. En revanche, Cayot *et al.* (1998) reportent une augmentation de la fermeté des gels de maïs en présence de l'acétate d'isoamyle.

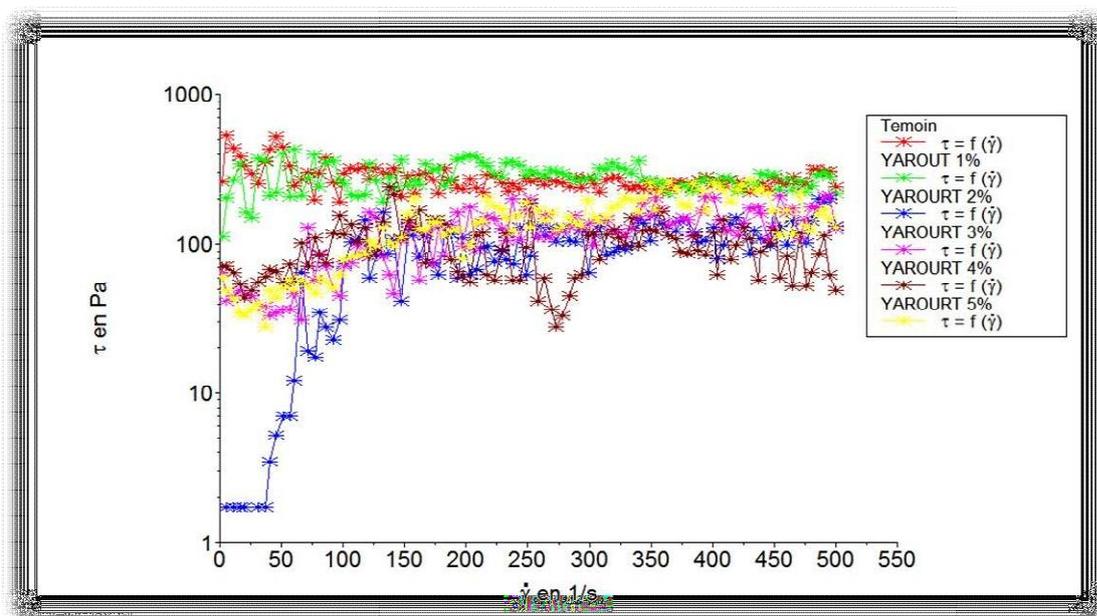
En conclusion, pour la gamme de matrices et de formules étudiés, la variation des facteurs concentration en matière grasse et particulièrement traitement mécanique nous permet d'obtenir des yaourts de propriétés rhéologiques très différentes.

## Comportement rhéologique du yaourt selon la méthode standard

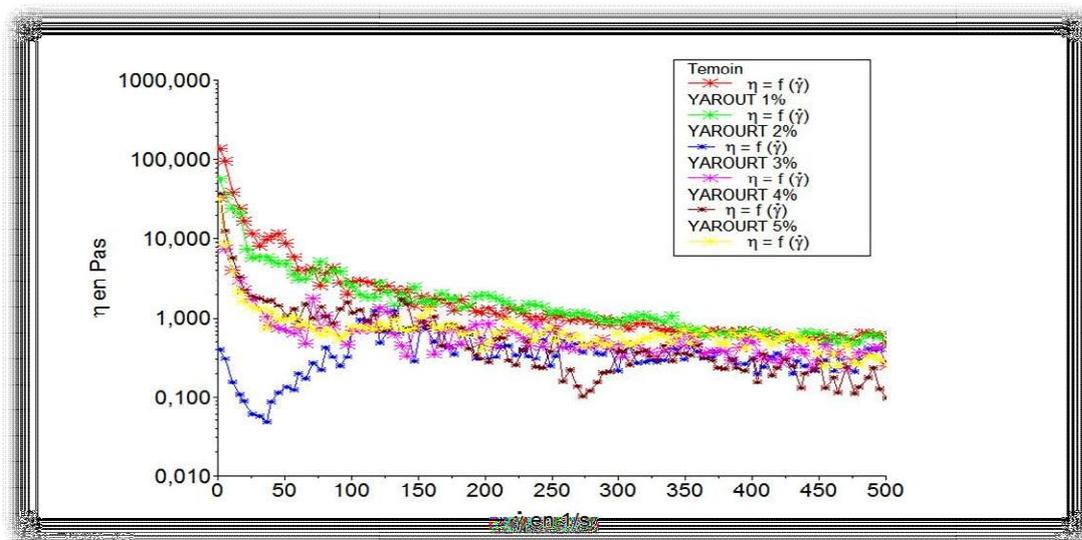
Les figures présentent les courbes d'écoulement (rhéogramme) et les courbes de viscosité des différents yaourts selon la méthode standard.

Dans le littératureur, à un gradient de vitesse  $5s^{-1}$ , des contraintes des cisaillements entre 10 et 70 Pa sont observés. Lors de la monté en gradient de vitesses à une vitesse de  $5s^{-1}$  nous observons des contrainte des cisaillements supérieur, entre 40 et 200 Pa. Ceci peut être expliqué par le comportement rhéofluidifiant de la matière grasse.

