

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

Université Saad Dahlab Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Agro-Alimentaire

Master 2

Spécialité : Agro-Alimentaire et Contrôle Qualité

Filière : Science Alimentaire

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Titre de mémoire

Contribution à l'étude de quelques caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du Yaourt enrichi en céréales commercialisés en Algérie.

Réalisé par :

BATACHE Hadjer

DJED Ikram

METLAINE Abderrahim

Devant le jury:

Mr. BOUGHERRA. F

President

MCB

Mme. ATTAL. F

Examinatrice

MAA

Mme. AISSAOUI .O

Promotrice

MCB

Année universitaire 2021-2022

Remerciements

Nous remercions en premier lieu, le bon Dieu, tout puissant, de nous avoir donné la santé, la force, le courage nécessaires et toute la patience pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier nos familles pour la motivation et l'encouragement pendant toute notre carrière éducative.

Un immense remerciement à notre encadreur Dr. AISSAOUI.O, pour l'honneur qu'elle nous a fait de nous encadrer, pour ses précieux conseils, ses orientations, sa disponibilité et son encouragement.

Nos gratitudee se dirigent également vers les membres de jury, le président Mr. BOUGHERRA. F, et l'examinatrice Dr. ATTAL .F qui ont bien voulu donné de leur temps pour examiner ce travail.

Nous adressons aussi nos plus vifs remerciements à Mme. KARA la directrice de laboratoire privé de koléa–Tipaza- pour son accueil au sein de son laboratoire, et aussi tout le personnel du ce laboratoire Mme. NESSRINE et Mme. KATIA pour leurs entières disponibilités et coopération lors de la réalisation de cette présente étude. Mr. ABDULLAH et Mr. le directeur d'institut des sciences et techniques appliquées (ISTA) BLIDA 1 et tout l'équipe de L'ISTA pour son accueil, et nous remercions Mr. BENALIA MOHAMED de l'école nationale supérieure agronomique (ENSA) pour tous ses efforts.

Enfin, à tous ceux et celles qui nous ont aidés de près ou de loin, qu'ils trouvent ici toutes notre sympathie et notre profonde gratitude.

ملخص لقد ركز هذا العمل على ثلاثة مجالات من البحث، الأول يتعلق بالتحاليل الفيزيوكيميائية لثلاث أنواع من الزبادي الممزوج (صومام، أكتيفيا)، والثاني يخص الاختبارات الميكروبيولوجية والأخير هو التقييم الحسي والغرض من ذلك هو الكشف عن جودة الزبادي المعمول عليها . التحليلات والنتائج التي تحققت خلال هذه الدراسة تشير إلى الأنواع التجارية الثنائية من الزبادي لها جودة غذائية و صحية مرضية ، حيث العلامة التجارية أكتيفيا لها نوعية حسية جيدة جدا ، تليها العلامة التجارية صومام . غير أن زبادي صومام لها قوام رديء. ولوحظ أن العلامة التجارية صومام لديها توظيف و تغليف هش قليلا وعلى عكس العلامة الأخرى .فيما يخص المحتوى من المادة الدسمة (صومام) مرتفعة.

الكلمات المفتاحية: الجودة، الزبادي الممزوج،تحاليل الفيزيوكيميائية،الميكروبيولوجية والحسية

Résumé : Notre travail s'articule autour de trois refaire de recherche, le premier visé l'analyse physico-chimique de trois produits de yaourt brassé enrichi en céréales (Soummam, Activia), le second sur le contrôle microbiologique et le dernier sur l'évaluation sensorielle. L'objectif est de détecter d'éventuelles différences dans la qualité des yaourts analysées Généralement les analyses effectuées et les résultats obtenus lors de cette étude indiquent que les yaourts des deux marques étudiées ont une qualité nutritionnelle et hygiénique satisfaisantes, dont les yaourts de la marque Activia ont une très bonne qualité organoleptique, suivi des yaourts de la marque Soummam. Cependant, le yaourt Soummam a une texture déclassée. Concernent le conditionnement, il est noté que le yaourt de marque Soummam ont un emballage un peu fragile contrairement à l'autre. La teneur en matière grasse (Soummam) est élevée.

Mots clés: la qualité, yaourt brassé, analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles.

Abstract: This work was articulated around three research orientations, the first relates to the physicom-chemical analysis of the three cereal-enriched stirred yoghurt products (Soummam, Activia), the second of microbiological controls and the last it is a sensory evaluation. The objective is to detect possible differences from the analyzed point of view the quality of yoghourts. Generally, the analyzes carried out and the results obtained during this study indicate that the yoghurts of the two brands studied have a satisfactory nutritional and hygienic quality, whose Activia brand yoghurts have very good organoleptic quality, followed by Soummam brand yoghurts. However, Soummam yogurthas a downgraded texture. Concerning the packaging, it is noted that the Soummam brand yogurt has a somewhat fragile packaging unlike the other. The fat content (Soummam) is high.

Key words: quality, brewed yoghourt, physicochemical, microbiological and sensory analyzes.

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Chapitre I: Etude Bibliographique	
I.1. Yaourt	4
I.1.1. Définition	4
I.1.2. Historique	4
I.1.3. Composition.....	6
I.1.4. Composition chimique du yaourt.....	7
I.1.5. Différents types du yaourt	7
I.1.6. Bactéries lactiques	8
I.1.7. Procédé de fabrication de yaourt	14
I.1.8. Qualité du yaourt	21
I.1.9. Structure et comportement rhéologique des yaourts	23
I.1.10. Intérêt nutritionnel	23
I.2. Céréales	24
I.2.1. Définition	24
I.2.2. Types.....	24
I.3. Yaourt enrichi	30
I.4. Yaourts commercialisés en Algérie	32
Chapitre II: Matériels et Méthodes	
II.1. Lieu de stage	34
II.2. Matériel utilisé	35
II.2.2. Matériel biologique.....	Erreur ! Signet non défini.
II.2.3. Matériel non biologique.....	36
II.3. Méthodes d'analyse	36
II.3.1. Échantillonnage	36
II.3.2. Analyses physico-chimique	37
II.3.3. Analyses microbiologiques.....	46
II.3.4. Analyses sensorielles	52
II.3.5. Etude statistique.....	53

Chapitre III: Résultats et Discussions

III.1. Résultats	54
III.1.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	54
III.1.2. Résultats des analyses microbiologiques.....	61
III.1.3. Résultats des analyses sensorielles	63
III.2. Discussion	64
III.2.1. Analyses physico-chimique	64
II.2.3. Analyses microbiologique	68
II.2.4. Analyses sensorielles	69
Conclusion	71

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Figure 1: Schéma général des classifications des laits fermentés	5
Figure 2: Flore bactérienne de yaourt <i>Streptococcus Thermophilus</i>	9
Figure 3: Flore bactérienne de yaourt <i>Lactobacillus Bulgaricus</i>	10
Figure 4: Schéma illustrant les interactions de <i>StreptococcusThermophilus</i> et <i>Lactobacillusbulgaricus</i> en culture mixte dans le lait	11
Figure 5: Diagramme de fabrication du yaourt ferme et brassé	14
Figure 6: Origine histologique de graine de blé	25
Figure 7: Composition moyenne d'un grain de blé	26
Figure 8 : Yaourts utilisés.....	36
Figure 9 : Diagramme représentant le protocole expérimental	37
Figure 10 : Rhéomètre	46
Figure 11 : Recherche et dénombrement des <i>Enterobacteriaceae</i>	48
Figure 12: Schéma de mode opératoire de la recherche de <i>Listeria monocytogenes</i>	51
Figure 13 : Résultats du suivi du pH de 3 yaourts pendant 30 jours.	54
Figure 14 : Résultat du suivi du l'acidité de trois yaourts	55
Figure 15 : Matière sèche total des trois yaourts.	55
Figure 16 : Résultats des taux de cendre des trois yaourts.	56
Figure 17 : Résultats de taux de BRIX des trois yaourts.	57
Figure 18 : Résultats de teneur en protéine des trois yaourts	57
Figure 19 : Résultats de teneur en matière grasse des trois 3 yaourts.....	58
Figure 20: Résultats de viscosité des trois yaourts	60
Figure 21 : Incubation et lecture des <i>Enterobacteriaceae</i> du 3 yaourts (original).	61
Figure 22 : Incubation et lecture des <i>Staphylocoque</i> à coagulase positive du 3 yaourts (original).	62
Figure 23 : Incubation et lecture de <i>Salmonelladu</i> 3 yaourts (original).	62
Figure 24 : Incubation et lecture de <i>Listeria monocytogenes</i> du 3 yaourts (original).	62