Plusieurs facteurs affectent la mesure de la viscosité et peuvent expliquer les différences entre les différentes formules. La viscosité dépend de la température suivant une loi exponentielle et une variation d'un degré Celsius peut entrainer une variation de 8% de la viscosité apparente à un gradient de vitesse de  $40s^{-1}$ . La température enregistré aucour des essais variés entre 20 à 20.8.



**Figure IV.1** : rhéogramme des yaourts a différentes concentration en MG.



**FigureIV.2 :** Courbes de viscosité des yaourts a différentes concentration en MG.

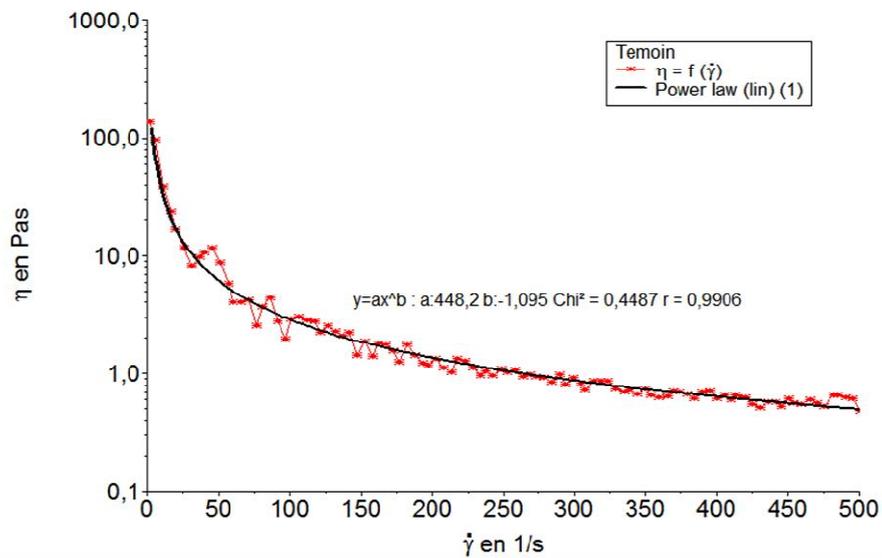
Sur les Rhéogrammes(IV.1 ,IV.2.) on observe une diminution de la viscosité. L'augmentation et la diminution de la contrainte de cisaillement en gradient de vitesse constant peut être expliqué par le comportement légèrement thixotrope du yaourt. Cependant cette thixotropie est légère et peut être négligé à l'échelle du procédé.

### Etude de l'influence de l'ajout de la matière grasse sur le comportement rhéologique du yaourt

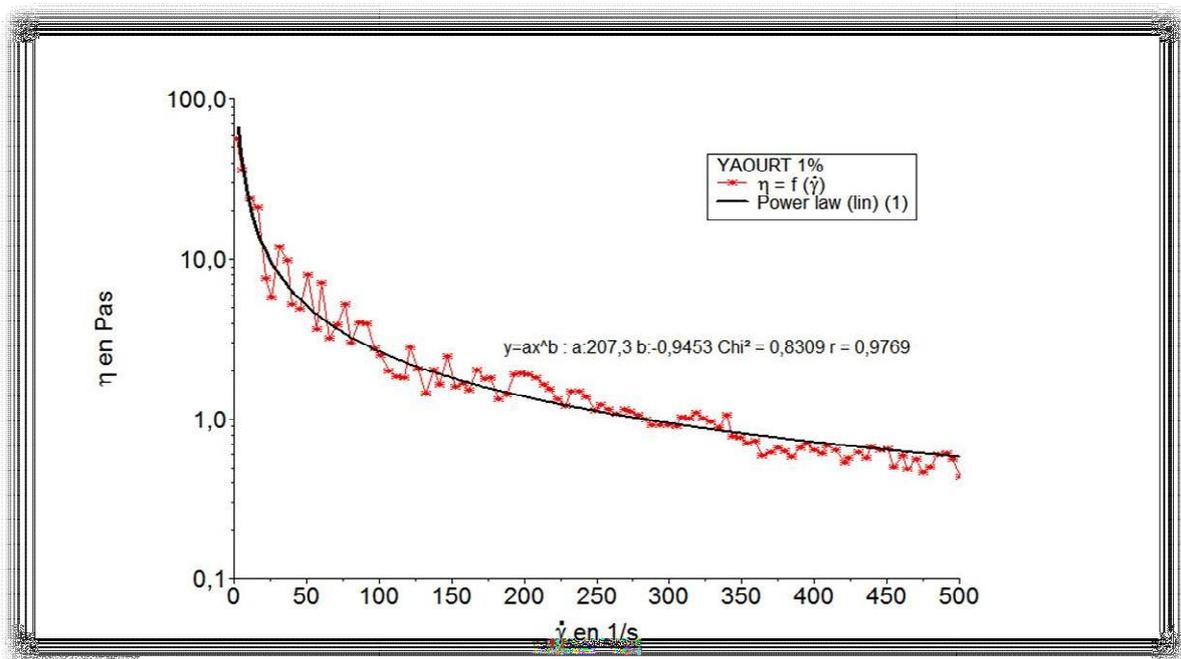
#### Modèle d'Ostwald

**Tableau IV.2 :** Les valeurs des paramètres du model d'Ostwald et le modèle herschel-bulkley des différents yaourts

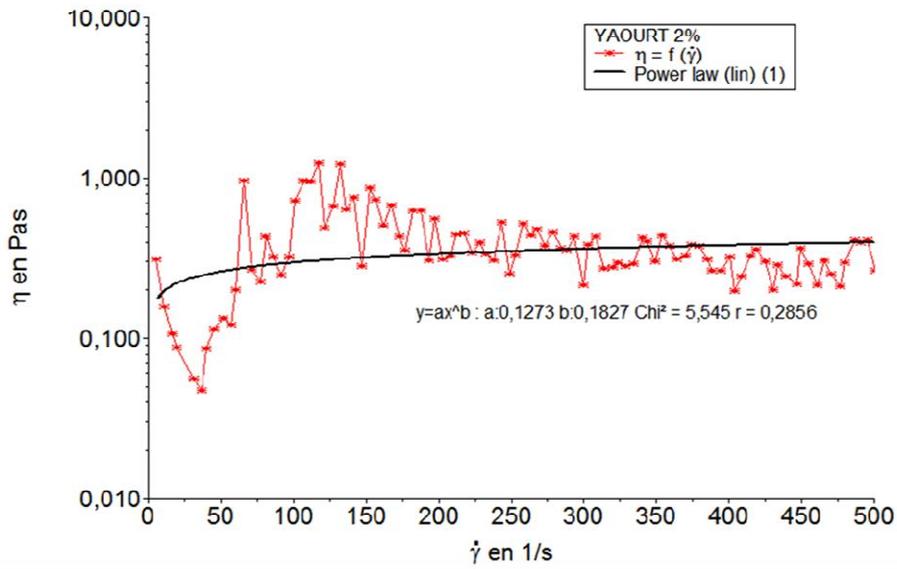
Echantillons	R	X	b (K)	n(a)
Témoïn	0,9906	0,4487	448 ,2	-1,095
1%	0,9769	0,8309	207,3	-0,9453
2%	0,2856	5,545	0,1273	0,1827
3%	0,9887	24,98	1,823	0,001993
4%	0,9174	3,171	60,83	- 0,9308
5%	0,9924	15,99	1,768	0,003812



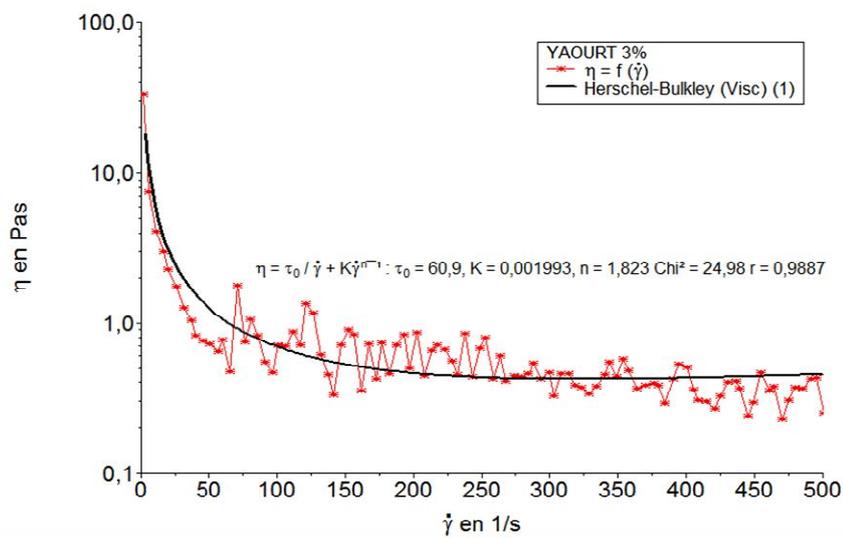
**FigureIV.3 :** Courbe de viscosité du yaourt témoin.