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition chimique du yaourt	7
Tableau 2: Exemple de spécification requise à réception du lait	15
Tableau 3: Impact des différentes techniques de traitement thermique sur les propriétés du lait et du yaourt affectant la saveur et la texture du produit fini	18
Tableau 4: Composition physico-chimique du yaourt	22
Tableau 5: Composition chimique du grain d'avoine	27
Tableau 6 : Conditions opératoires pour les esters méthylique	44
Tableau 7 : Les germes recherchés dans le yaourt	46
Tableau 8 : Résultats de profil en acides gras par CPG des trois 3 yaourts	59
Tableau 9 : Résultats des analyses microbiologiques des trois yaourts.....	61
Tableau 10 : Résultats sensoriels des yaourts.....	63

Liste des abréviations

ABS: Absence

AFNOR : L'Association française de normalisation

AGMI : acide gras mono insaturés

AGPI: acide gras poly insaturés

AGS : acide gras saturés

Aw: Activités d'eau

BP: Baird Parker

C°: celsius degré

CPG: Chromatographie en phase gazeuse

D°: degré dornic

DLC: Date limite de consommation

DM: dilution mère

FAO: Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

ISO : L'Organisation internationale de normalisation

J: Jour

JORA: Journal Officiel de la République Algérienne

Kcal: kilocalorie

KHz: Kilohertz

Lb: *Lactobacillus Bulgaricus*

Mg: Matière gras

MS: Matière sèche

NA: Norme Algérienne

NB : Note bien

NF : Norme français

Pa: Pascal

pH: Potentiel hydrogène

S: second

SFB: Bouillon sélénite

SNG: Solide non gras

ST: *Streptococcus Thermophilus*

TB: taux butyreux

TC: Taux de cendre

TSYEA: Gélose tryptone soja et extrait de levure

UFC : Unité formant colonie

UHT: Ultra haut température

VRBG: Violet Red Bile Glucose

Introduction

La tendance actuelle du marché des denrées alimentaires oblige les industriels à formuler constamment de nouveaux produits. Certaines de ces nouvelles technologies sont axées sur la modification de la texture du yaourt et l'amélioration de ses propriétés physico- chimiques et organoleptiques (**LUCEY, 2001**).

Le yaourt est l'un des aliments sains et nutritifs les plus consommés dans le monde (**ZHI et al., 2018**). Le yaourt a une meilleure digestibilité des protéines que le lait et de nombreux effets positifs sur la santé en apportant au corps humain des bactéries prébiotiques et probiotiques. De plus, en incorporant des fibres dans le yaourt, les chercheurs ont obtenu un moyen d'augmenter la consommation de ces derniers pour toute la population et ils ont développé un aliment fonctionnel avec une vaste gamme d'effets bénéfiques sur la santé. Plusieurs études ont rapporté une fortification prébiotique par l'ajout de fibres alimentaires dans le yaourt. La consommation de yaourt riche en fibres peut prévenir ou réduire l'obésité, le diabète, le cancer, l'hypercholestérolémie, la diverticulose colique et la constipation, la colite ulcéreuse, l'hypertension, les maladies coronariennes, mais aussi favorise la microflore intestinale et l'immunité gastro-intestinale (**RAMIREZ et al., 2010 ; DHINGRA et al., 2012 ; HOPPERT et al., 2013 ; SAH et al., 2016 ; DELLO et al., 2017 ; TOMIC et al., 2017**).

L'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) a été contrainte de recommander un apport quotidien moyen en fibres de 25 g (**EFSA, 2010**). Les fibres se trouvent dans la paroi cellulaire des légumes, des fruits ou des céréales. Ils comprennent les polysaccharides (pectines, cellulose et hémicelluloses). Bien que des fibres solubles et insolubles soient disponibles, les fibres insolubles sont généralement utilisées à des fins d'enrichissement des aliments (**HASHIM et al., 2009 ; SENDRA et al., 2010 ; SAH et al., 2015 ; TEJADA et al., 2016 ; DÖNMEZ et al., 2017**). De nombreuses études ont rapportées que les propriétés rhéologiques du yaourt sont affectées différemment selon le type et la source de fibres (**DELLO et al., 2004 ; HASHIM et al., 2009 ; LUANA et al., 2014 ; RAJU & PAL, 2014 ;**). Le rôle des fibres est l'augmentation de la capacité de rétention d'eau, la stabilisation du yaourt riche en matières grasses, l'amélioration des caractéristiques de viscosité et la capacité de formation de gel ce qui permettent le développement d'un yaourt enrichi en fibres avec une texture améliorée (**ESPIRITO et al., 2013 ; LAZARIDOU et al., 2014 ; BALTHAZAR et al., 2016 ; DELLO et al., 2017**).

SANZ et al., (2008), ont rapporté que l'enrichissement du yogourt avec des fibres d'avoine a permis le développement d'un produit sans diminution significative de la qualité sensorielle, mais avec une légère diminution de la texture. Cependant, **HASHIM et al., (2009)** ont rapporté que l'ajout de 0,5 % de β -glucane d'avoine ou d'inuline et de gomme de guar était efficace pour améliorer les propriétés viscoélastiques du yaourt. Les fibres d'avoine et de blé sont les matériaux auxiliaires les plus fréquemment utilisés dans l'industrie laitière, conduisant à des produits finis enrichis. Il a été prouvé que les fibres d'avoine (contenant du β -glucane, un polysaccharide non digestible) augmentent l'immunité, améliorent l'activité anticancéreuse et abaissent le cholestérol sanguin, les lipides et la glycémie. Sur le plan technologique, l'ajout de fibres d'avoine dans le yogourt a favorisé la création d'un bon produit fermenté, avec une légère modification de la saveur et de la texture (**DELLO et al., 2004 ; SANZ et al., 2008**).

Le son de blé est extrêmement riche en fibres, ainsi qu'en minéraux comme le potassium, le phosphore et le magnésium. La dextrine de blé, extraite de l'amidon de blé, est largement utilisée comme supplément en fibres dans les aliments transformés notamment pour sa contribution à la baisse du cholestérol et à la réduction du risque de diabète de type 2 et d'insuffisance coronarienne. Les fibres de blé améliorent les caractéristiques de qualité technologique des produits laitiers selon (**KRASAEKOOPT & WATCHARAPOKA, (2014)**). Compte tenu de ce fait, les fabricants sont intéressés par l'utilisation d'ingrédients naturels comme alternative aux stabilisants chimiques dans la fabrication des produits laitiers. La qualité du yaourt industriel variait considérablement avec la composition chimique du lait, la méthode de production, le type d'arôme ajouté et la nature du traitement post-incubation. La technologie du yaourt, la microbiologie de la culture starter et l'évaluation de la qualité sont d'importance primordiale de tout type de yaourt (**Khalid et al., 2008**).

Pour cela, la problématique de cette étude est posée comme suit ; **quelles sont les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des yaourts enrichis en céréales et commercialisés en Algérie ?**

À cet effet, nous envisageons une étude qui permet la mise en évidence des yaourts enrichis en céréales qui existent sur le marché Algérien.

La détermination des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des yaourts enrichis en céréales et commercialisés en Algérie. Pour cela, les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Recherche des yaourts enrichis en céréales commercialisés en Algérie.
- Étude des caractéristiques physico-chimiques des yaourts.
- Étude des caractéristiques microbiologiques des yaourts étudiés.
- Comparaison des yaourts entre eux.
- Comparaison des caractéristiques des yaourts enrichis en céréales fabriqués en Algérie avec son homologue fabriqué en France.

Chapitre I :
Etude
bibliographique

I.1. Yaourt

I.1.1. Définition

La dénomination yaourt (ou yoghourt) est réservée au lait fermenté obtenu, selon les usages légaux et constants, par le développement des bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent être ensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini jusqu'à la Date Limite de Consommation (DLC), à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme rapportées à la partie lactée. De plus, la quantité d'acide lactique libre contenue dans 100g de yaourt ne doit pas être inférieure à 0,7 g (Codex Alimentaire, 2011).

Les laits fermentés peuvent être classés en plusieurs catégories, selon le lait utilisé pour la fabrication, la teneur en matières grasses, les micro-organismes impliqués dans le processus de transformation, la texture et les caractéristiques aromatiques (Figure 1). Les différences entre les produits sont générées grâce aux propriétés des microorganismes, à la formulation du mix (lait standardisé) et aux modalités de conduite des étapes du procédé de fabrication. Dans tous les cas, les produits sont considérés comme des produits laitiers frais, soumis à une date limite de consommation. Ils doivent donc être maintenus au froid (moins de 5°C) et présenter une durée de vie limitée (généralement 28 jours)(BEAL et SODINI, 2003).

I.1.2. Historique

Le mot yaourt écrit également « yogurt » (en anglais) et « yaourt » (en français) est un terme utilisé par les populations turques nomades qui provient du verbe turc «de yogurmak », signifiant « cailler, épaissir, coaguler ». Au 20^{ème} siècle, STAMEN GRIERIE, un étudiant en médecine, a été le premier à découvrir la bactérie lactique *Lactobacillus Bulgaricus*, utilisée aujourd'hui dans la fabrication de yaourt (PAREDES, 2016).