**FigureIV.4 :** Courbe de viscosité du yaourt avec 1% MG.



**Figure IV.5:** courbes de viscosité de yaourt a concentration en2% MG



**FigureIV.6 :** courbes de viscosité de yaourts a concentration en3% MG

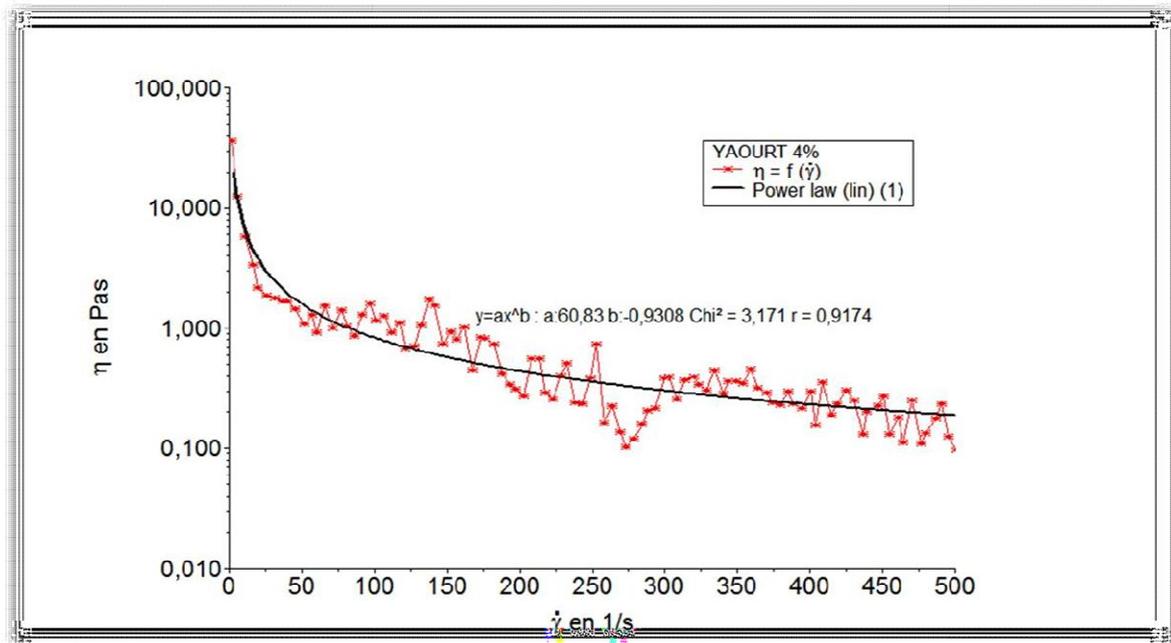


Figure IV.7 : courbes de viscosité de yaourt a concentration en 4% MG

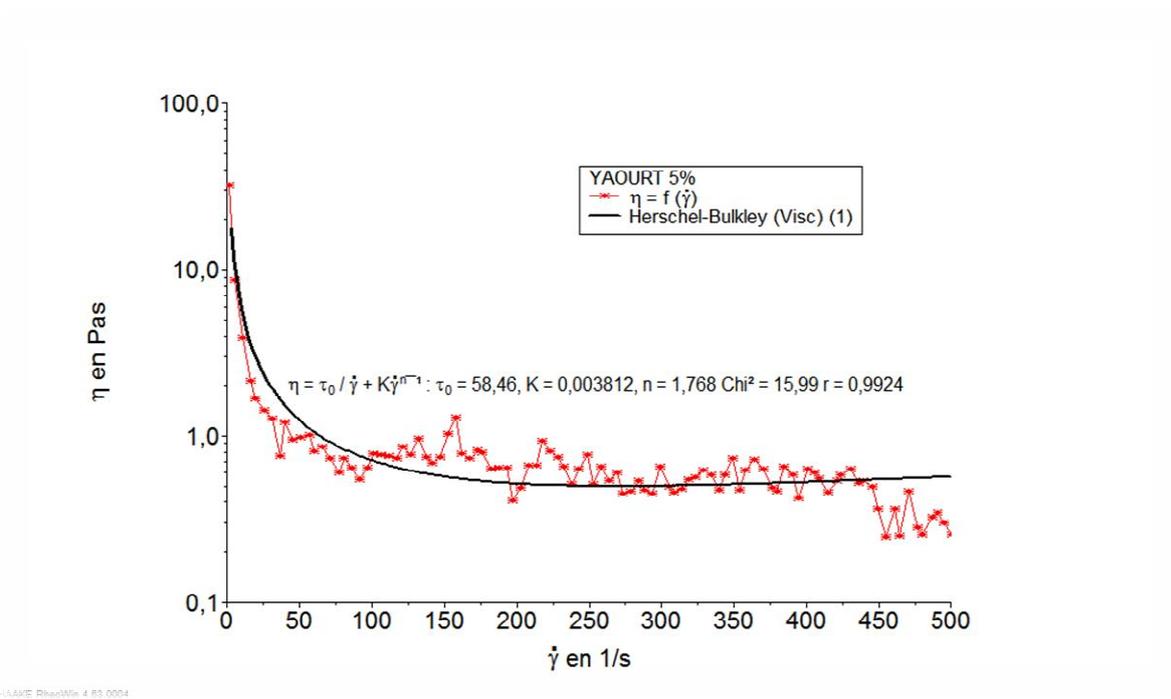


Figure IV.8 : courbes de viscosité du yaourt a concentration en 5% MG

### Discussion

Les mesures de la viscosité des différents yaourts montrent un comportement rhéofluidifiant. Les valeurs de l'exposant  $a$  du modèle d'Ostwald sont tous inférieurs à 1 (**Tableau IV.2**). Cela nous montre qu'il y a des interactions plus marquées avec la matière grasse, ce qui diminue la viscosité.