Dans le sillage des découvertes de Louis Pasteur sur la fermentation lactique, de nombreux chercheurs s'intéressent aux micro-organismes présents dans le lait. En 1902, RIS et KHOURY, deux médecins français, isolent les bactéries présentes dans un lait fermenté égyptien. METCHNIKOFF (1845-1916) isole ensuite la bactérie spécifique du yaourt « le bacille bulgare », analyse l'action acidifiante du lait caillé et suggère une méthode de production sûre et régulière (ROUSSEAU, 2005).

Le lait fermenté est largement produit dans de nombreux pays. C'est l'un des plus anciens procédés utilisés pour prolonger la durée de conservation. Il a été pratiqué par les hommes depuis des milliers d'années. La source exacte du lait fermenté est difficile à déterminer, mais il est raisonnable de supposer qu'il existe depuis plus de 10 000 ans (SAVADOGO *et al.*, 2011).

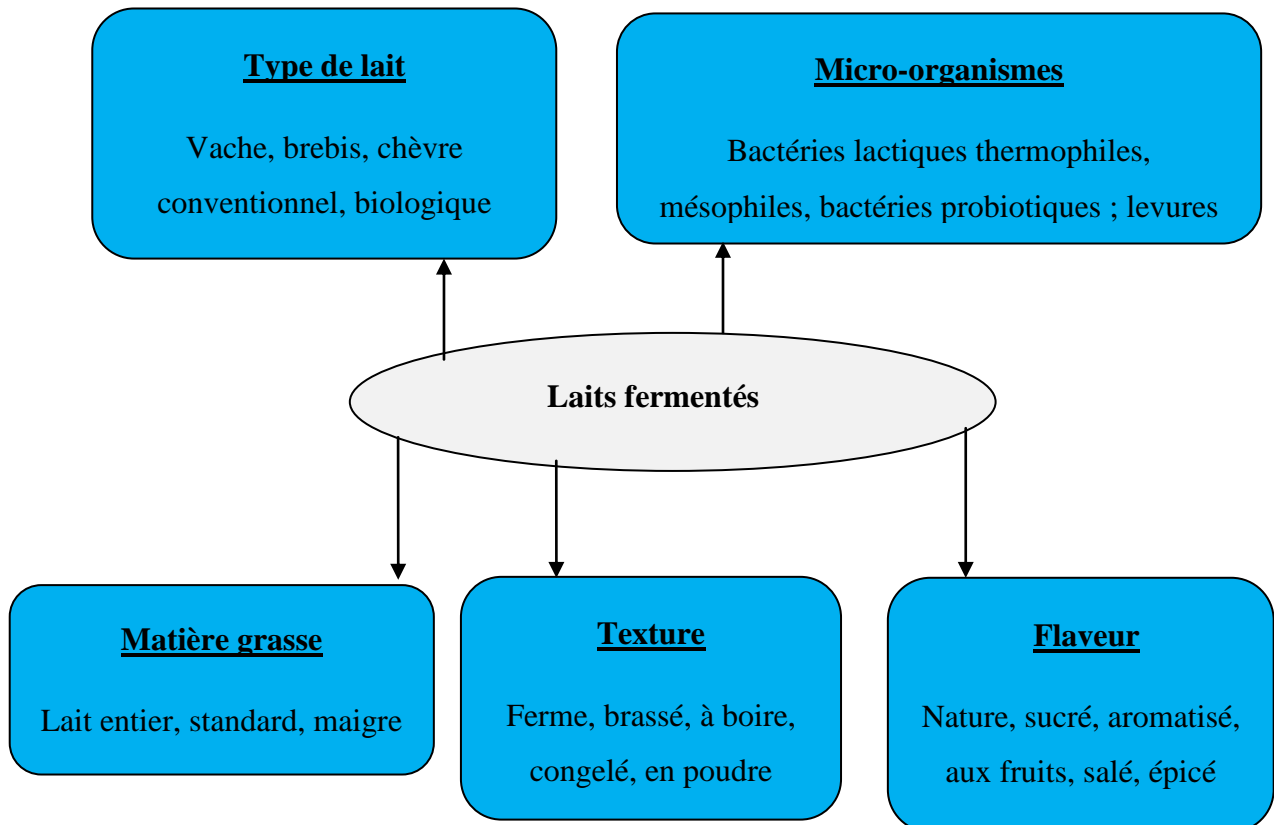


Figure 1: Schéma général des classifications des laits fermentés (BEAL et SODINI, 2003)

I.1.3. Composition

❖ Lait frais

La principale matière première utilisée pour la fabrication des yaourts est le lait de vache. Il est constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche en plus des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux (AMELLAL, 2008).

❖ Poudre de lait

L'industrie laitière en Algérie fonctionne essentiellement sur la base de matières premières importées (AMELLAL, 2008), c'est-à-dire de la poudre de lait qui est préparée essentiellement à partir d'un lait de vache frais récolté quotidiennement après écrémage et pasteurisation. Le lait ici est concentré puis séché, supplémenté en vitamines disponibles à la demande (VEILLEMARD, 1989).

❖ Eau

L'eau est l'une des matières premières de tous types de produits laitiers reconstitués et recombines. Elle doit être potable, de bonne qualité, dépourvue de microorganismes et d'un niveau de dureté acceptable (GOSTA, 1995).

❖ Additifs

En outre, d'autres composés sont rajoutés au mélange afin d'améliorer les caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles ainsi que la consistance du produit fini (yaourt). Ces composés comportent du sucre, les arômes, les épaississants, les stabilisants, ...(GOSTA, 1995).

Dans le cas des yaourts brassés sans matière grasse, des agents de texture (épaississants ou gélifiants) sont souvent ajoutés. Ils améliorent l'apparence, la viscosité et la consistance des yaourts. Les additifs les plus fréquemment utilisés sont : la gélatine, les alginates, les celluloses, les amidons et les pectines (AMELLAL, 2008).

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

I.1.4. Composition chimique du yaourt

La composition chimique du yaourt est représentée dans le **tableau 1**.

Tableau 1:Composition chimique du yaourt (ECK, 1975)

YAOURT	COMPOSITION				
	Energie (Kcal)	Eau (g/100g)	Protéines (g/100g)	Glucides (g/100g)	Lipides (g/100g)
Yaourt nature au lait entier	70.6	86.5	3.8	5	3.6
Yaourt nature au lait entier partiellement écrémé	47.7	88.2	4	4.8	1.02
Yaourt nature 0% au lait écrémé	42	88.6	4.4	5.1	0.07
Yaourt aromatisé sucré au lait demi-écrémé	84.8	81.1	3.1	14.2	1.4
Yaourt aux fruits sucre au lait demi-écrémé	91.8	77.6	3.2	15.2	1.69

I.1.5. Différents types de yaourt

Les yaourts sont classés selon plusieurs paramètres à savoir la texture, le gout, la teneur en matière grasse, la présence de bactéries lactiques,

I.1.5.1. Selon le mode de présentation (texture)

Il existe trois types de yaourt (ERIK, 2011).

- ❖ Yaourt ferme ou étuvé : Il se caractérise par une fermentation directe dans unpot, généralement du yaourt naturel et aromatisé.
- ❖ Yaourt brassé : la fermentation se fait dans de grandes cuves avant le brassage et le conditionnement, c'est le cas des yaourts veloutés naturels ou aux fruits.

La fabrication de ces deux types de yaourts peut être à base de lait entier, partiellement écrémé ou totalement écrémé (ERIK, 2011).

- ❖ Yaourt à boire : Le yaourt à boire est un lait fermenté brassé de faible viscosité, généralement aromatisé avec du jus de fruits ou de la purée. Il est consommé comme boisson rafraîchissante plus que nourrissant (HAMMADI, 2016).

I.1.5.2. Selon la teneur en matière grasse

On distingue trois types de yaourt (CIDIL, 2009) :

- Yaourt maigre : Ce type de yaourt renferme moins de 1% de matière grasse.
- Yaourt partiellement écrémé : Contenant entre 1 à 3% de matière grasse.
- Yaourt entier : Ce type de yaourt contient au maximum 3 à 3,5% de matière grasse

I.1.5.3. Selon le gout

Selon HAMMADI, (2016), les différents types de yaourts sont.

- Yaourt naturel (sans addition).
- Yaourt sucré.
- Yaourt aux fruits, miel, céréales et à la confiture : moins de 30% d'éléments ajoutés.
- Yaourt aromatisé : arôme naturel ou synthétique autorisé par la législation.

I.1.6. Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont des cellules vivantes, procaryotes, gram-positives, hétérotrophes et chimio-organotrophes. Elles sont le plus souvent immobiles, jamais sporulées, à catalase et oxydase négative, anaérobies facultatives et micro aérophiles (TAILLIEZ, 2001). Les bactéries lactiques sont dites homofermentaires lorsque l'acide lactique est le seul produit formé; par contre elles sont hétérofermentaires lorsque d'autres composés comme l'éthanol et le CO₂ sont produits en même temps.

I.1.6.1. Rôles bénéfiques des bactéries lactiques sur la santé humaine

De nombreux auteurs se sont intéressés à étudier d'une part l'influence d'une alimentation à base de produits riches en cultures de microorganismes sur l'écologie du tube digestif, et d'autre part à l'influence de des produits laitiers contenant des cultures de micro-organismes sur la santé humaine plus précisément les yaourts et ses ferments vivants (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*)(WOOD, 1992 ; MARTEAU et RA., 1998 ; SOOMRO et MASUD, 2002).

I.1.6.2. Bactéries lactiques du yaourt

➤ *Streptococcus Thermophilus*

Streptococcus thermophilus est une coque à gram positif, non mobiles, appartenant à la famille des *Streptococcaceae*. Généralement regroupées en paires et surtout en chaînes, de longueur variable. elles sont présentes dans les laits fermentés et les fromages (SAVADOGO et al., 2011, BOUCHEFRA, 2012, ALIOUANE et RABEHI, 2017).

La fonction principale de *Streptococcus thermophilus* est de fermenter le lactose du lait en acide lactique. Outre son pouvoir acidifiant, elle est également responsable de la texture du lait fermenté. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (composés de galactose, glucose, ainsi de petites quantités de rhamnose, arabinose et de mannose) (ALIOUANE et RABEHI, 2017).

St. thermophilus est une sorte de bactérie lactique dérivée de produits laitiers qui présente une importance économique (SAVADOGO et al., 2011).

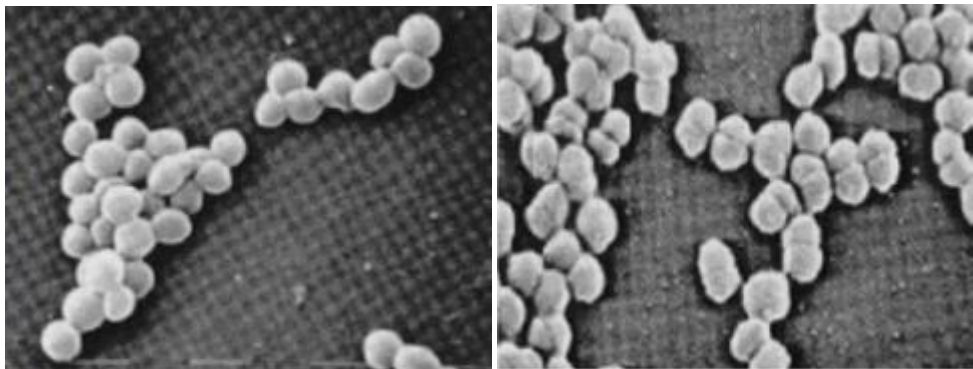


Figure 2: Flore bactérienne de yaourt *Streptococcus Thermophilus* (FEUTRY, 2005).

➤ *Lactobacillus Bulgaricus*

Lactobacillus Bulgaricus est une bactérie micro-aérobie Gram-positif, thermophile, immobile et sporulée. Elle est isolée sous forme de bâtons ou de chaînes. Elle a une fonction stricte de fermentation et de métabolisme et produit exclusivement de l'acide lactique à partir de sucre (l'hexose) comme produit final principal. Elle est incapable de fermenter les pentoses (AMRANE, 2001). Elle est très exigeante en calcium et en magnésium et sa température de croissance optimale est d'environ 42°C. Les bactéries

jouent un rôle important dans le développement des qualités sensorielles et hygiéniques du yaourt (MARTYTEYSSET *et al.*, 2000).

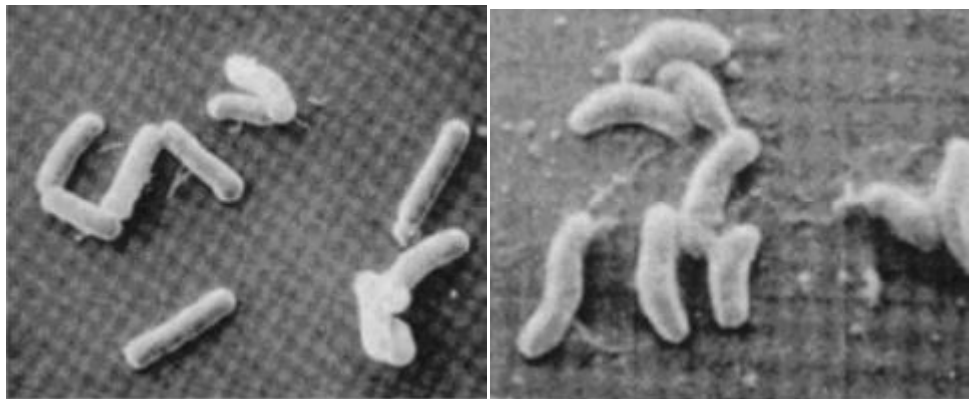


Figure 3: Flore bactérienne de yaourt *Lactobacillus Bulgaricus* (FEUTRY, 2005)

I.1.6.3. Comportement associatif de deux souches

Lors de la production de yaourt l'utilisation combinée des deux espèces de bactéries lactiques : *Streptococcus Thermophilus* et *Lactobacillus Bulgaricus*, permet de valoriser l'interaction indirecte positive existante entre elles. Cette interaction appelée protocoopération (MEGHACHOU, 2013). Cette relation positive a souvent un effet bénéfique sur la croissance bactérienne et sur la production de l'acide lactique et de composés aromatiques (COURTIN et RUL, 2004).

En effet, *Streptococcus Thermophilus* produit l'acide pyruvique, l'acide formique et le CO₂ qui stimulent la croissance de *Lactobacillus Bulgaricus*. À son tour, *Lactobacillus Bulgaricus* produit des acides aminés et des peptides qui stimulent la croissance de *Streptococcus Thermophilus*, car *Lactobacillus Bulgaricus* présente une activité protéolytique plus élevée que celle de *Streptococcus Thermophilus*(COURTIN et RUL, 2004).

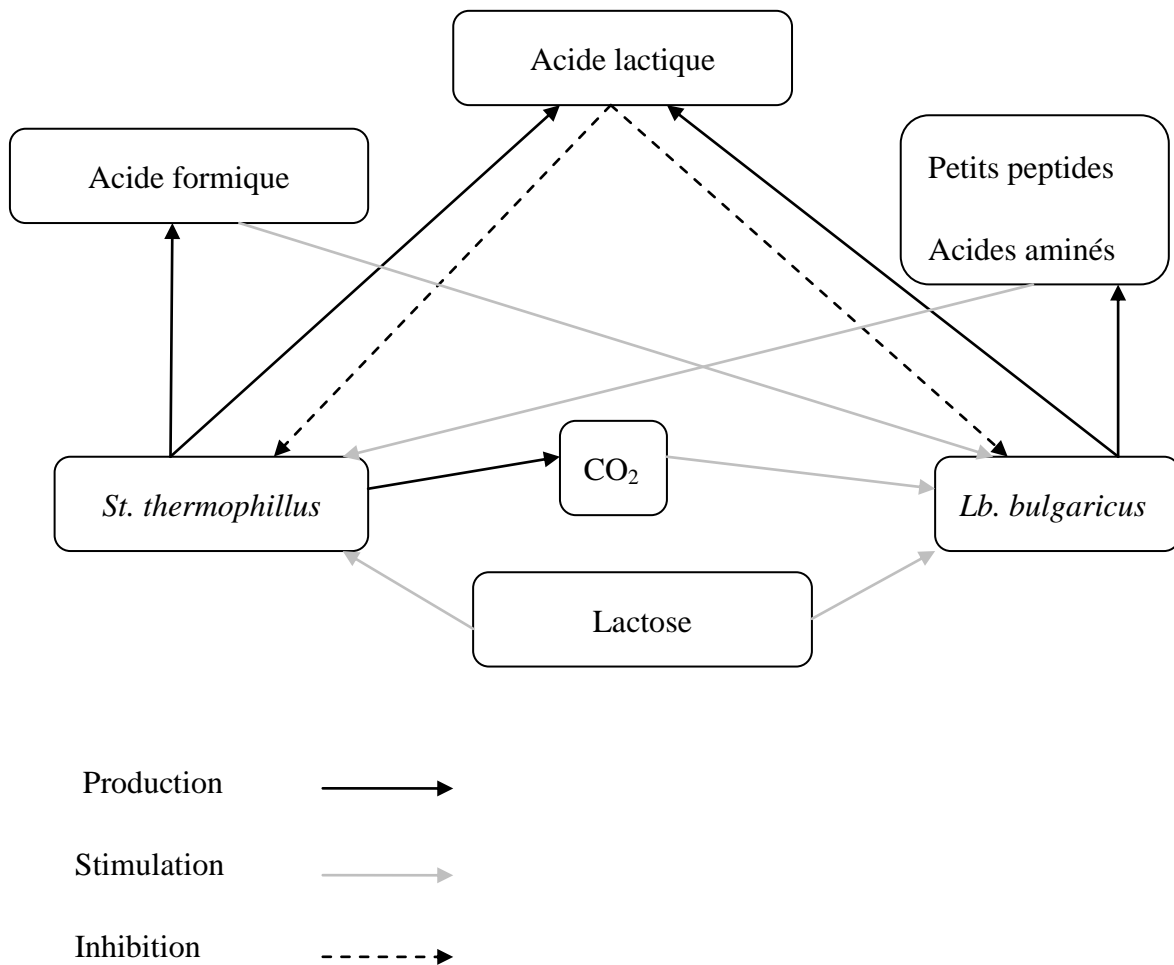


Figure 4: Schéma illustrant les interactions de *Streptococcus Thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* en culture mixte dans le lait (MAHUT et al., 2000).