En comparant les valeurs des paramètres statistiques des deux modèles étudiés, on constate que le modèle d'Ostwald (avec le  $R$  le plus élevé et  $X$  le plus faible) (**Tableau IV.2**) est plus adéquat pour décrire le comportement rhéologique des yaourts brassés avec différents pourcentages en matière grasse.

Le modèle Herschel Bulkley est utilisé pour décrire le comportement rhéologique des produits à contrainte seuil (Plastique). Les paramètres du modèle Herschel Bulkley montrent que le yaourt avec 5% de MG a un comportement d'un fluide plastique (à contrainte seuil) (**Fig. IV.8**).

Les mesures de la viscosité des différents yaourts montrent un comportement rhéofluidifiant. Les valeurs de l'exposant  $a$  du modèle d'Ostwald sont tous inférieurs à 1 (**Tableau IV.2**). Cela nous confirme le comportement rhéofluidifiant du yaourt brassé. La diminution de la viscosité peut être expliquée par des interactions plus marquées avec la matière grasse.

Un cisaillement élevé réduit la fermeté et la viscosité sauf en présence d'une teneur élevée en matières grasses. Pour un yogourt sans gras, il serait préférable de réduire l'intensité du cisaillement. Pour des yogourts riches en gras, un cisaillement élevé permet de réduire la synérèse. Le banc d'essai a démontré que seul le lissage et le refroidissement ont eu un impact sur la synérèse, la fermeté et la viscosité.

Pour chaque mesure, l'écart maximum entre la contrainte de cisaillement mesurée et celle prédite par le modèle est présenté dans les **figures IV.4 et IV.7**. Le modèle d'Ostwald décrit bien le comportement du yaourt avec 1 % et 4 % de matière grasse, cela peut être due à l'interaction de la matière grasse avec le réseau protéique, ce qui favorise l'augmentation des forces d'adhésion entre particules.

Les prédictions du modèle d'Ostwald s'éloignent des mesures expérimentales pour le pourcentage élevé en matière grasse (**Fig IV.4, IV.7**). Sur les figures **IV.4, IV.7** nous pouvons comparer le rhéogramme généré par le modèle et celui obtenu expérimentalement pour les

différentes concentrations en matière grasse. Les résultats nous montrent que le yaourt a tendance de s'éloigner d'un comportement non newtonien rhéofluidifiant pour des concentrations élevées en matière grasse.

Les résultats de l'étude rhéologique sont résumés comme suit :

- Les Rhéogrammes obtenus montrent que le yaourt a un comportement d'un fluide rhéofluidifiant légèrement thixotrope, cette thixotropie reste toutefois négligeable à l'échelle du procédé.
- Le yaourt a un comportement Rhéofluidifiant, nettement marqué ce comportement peut être décrit par une loi de puissance de type modèle d'Ostwald.
- L'ajout de la matière grasse n'avait pas d'impact sur les paramètres d'écoulement  $n$ .
- Globalement l'augmentation de la matière grasse fait diminuer la viscosité des yaourts.
- La faible viscosité enregistrée avec le yaourt à 2% de MG peut être due à une erreur de manipulation.
- La faible viscosité de chocolat à base de la PC est expliquée par l'humidité de la poudre de caroube, la fraction de poudre de lait et sucre et par sa capacité d'absorption de matière grasse.
- Lors de l'analyse de l'influence de la matière grasse sur la rhéologie du yaourt le paramètre d'écoulement  $n$  de modèle d'Ostwald augmente avec l'augmentation de la teneur en matière grasse. Cela est probablement lié à la présence des protéines de la poudre de lait, d'autre part plus les particules de sucre sont fines, plus le yaourt est onctueux et visqueux.

## **Conclusion:**

Le but de notre étude est l'évaluation de la qualité physicochimique et rhéologique du yaourt brasse.

Le yaourt brasse a été préparé à différentes concentrations de matière grasse : 1, 2, 3,4 et 5%.

Les résultats des analyses physicochimiques révèlent un pH qui varie entre 3,5 et 4,5 ; un extrait sec de 10 à 20 %, une teneur en matière grasse entre 1% et 2% et une acidité de 0,7 à 1%.

Les mesures de la viscosité des différents yaourts de 1%, 3% ,4% ,5% montrent un comportement rhéofluidifiant. Les valeurs de l'exposant  $n$  du modèle d'Ostwald sont tous inférieurs à 1. Cela nous montre qu'il ya des interactions plus marquée avec la matière grasse, ce qui diminue la viscosité.

Le modèle Herschel Bulkley est utilisé pour décrire le comportement rhéologique des produits a contrainte seuil (Plastique).