I.1.6.4. Principaux facteurs influençant le métabolisme des bactéries lactiques

La croissance et l'acidification des bactéries lactiques sont fortement influencées par des facteurs physiques, chimiques et microbiologiques. En outre les effets de ces facteurs peuvent interagir ensemble sur leur activité métabolique.

I.1.6.4.1. Facteurs physiques

- **La température :** est le premier facteur environnemental à considérer pour le développement des bactéries lactiques. Elle agit sur les vitesses des réactions chimiques et biochimiques. Elle doit être aux alentours de 30°C pour les bactéries mésophiles et de 42°C pour les espèces thermophiles (BEAL et SODINI, 2003).
- **L'activité de l'eau (aw) :** est liée à la présence de sels ou de sucres. Lorsqu'elle diminue la quantité d'eau libre décroît et la disponibilité des nutriments est affectée.

Concernant les laits fermentés, seule la présence de saccharose (cas des yaourts sucrés) peut diminuer l'*aw*. C'est le cas lorsque cette dernière devient inférieure à $aw < 0,99$, correspondant à une concentration en saccharose de 10 %, l'activité métabolique des bactéries est affectée (**TAMIME et ROBINSON, 1985**).

I.1.6.4.2. Facteurs chimiques

➤ **Qualité du lait**

La quantité du lait est un facteur d'influence prépondérante pour le développement des bactéries lactiques. Si les teneurs initiales en nutriments à savoir le lactose et les sels minéraux sont suffisantes dans le lait. Ce n'est pas le cas de la fraction azotée libre (acides aminés et oligopeptides). La limitation en certaines molécules peut constituer un frein à la croissance.

➤ **Traitement thermique**

Le traitement thermique subi par le lait avant l'étape de fermentation agit favorablement sur le métabolisme bactérien. En effet, outre son rôle principal de destruction des micro-organismes indésirables et pathogènes (**BOUDIER, 1990**), il permet de détruire les principales substances antibactériennes naturellement présentes dans le lait (agglutinines, lactoperoxydases) ce qui favorisera la croissance bactérienne (**FARKYE et IMAFIDON, 1995**). De plus, il génère de faibles quantités d'acide formique à partir du lactose, ce qui stimulera la croissance des lactobacilles (**LOONES, 1994**). Enfin, il contribue à l'augmentation de la teneur du lait en petits peptides et en acides aminés libres.

➤ **pH**

Le pH est le troisième facteur chimique important pour la croissance des bactéries lactiques. Il intervient sur la disponibilité en nutriments du milieu, sur la perméabilité de la membrane cellulaire et sur les vitesses d'activité enzymatique. Lors de la production de yaourt, il évolue librement vers un pH acide, et représente donc un facteur majeur de ralentissement du métabolisme bactérien (**BEAL et SODINI, 2003**).

I.1.6.4.3. Facteurs microbiologiques

➤ **Taux d'ensemencement**

Le taux d'ensemencement du lait avec les bactéries lactiques influence fortement sa transformation. Plus il est élevé, plus la fermentation est rapide. Généralement, ce taux se situe autour de 10^9 UFC/ml (UFC : unités formant colonie) pour obtenir simultanément des durées de fabrication courtes et limiter le coût d'achat des ferments. Pour un ensemencement direct cela correspond à un taux d'inoculation compris entre 2,5 g et 70 g pour 100 L de lait selon l'espèce bactérienne considérée (**BEAL et CORRIEU, 1991**).

➤ **Equilibres de population**

Les équilibres de population agissent également sur les cinétiques microbiennes. Ainsi dans le cas de la fabrication du yaourt, la durée de la fermentation varie selon la valeur initiale du rapport entre streptocoques et lactobacilles, même si en fin de culture les *streptocoques* sont toujours majoritaires. Pour le yaourt, la proportion entre *streptocoques* et *lactobacilles* habituellement préconisée est de 1:1 mais elle dépend fortement des souches en présence (**BEAL et CORRIEU, 1991**).

I.1.7. Procédé de fabrication de yaourt

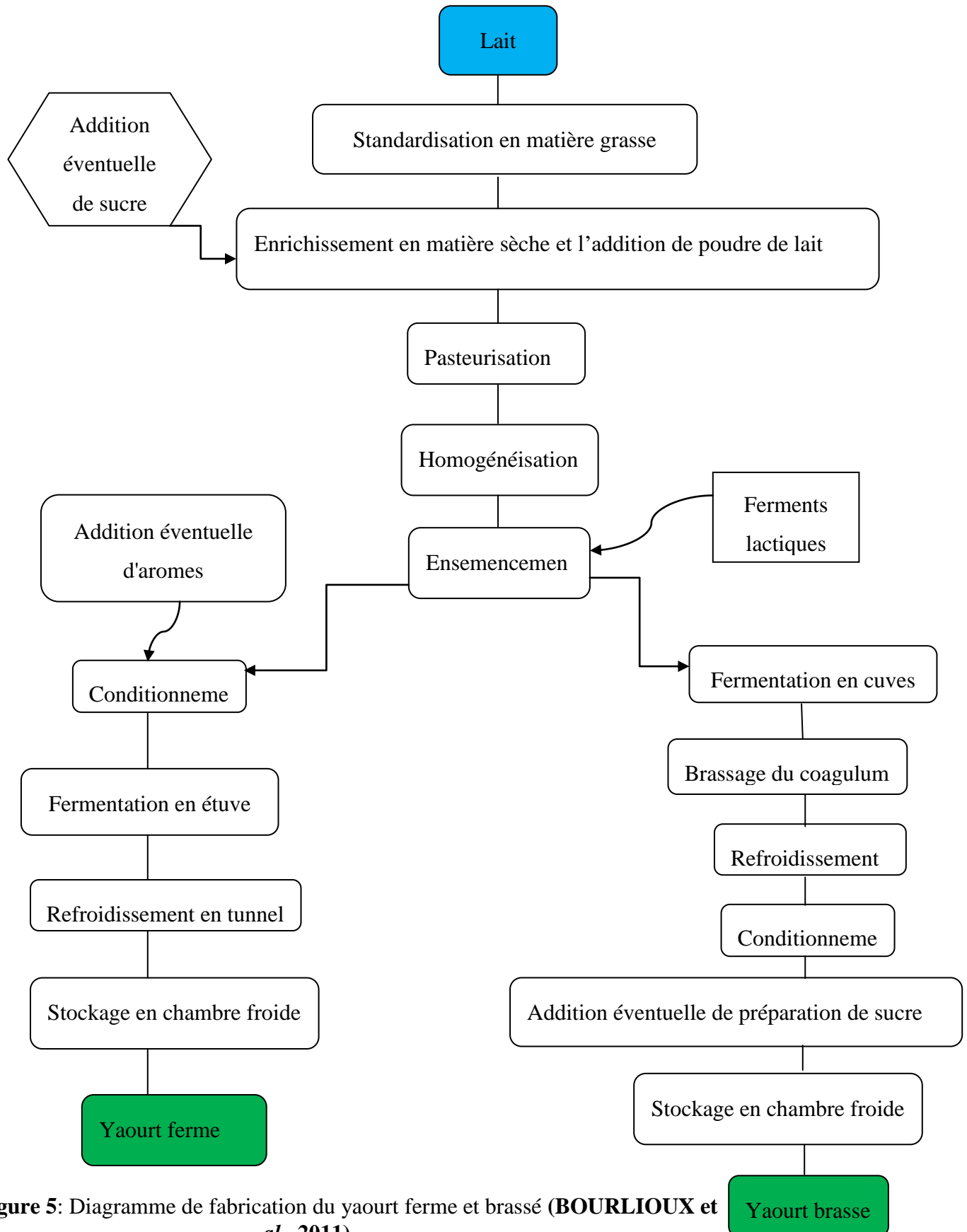


Figure 5: Diagramme de fabrication du yaourt ferme et brassé (BOURLIOUX et al., 2011)

✓ **Réception du lait**

Le lait frais, collecté au plus tard 72 h après la traite, arrive en camions-citernes réfrigérés à l'unité de production. Il est contrôlé lors de la réception, la température de transport, le nombre de germes totaux et de cellules somatiques, ainsi que l'acidité titrable renseignent sur sa qualité sanitaire. L'analyse de sa densité, de son point cryoscopique, de sa composition en matières grasses et en matières azotées (**Tableau 2**), ainsi que le dépistage des antibiotiques permettent d'apprécier sa qualité technologique. Puis stocké à froid ($< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) dans des tanks stériles. (**BEAL et SODINI, 2003**).

Tableau 2: Exemple de spécification requise à réception du lait (**BEAL et SODINI, 2003**).

Critère	Valeur
Température à réception	$< 10^{\circ}\text{C}$
Germes totaux	$\leq 10 \frac{\text{UFC}}{\text{mL}}$
Cellules somatique	$\leq 4.0 \times 10^5 \frac{\text{cellules}}{\text{ml}}$
Acidité titrable	Acide lactique $\leq 2 \frac{\text{g}}{\text{L}}$
Composition chimique	Matières grasses $\geq 3 \frac{\text{g}}{100\text{g}}$
	Matière azotées $\geq 3 \frac{\text{g}}{100\text{g}}$
Substances inhibitrices	$\leq 0.004 \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}}$

✓ **Standardisation des teneurs des constituants du lait**

La première étape de fabrication des yaourts est la standardisation de la teneur en matière grasse (MG) et en protéines du lait. La teneur en MG du lait est ajustée à une valeur $< 0,5\%$, pour le lait écrémé, entre $1,5\%$ et 2% , pour le lait demi-écrémé, et à $3,5\%$ pour le lait entier. Dans le produit fini, cette teneur varie de $0,1\%$ à 10% selon les attentes des consommateurs. Pour atteindre la teneur souhaitée, les industriels procèdent soit à l'ajout de lait écrémé ou de MG laitière, soit à la séparation des MG du lait par centrifugation et mélange de crème au lait écrémé (**TAMIME&ROBINSON, 2007**). La standardisation de la teneur en MG est un élément primordial du procès de fabrication du

yaourt, car cette teneur joue un rôle sur les caractéristiques texturales et aromatiques de ce dernier (**SHAKER et al., 2000**). De plus, elle a un impact sur la vitesse maximale de diminution du pH pendant la fermentation du produit et sur la texture (**SOUKOULIS et al., 2007**).

La deuxième variable est la teneur en solides non gras (SNG). Les composants du SNG du lait sont : le lactose, les protéines et les minéraux. La teneur de ces derniers peut varier et être modifiés pour obtenir les caractéristiques désirées du coagulum. A une teneur élevée en SNG, la fermeté du yaourt augmente. Le lait pour la production des yaourts peut être enrichi en poudre de lait, en concentrés de protéines de lactosérum ou en poudre de caséines, pour obtenir la teneur désirée et augmenter la fermeté du yaourt. De plus, une augmentation de la teneur en SNG peut allonger la durée de fermentation en modifiant le pouvoir tampon du lait (**KRISTO et al., 2003**).

✓ **Homogénéisation du lait**

Après la standardisation des teneurs en matière grasse et protéines, le lait subit une étape d'homogénéisation. Elle est réalisée pour empêcher notamment la séparation de la matière grasse au cours du stockage, diminuer la taille des gouttelettes de matière grasse et accroître la blancheur du lait (**LUCEY & SINGH, 1998**). L'homogénéisation du lait peut être réalisée par l'application d'une pression, d'un écoulement à grande vitesse du lait ou de vibrations à haute fréquence (> 10 kHz). L'application d'une pression, permet de réduire le diamètre des gouttelettes de matière grasse de 2-10 μm à 0,1-1 μm et de modifier la composition de la membrane des gouttelettes. La surface de la phase lipidique augmente de façon inverse à la taille, et l'interface avec la phase aqueuse est principalement couverte par des caséines, ce qui permet de stabiliser les globules nouvellement formés (**CANO & RICHTER, 1997**). De plus, il a été montré que la réduction de la taille des gouttelettes de matière grasse et les altérations de la membrane suite à l'homogénéisation contribuent à la stabilité du lait (**AGUILERA & KINSELLA, 1988**). Cela facilitent l'incorporation de la matière grasse dans le réseau protéique en favorisant les interactions entre la caséine et la matière grasse lors de l'acidification (**SINGH et al., 1999**).

✓ **Traitement thermique du lait**

Le lait est soumis à un traitement thermique qui peut être assuré avec une durée variable et à une température située au-dessus de la température de dénaturation des

protéines sériques. Les effets recherchés sont surtout l'élimination des microorganismes pathogènes et la plus grande partie de la flore banale, ainsi que la dénaturation thermique d'une part importante des protéines du lactosérum et leur agrégation entre-elles ou sur les micelles de caséines. Le **Tableau 3** regroupe les caractéristiques des traitements thermiques les plus couramment appliqués après l'homogénéisation ainsi que leurs effets sur le lait et les yaourts. Ils sont classés en fonction de la durée, de la température et des effets sur le lait et le yaourt, parfois non bénéfiques dépendent surtout de ces deux paramètres technologiques (**TAMIME & ROBINSON, 2007 ; SFAKIANAKIS & TZIA, 2014**).

Les agents pathogènes peuvent se développer dans le lait en raison de la mauvaise pratique d'hygiène ou de la défaillance du matériel au cours des étapes préalables de traitement. Ceux-ci peuvent facilement être détruits par un traitement thermique, garantissant un lait sans danger pour la consommation. La plupart des agents pathogènes résistants à la chaleur ne sont pas présents dans le lait ou sont moins nombreux que d'autres microorganismes endogènes. Ils sont aussi détériorés avant que leur présence soit suffisante pour causer des problèmes de santé pour le consommateur (**SFAKIANAKIS & TZIA, 2014**).

De plus, le pH d'un système laitier au moment du traitement thermique a un effet important sur la dénaturation des protéines du lactosérum. Il a été démontré que le pH peut affecter la dénaturation de ces dernières à des températures de traitements thermiques modérés, c'est-à-dire 80 °C avec le taux de dénaturation est plus faible à un pH inférieur à 6,5 que pour un pH de 7,1 (**VASBINDER & DEKRUIF, 2003 ; ANEMA & LI, 2015**). Le traitement thermique peut également affecter le pH et la saveur du lait. L'Impact de traitement thermique sur les propriétés du lait et du yaourt affectant la saveur et la texture. Ces modifications sont résumées dans le **Tableau 3**.

Tableau 3: Impact des différentes techniques de traitement thermique sur les propriétés du lait et du yaourt affectant la saveur et la texture du produit fini (SFAKIANAKIS & TZIA, 2014).

Traitement de lait	Description du traitement	Effet sur le lait	Effet sur le yaourt
Thermisation	Chauffage à 60-69 °C pendant 20-30 s	Destruction/élimination de bactéries résistantes à la chaleur. Inactivation de plusieurs enzymes	Aucun effet significatif.
Pasteurisation à basse température	Chauffage à 63-65 °C pendant 20 min ou 72-75 °C pendant 15-20 s (HTST : pasteurisation éclair)	Destruction/élimination de la plupart des bactéries pathogènes et végétatives, levures et moisissures. Dénaturation de plusieurs enzymes et protéines du lactosérum.	Légère augmentation de la viscosité et de la fermeté.
Pasteurisation à haute température	Chauffage à 85 °C pendant 20-30 min ou 90-95 °C pendant 5 min.	Destruction/élimination de la plupart des microorganismes végétatifs, sauf les spores. Désactivation de la plupart des enzymes et dénaturation de la plupart des protéines de lactosérum. Développement de saveur "cuite".	Forte augmentation de la viscosité et de la fermeté.
Stérilisation	Chauffage à 110 °C pendant 30 min ou 130 °C pendant 40 s.	Extermination des microorganismes. Désactivation de la plupart des enzymes et dénaturation des protéines de lactosérum et agrégation des micelles de caséines et des globules gras. Diminution de la saveur "douce". Brunissement (réaction	Incorporation de protéines de lactosérum dans la matrice de caséine. Forte augmentation de la viscosité et de la fermeté. Brunissement.

		de Maillard).	
UHT (UltraHaute Température)	Chauffage à 145 °C pendant 1-2 s	Extermination des microorganismes. Détérioration de la saveur douce. Dénaturation des protéines de lactosérum (β-Ig, BSA, plusieurs immunoglobulines). Développement de "off-flaveurs". Brunissement.	Augmentation de la viscosité et de la fermeté. Brunissement.

✓ **Refroidissement**

Dans certains cas, en production de yaourt, le lait est refroidi à 4°C, avant inoculation, il peut être alors conservé quelques heures dans des cuves à basse température, il est ensuite porté à la température de fermentation après inoculation au moment du conditionnement, par des systèmes de chauffage spécifique, étalonnés par rapport à la conditionneuse, cette méthode permet plus de souplesse et limite les pertes en cas de panne de la conditionneuse (**BEAL et SODONI, 2012**).