Les paramètres du modèle Herschel Bulkley montrent que le yaourt avec 5% de MG a un comportement d'un fluide plastique (a contrainte seuil) avec  $r= 0.9924$  ;  $x=15.99$  ;  $n= 1.768$  ;  $k= 0.003812$ .

Le modèle d'Ostwald décrit bien le comportement du yaourt avec 1 % de matière grasse avec  $r=0,9769$  ;  $x=0.4487$  ;  $k=448.2$  ;  $n=-1,095$  et 4 % de matière grasse avec  $r=0,9174$  ;  $x=3,171$  ;  $k=60,83$  ;  $n=-0,9308$  cela peut être due aux interactions de la matière grasse avec le réseau protéique, ce qui favorise l'augmentation des forces d'adhésion entre particules.

Vu les résultats obtenus et tenant compte de notre problématique, il serait intéressant de compléter cette étude par :

- Une analyse sensorielle pour évaluer l'acceptabilité du produit par le consommateur.
- Modélisation des paramètres technologiques pour la fabrication des yaourts allégés.
- Possibilité de substitution de la matière grasse du yaourt par des agents texturant naturels.

## Références Bibliographiques

### A

- **AFNOR, 1982. Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes, jus de fruits. Ed. AFNOR, 325 p.**
- **Amellal-Chibane, H. (2008). Aptitude technologiques de quelques variétés communes de dattes : formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat en technologies alimentaires. Faculté des sciences de l'ingénieur. Université BOUMERDES.**
- **AXELSSON, 1998. "Lactic acid bacteria: classification and physiology" Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspects. 2nd Edition, Marcel Dekker, New York, USA. 1998.**

### B

- **BEAL, C. et SODINI, I. Fabrication des yaourts et des laits fermentés, Techniques de l'Ingénieur f6315, Paris- France, 16 p. 2012.**
- **Béal et Sodini,2003. Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, Doc. F6315.**
- **BYLUND, G. Recombined milk products. In Dairy processing handbook - Tetra pak processing systems AB S - 221 86, Lund, Sweden. 37p .1995.**

## C

- **CODEX ALIMENTARIUS, 1975.-Normes n°A 11(A).- Rome :FAO/OMS.- 86p.**
- **Corrieu G. et Luquet F-M., (2005). Bactéries lactiques et probiotiques, édition Tec. et Doc.Lavoisier, Paris France, pp : 307.**

## D

- **DURSO, L et HUKINS, R. Starter cultures. Universitu of Nebraska, Linocoln, NE, USA. Elsevier Science Ltd. 2003.**

## E

- **ENEL E, S. ATAMER, M. GURSOY, A et OZTEKIN, F.S.Changes in some properties of strained (Suzme) goat's yoghurt during storage. Small Ruminant Research. 2011.**
- **Enkelejda, P. (2004). Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts espectifs sur la perception de la texture et de la flaveur. Thèse de doctorat en Science des Aliments. Institut national agronomique paris grignon. Pp205.**

## F

- **FAO.(1995). Lait et produits laitiers dans la nutrition humaine Collection FAO alimentation et nutrition N 028. Source**

## G

- **Georges corrieu et Luquet FM. (2008). Bactéries lactiques. De la génétique aux ferments. Ed : Lavoisier, Pp 549.**
- **Gosta, B. (1995). Manuel de transformation du lait. Ed Etatpack processing systems AB. Sweden.**
- **GÜRSOY, A. DURLU-ÖZKAYA, F. YILDIZ, F et ASLIM B. Set Type Yoghurt Production by Exopolysaccharide Producing Turkish Origin Domestic Strains of Streptococcus thermophilus (W22) and Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus (B3). KafkasUniversitesiVeterinerFakultesiDergisi. 2010.**

## H

- **Heertje, I., Visser, J., Smits, P. 1985. Structure formation in acid milk gels. Food Microstructure, 4, 267-277.**
- **Hassan, A. N., Frank, J. F., Farmer, M. L., Schmidt, K. A., Shalabi, S.I. 1995. Observation of encapsulated lactic acid bacteria using confocal scanninglaser microscopy. *Journal of Dairy Science*, 78, 2624- 2628**

## I

- **Iyer R, Tomar S. Kapila S, Mani J AND Singh R (2010). Probiotic properties of folate producing Streptococcus thermophilustrains. Food Research International 43 (2010) 103– 110.**

## J

- **JEANTET, R. CROGUENNEC, T. MAHAUT, M. SCHUCKP et BRULE, G. Les produits laitiers ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier: 1, pp 3-17. 2008.**
- **J.O.R.A, 1998..Arête interministériel de 23 juillet 1994. Relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires.**
- **J.O.R.A. N°86 du 18 Novembre 1998. (Article 2 Page 22) Arrêté interministériel du 16 jourmada-ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leurs mises à la consommation.**