✓ **Inoculation avec des cultures bactériennes**

Cette étape permet l'acidification du produit pour atteindre un pH de 4,6. Au cours de cette étape, les caractéristiques du yaourt comme la texture et la saveur se développent. L'étape d'incubation dure plusieurs heures selon la quantité de bactéries ajoutées et l'aptitude du mélange des deux bactéries, le streptocoque (ST) et le lactobacille (LB), à acidifier rapidement le lait. La bactérie ST est une bactérie Gram-positif avec une température optimale de croissance de 35-53 °C, tandis que la LB est une bactérie anaérobie Gram-positif dont la température optimale de croissance est de 40-44 °C. LB peut produire de très grandes quantités d'acide lactique en métabolisant le lactose, ce qui entraîne l'acidification et la prise en masse du lait due à la précipitation des caséines et à la formation d'un gel lisse homogène, le coagulum (**FAO, 2003**).

Les deux espèces bactériennes présentent une synergie dans le lait. Lorsque le pH approche du 5, l'activité de ST diminue et LB domine progressivement le processus de fermentation jusqu'à ce que la valeur de pH souhaitée soit atteinte et que le processus de fermentation cesse. La fermentation peut s'arrêter en abaissant la température à 4 °C. À

cette température, les bactéries sont encore vivantes, mais leur activité est considérablement limitée (**LUCEY & SINGH, 1998**).

La croissance bactérienne induit des changements dans les composants natifs du lait qui sont responsables des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles du yaourt. Pendant la fermentation, le lactose, les protéines du lait, ainsi que plusieurs composés carbonés subissent des changements majeurs, tandis que des changements mineurs surviennent pour les vitamines et les minéraux (**SFAKIANAKIS & TZIA, 2014**).

✓ Réchauffage

La température optimale de développement se situe selon les auteurs de 37 à 46°C pour les *Streptococcus thermophilus* et de 42 à 50°C pour les *Lactobacillus bulgaricus* (**MAHAUT et al., 2005**). Le mix laitier est porté à la température de fermentation (42-45°C) par réchauffage en ligne (**LUQUET et CORRIEU, 2005**).

✓ Conditionnement et stockage

Les yaourts en général, conditionnés dans les pots en verre ou en plastique, sont stockés dans les chambres froides à 4°C, en passant au préalable dans des tunnels de refroidissement.

A ce stade, ils sont prêts à être consommés, La durée limite de leur consommation est de 28 jours. Pendant le stockage. Les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite, cette évolution est appelée post-acidification, se traduit par une légère baisse de pH; surtout pendant les 2 premiers jours de stockage (**MAHAUT et al., 2000**).

Pour les yaourts brassés, l'inoculation se fera dans de grandes cuves, suivie des mêmes conditions d'incubation que pour les yaourts fermes. Un refroidissement à 20-28°C est effectué avant la mise en pot et l'ajout d'arômes ou de fruits. Vient ensuite également un refroidissement rapide et un stockage à une température inférieure à 7°C (**HANSEN, 2011**). Finalement, les pots de yaourts sont entreposés au réfrigérateur jusqu'à l'expédition.

Selon le type de yaourt, l'adjonction de sucres, de fruits, d'arômes et d'édulcorants se fait avant ou après fermentation (**SYNDIFRAIS, 1997**).

Puisque le yaourt contient des cultures actives, l'entreposage à 4°C est important pour maintenir au minimum l'activité métabolique bactérienne, et ainsi prolonger la durée de vie du produit. De plus, les manipulations subséquentes au traitement thermique du lait

durant le processus de production amènent un risque de post-contamination microbienne. L'entreposage du yaourt à 4°C sert donc également à prévenir le développement de microorganismes contaminants, pouvant altérer le produit ou causer des toxi-infections alimentaires (MOINEAU, 2017).

I.1.8. Qualité du yaourt

I.1.8.1. Qualité hygiénique

Selon la norme nationale de 1998-N°35 publié au journal officiel, le yaourt ne doit contenir aucun germe pathogène.

Le traitement thermique du lait avant la fabrication du yaourt est suffisant pour détruire ou non les micro-organismes pathogènes non sporulés. Leur présence dans le yaourt ne peut être que de manière accidentelle. Les levures et moisissures se développeront dans le yaourt. Celles-ci proviennent principalement de l'air ambiant et la contamination se situe au stade du conditionnement (LARPENT et BOURGEOIS, 1995).

I.1.8.2. Qualité nutritive

La valeur nutritionnelle du yaourt résulte de la composition du lait après sa modification, donc selon BEAL et SODINI,(2012),

Le yaourt est :

- Une bonne source de protéines.
- Une bonne source de minéraux, comme le calcium.
- Une bonne source de molécules biologiques, comme les vitamines (vitamine de groupe B et vitamine D) ou les facteurs de croissance (acides gras essentiels, acides aminés,...)

I.1.8.3. Qualité organoleptique

De nos jours, l'analyse sensorielle reste une méthode indispensable pour évaluer la qualité des aliments. Elle est étroitement liée à la caractérisation des propriétés physico-chimiques. Elle peut être un outil de contrôle de la qualité et la formulation des produits transformés (KORA, 2004 ; SAHAN *et al.*, 2008):

- La saveur d'un yaourt est formée par des composants volatils par fermentation et / ou dégradation thermique de certains constituants du lait, un des plus importants composants aromatiques du yaourt est l'acétaldéhyde, pour une saveur optimale de

ce dernier, la concentration en acétaldéhyde devrait se situer entre 23 et 41 mg / kg de yaourt.

- Pour l'arôme du « yaourt », l'acétaldéhyde est considéré comme le principal composé d'arôme, mais la 2, 3 pentanes dionée, le diméthyle sulfure, le limonène ont également un impact. De plus, de nombreuses notes aromatiques supplémentaires peuvent être ajoutées au yaourt en ajoutant des composés aromatiques et/ou des produits à base de fruits.
- La texture est définie comme l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit, perceptibles par les mécanorécepteurs.

I.1.8.4. Qualité physico-chimique

D'après LAURENCE et COHEN, (2004), la composition du yaourt est résumée dans le **tableau 4**.

Tableau 4: Composition physico-chimique du yaourt (LAURENCE et COHEN, 2004).

Caractéristiques	Compositions
Protéine	4%
Lipides	0-4g
Cholestérol	15mg
Glucide	5-18%
Lactose	3%
pH	4.5
Teneur en matière sèche laitier pour le yaourt	10-16%
Calcium	155-200mg (17à24%)
Vitamines	A,D,B (B2,B12)
Calorie pour 100g	90 Kcal

I.1.9. Structure et comportement rhéologique des yaourts

La transformation du lait en 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 déstructuration non réversible. Les additifs et les étapes du procédé de fabrication jouent également un rôle majeur sur le comportement rhéologique du yaourt qui sera apprécié par le consommateur (**LAMOUREUX, 2000**).

I.1.10. Intérêt nutritionnel

Le yaourt est un aliment riche en nutriments. C'est une bonne combinaison de protéines, de vitamines B et de minéraux. C'est un transporteur naturel de prébiotiques et probiotiques. Il est considéré comme un aliment fonctionnel qui améliore la croissance de la santé. La composition nutritionnelle du yaourt qui est affectée par de nombreux facteurs tels que les différences génétiques et mammifères, la consommation d'aliments, le stade de lactation, l'âge, les facteurs environnementaux et la saison de l'année. D'autre part la valeur nutritionnelle du yaourt affectée par la transformation du lait, le niveau de température, la durée d'exposition à la chaleur, l'exposition à la lumière et les conditions de stockage (**ROSHNI et al., 2017**).

Le yaourt est une source exclusive de lactose disaccharide dans l'alimentation humaine. Avant absorption, le lactose est hydrolysé par la bordure en brosse intestinale converti en glucose et galactose (**DENNIS et al., 2001**).

D'après les preuves, il est démontré que les protéines du yaourt sont plus facilement digérées que les protéines du lait en raison de la prédigestion bactérienne des protéines du lait dans le yaourt. Le yaourt est la source d'une concentration plus élevée d'acides aminés libres, en particulier la proline et la glycine qui sont essentielles pour la santé. Le niveau d'activité des enzymes protéolytiques et des peptidases est préservé pendant toute la durée de conservation du yaourt (**GAUDICHON et al., 2000**).

Le calcium et le magnésium sont présents dans le yogourt principalement sous leurs formes ioniques. Le calcium joue un rôle important dans la formation et la minéralisation des os. Les besoins en calcium pendant la croissance, la grossesse et l'allaitement sont augmentés (**ROSHNI et al., 2017**).

Le yaourt est le support probiotique naturel et sain qui améliore la santé et l'immunité digestives et métaboliques. Il réduit le risque de survenue d'un cancer. Le yaourt n'était pas seulement un aliment mais aussi un médicament irremplaçable (ROSHNI *et al.*, 2017).