## K

- **Kessler, H. G. 1998. The structure of fermented milk products as influenced by technology and composition. In Texture of fermented milk products and dairy dessert. Proceedings of the IDF Symposium. Vicenza, Italy, 5-6, May 1997, 93-105.**
- **KUIPERS, O.P. BUIST, G et KOK, J. Current strategies for improving food bacteria. Research Microbiology, 151, 815-822. thermophilus. Applied and Environmental Microbiology. 2000.**

## L

- **Lamontagne, M.(2002). Produits laitiers fermentés. In Science et technologie du lait :transformation du lait . Chapitre 8.Vignola C.I, Ed Presses internationales. Polytechnique, Pp93-139. 557.**
- **Loones, A. 1994. Laits fermentés par les bactéries lactiques. In**

**Bactéries lactiques : Aspects fondamentaux et technologiques. Vol 2. De Roissart, H. & Luquet, F. M. (Ed), Loriga, Uriage, 135-154.**

- **Luquet, (1985). Lait et produits laitiers : transformation et technologie. Ed. Techniques et Documentation Lavoisier .633.**
- **Luquet, F. M., Carrieu, G. 2005. Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires, Ed Lavoisier Tec et Doc, Paris, 307 p.**
- **Leory F., Degeest B. & De vuyst L (2002). A novel aerea of predictive modeling: Describing the functionally of beneficial micro-organims in foods. International Jornal of Food Microbiologie ,73 , 251- 259.**
- **Lucas, A., Sodini, I., Monnet, C., Joplivet, P., et Corrien, G. (2004). Probioticcell and acidification in fermented milks supplemented with milk protein hydrolysates. International Dairy Journal, 14, pp 47-53.**

## **M**

- **Michel, M., Romain, J., Gérard, B., Pierre S. (2000).les produits industrielles laitiers. EditionsTEC et DOC, 11 rus la voisier F-75008 paris, P175.**
- **Multon, J.L., 1991. Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Vol IV. Ed.Tech et Doc-Lavoisier, 121-137.**
- **Martin, M. (2004). Technologie des laits de consommation. Ed. Lait. Candia Direction développement technique. Pp135.**
- **Marty-Teyssset, C. etGarel, J.R. (2000). Increased production of hydrogen peroxide by Lactobacillus DelbrueckiisspBulgaricus**

**up on aeration. In: Involvement.**

**Applied environmental Microbiology, 66: 262-267.**

- **MONNET, V. LATRILLE, E. BEAL, C et CORRIEU, G.**  
**Croissance et propriétés fonctionnelles des bactéries lactiques. In**  
**: Corrieu G. et Luquet F.M. Bactéries lactiques de la génétique**  
**aux ferments. Tec etDoc, Lavoisier, Paris, France.**
- **Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G., Schuck, P. 2000. Les produits**  
**industriels laitiers. Tech&Doc, Lavoisier, Paris.**

## **N**

- **Nongonierma, A. B., Springett, M., Le Quéré, J. L., Cayot, P.,**  
**Voilley, A. 2006. Flavour release at gas/matrix interfaces of**  
**stirred yoghurt models. *International Dairy Journal*,16,102-110.**

## **O**

- **OLIVEIRA, M.N. SODINI, I. REMEUF, F. et CORRIEU, G. Effect**  
**of milk supplementation and culture composition on acidification,**  
**textural properties, and microbiological stability of fermented milks**  
**containing probiotic bacteria. *International Dairy Journal*. 2001**
- **Ozer, B.H., Robinson, R.K., Grandison, A. S., Bell, A. E. 1998.**  
**Gelation properties of milk concentrated by different techniques.**  
***International Dairy Journal*, 8, 793-799.**
- **Ono, T. et Obato, T. 1989. A model for the assembly of bovine casein**  
**micelles from F2 and F3.**  
***Journal of Dairy Research*, 56, 453-461.**

## **P**

- **.Paci Kora, E. 2004. Interactions physico-chimiques et sensorielles**  
**dans le yaourt brassé aromatisé : quels impact respectifs sur la**

perception de la texture et de la flaveur ? Thèse de doctorat de l'institut national agronomique de Paris-Grignon, science des aliments, 258p.

- **Pernoud, S., Schneid, C., Breton, S. (2005). Application des bactéries lactiques dans les produits frais et effet probiotiques. In bactéries lactiques et probiotiques .CoordLuquet F.M., Corrieug., Ed Tec et Doc, pp :235-260 .306p.**

## **R**

- **RUAS-MADIEDO, P. HUGENHOLTZ, J et ZOON, P. An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. International Dairy Journal. 2001.**

## **S**

- **Serra, M., Trujillo, A.J., Guamis, B., Ferragut, V. (2009). Evaluation of physical proprieties during storage of set and stirred yoghurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. Food hydrocolloids, 23: 82-91.**
- **Schkoda, A., Stumph, A., Kessler, H. G. 1998. Stability of texture of fermented milk products in relation to composition. In Texture of fermented milk products and dairy dessert. Proceedings of the IDF Symposium. Vicenza, Italy, 5-6 May 1997, 115-121.**
- **Sodini, I. et Beal, C. (2012). Fabrication des yaourts et laits fermentés. Techniques de l'Ingénieur (F 6315). Paris- France : Pp16**

## **T**

- **Tamime, A Y., Kalab, M., Davies, G. 1984. Microstructure of**

set-style yoghurt manufactured from cow's milk fortified by various methods. *Food Microstructure*, 3, 83-92.

- Tamime, A. Y., Robinson, R. K. 1985. Background to manufacturing practice. In *Yoghurt. Science and technology*. Tamime, A. Y. & Robinson, R. K. (Eds), Pergamon Press, Paris, 7-90.
- Tabak, S., 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 gastro-duodénales. Ed Nature et Technologie. pp 71-79.

## V

- VAILLANCOURT, K. BEDARD, N. BART, C. ROBITAILLE, M. TURGEON, N. et FRENETTE, M. Role of galK and galM in galactose metabolism by *Streptococcus thermophilus*. *Applied and Environmental Microbiology*. 2008
- Visser, J., Minihan, A., Smits, P., Tjian, S. B., Heertje, I. 1986. Effects of pH and temperature on the milk salts system. *Netherlands Milk Dairy Journal*, 40, 351-368



### **Historique de l'entreprise**

Le groupe FAIZ est familial, créé par le défunt père ZERIFI Boualeme en dans lequel les frères Abdelkader ,Mahfoud ,Mouloud ,et Samir ont créé les trois filiales :

- Fromagerie ZERIFI A
- Yaourterie FAIZ .
- Unité de production de boisson non gazeuse (cherbet)

Pour assurer la sécurité de ses produits, le groupe FAIZ procédé à des plans de contrôles très exigeants et rigoureux tout au long de ses processus de fabrication, celui des fromages, sauces, yaourts et boissons non gazeuses (cherbet), en constitue une étape primordiale.

Le groupe FAIZ a établi des critères spécifiques de contrôle qui fournissent toutes les informations nécessaires sur la qualité de ses produits ; il applique aussi les exigences réglementaires et normatives définies aux plans national et international sur ses produits.

Le groupe FAIZ a réussi à se développer parmi les marques, grâce à ses connaissances et sans campagne de publicité. Mais surtout, sans passer par les mécanismes d'aides et

de création d'entreprises .

Le groupe FAIZ s'approvisionne en matières premières auprès de divers importateurs. Ce groupe aspire à augmenter sa production et à la diversifier et s'apprête à lancer et à élargir sa gamme de produits d'un point de vue gustatif et qualitatif.



**Yaourt brassé FAIZ**



**Thermomix**



**Balance de précision à 0,1g (KERN)**



**Les étapes de fabrication de yaourt brassé dans SARL FAIZ**

**FAIZ LAIT ET PRODUITS LAITIERS**  
 ZIRIJE MAJROVIC  
 FABRICATION DE PRODUITS LAITIERS  
 CITE DES BARBETS CORSO  
 W-BOMBERDES  
 RC-04 A3631371 N°: 1972 1613 0299 422 ART N°: 3519019334

**Caracteristiques physico-chimiques :**

HUMIDITE	80	90 %
EXTRAIT SEC TOTAL	10	20 %
MATIERE GRASSE	2	2 %
ACIDITE	0.70	1 %
pH	3.5	4.5

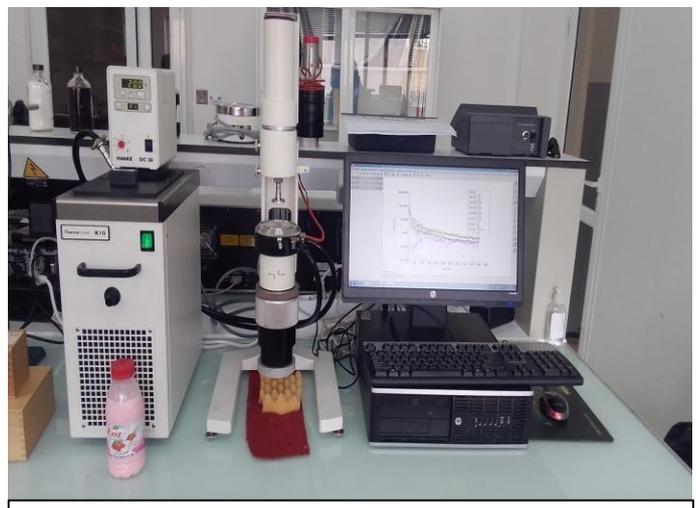
**Caracteristiques microbiologiques**

GERMES RECHERCHES	VALEUR INDICATIF
Enterobacteriaceae	10 <sup>10</sup> 10 <sup>7</sup>
Staphylococcus a coagulase	10 10 <sup>5</sup>
Salmonella	absence
Listeria monocytogenes	100

**Caracteristiques organoleptiques**

Aspect : VISQUEUX  
 Couleur : caractéristique au goût  
 Goût et odeur : caractéristique

**Fiche des résultats d'analyse**



**Viscometre (Rhéometre)**