I.2. Céréales

I.2.1. Définition

Les céréales sont des espèces généralement cultivées pour leur grain riche en amidon, dont l'albumen amylicé et très secondairement, pour les fourrages qu'elles procurent dans le cas où elles sont récoltées en vert, c'est-à-dire avant la maturation des grains (MOULE *et al.*, 1971). La plupart des céréales appartiennent à la famille des *Graminées* ou (*Poacées*). Ce sont : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Elles servent à l'alimentation humaine et animale ; et ce sont soit cultivées soit récoltées dans la nature ("céréales sauvages") (BRINK *et BELAY*, 2006).

I.2.2. Types

I.2.2.1. Blé

Le blé est la deuxième céréale la plus consommée par l'homme dans le monde et aussi il est très nutritif grâce à ses sucres lents. Cette graminée facile à conserverse décline en plus de 20 000 variétés différentes (POLLET, 2013).

✓ Composition histologique du grain de blé

Un grain de blé est formé de trois régions selon FEILLET, (2000) ;

- **L'albumen** : constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80-85 % du grain).
- **Les enveloppes** de la graine et du fruit, formées de six tissus différents à savoir épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (13-17 %).

- **Le germe** (3 %), composé d'un embryon (lui-même formé de coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum

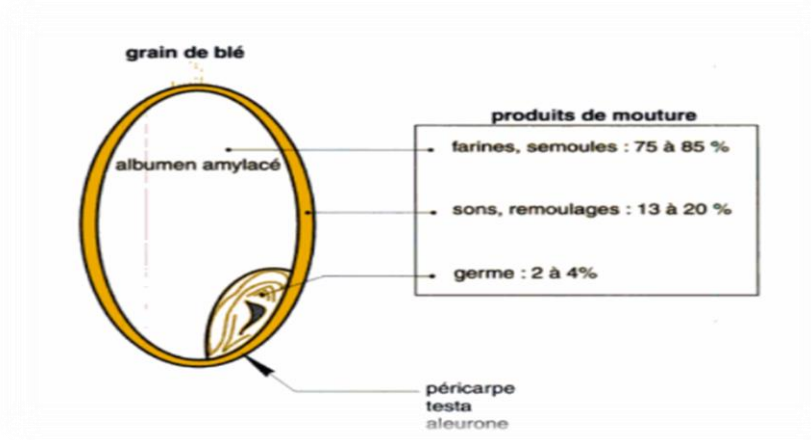


Figure 6: Origine histologique de graine de blé (FEILLET, 2000)

✓ **Deux grands types de blé selon POLLET, (2013).**

- **Le blé dur** : cultivé dans les régions chaudes (Afrique du Nord, Europe du Sud), dont le grain difficilement réductible en farine, est transformé en pâtes et en semoule.
- **Le blé tendre** : qui représente les deux tiers de la production mondiale, cultivé dans les régions tempérées comme en Algérie, où il donne une farine panifiable (dont on peut faire du pain).

✓ **Composition de grain de blé**

Le blé est constitué principalement de sucres lents (l'amidon) en plus des protéines (le gluten), fibres (les celluloses), les lipides, notamment des esters d'acides gras polyinsaturés, de la vitamine E et enfin la matière minérale, et une faible quantité d'eau (Figure 7) (FEILLET,2000).

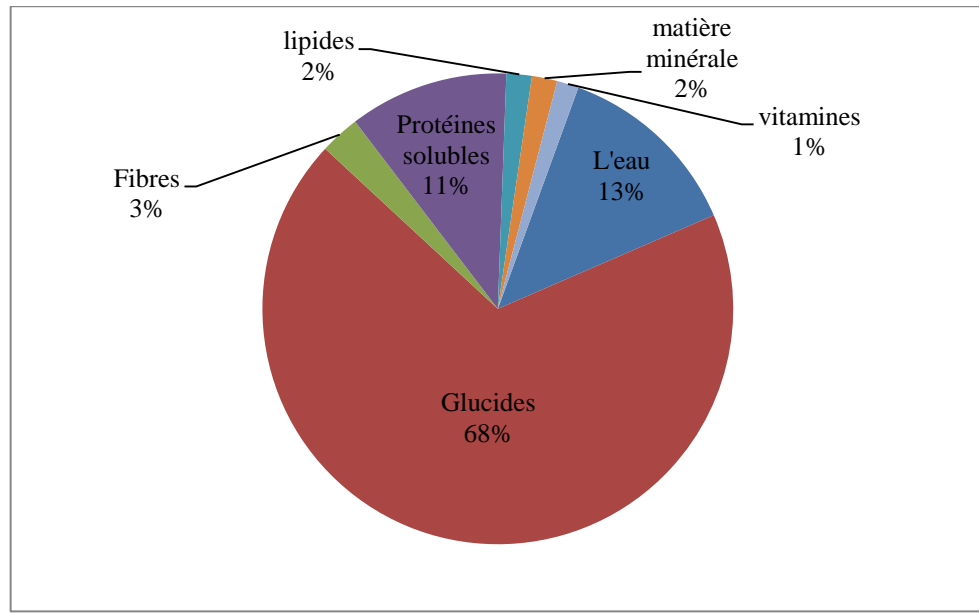


Figure 7: Composition moyenne d'un grain de blé (FEILLET, 2000)

✓ **Importance du blé**

Le blé est une herbe largement cultivée pour ses graines, une céréale qui est un aliment de base dans le monde. Les archives archéologiques suggèrent que le blé a été cultivé pour la première fois dans les régions du Croissant fertile vers 9600 avant notre ère. Botaniquement, le grain de blé est un type de fruit appelé caryopse. Le commerce mondial du blé est supérieur à celui de toutes les autres cultures. En 2016, la production mondiale de blé était de 749 millions de tonnes, ce qui en fait la deuxième céréale la plus produite après le maïs. La demande mondiale de blé augmente en raison des propriétés viscoélastiques et adhésives uniques des protéines de gluten, qui facilitent la production d'aliments transformés, dont la consommation augmente en raison du processus d'industrialisation mondiale et de l'occidentalisation de l'alimentation. Le blé est une source importante de glucides. À l'échelle mondiale, c'est une source importante de protéines végétales dans l'alimentation humaine, avec une teneur en protéines d'environ 13 %, ce qui est relativement élevé par rapport aux autres céréales principales, mais relativement faible en qualité de protéines pour fournir des acides aminés essentiels (BONNY, 2018).

I.2.2.2. Avoine (*Avena Sativa*)

- ✓ **Définition :** C'est l'une des céréales les plus compétitives et les plus productives. Elle appartient à la famille de Poacées, c'est une plante annuelle à tiges dressées et feuilles linéaires panicules lâches d'épillets composées de trois fleurs donnant les

grains qui sont portées par des grappes lâches, servent à l'alimentation du bétail mais aussi à l'alimentation humaine (flocons d'avoine). C'est l'une des meilleures céréales pour la santé.(BREMNESS, 1999).

✓ **Importance de l'avoine et leur utilisation humaine**

L'avoine (*Avenasativa* L.) a fait l'objet d'une attention considérable pour sa teneur élevée en fibres alimentaires, en composés phytochimiques et en valeur nutritionnelle. La consommation d'avoine possède divers avantages pour la santé tels que des propriétés hypocholestérolémiantes et anticancéreuses en plus qu'il tonifie le cœur, les nerfs et les oses, que c'est un grand remède de la stimulation thyroïdienne (BREMNESS, 1999 ; RASANE *et al.*, 2015).

L'avoine a également été récemment considérée comme appropriée dans l'alimentation des maladies coeliaques. Le son d'avoine recommandé dans le cadre de certains régimes amaigrissants pour traiter les problèmes d'obésité et permet de rassasier rapidement et de perdre du poids. En raison de leur valeur nutritionnelle élevée, les produits alimentaires à base d'avoine comme les pains, les biscuits, les boissons probiotiques, les céréales pour petit-déjeuner, les flocons et les aliments pour nourrissons sont de plus en plus pris en considération (RASANE *et al.*, 2015 ; BOUMELLA, 2019).

✓ **Composition du grain**

La composition chimique du grain d'avoine est représentée dans le **tableau 5**.

Tableau 5: Composition chimique du grain d'avoine (SANCHEZ *et al.*, 2020)

Composant	Valeur moyenne (%)	Intervalle (%)
Amidon	51.1	44-61
Protéines	15.2	11- 20
Humidité	10.0	9- 14
Fibres	8.9	7- 11
Lipides	7.6	5- 10
B-Glucane	4.2	2.2- 6.6
Sucres Libres	1.1	0.9- 1.3

I.2.2.3. Maïs (*Zeamays* L.)

Le maïs est d'importance mondiale en tant que denrée alimentaire, aliment pour animaux et source de divers produits d'importance industrielle (PRASANNA, 2012).

Le maïs est très répandu dans le monde et est la céréale la plus produite avec 817 millions de tonnes en 2009 (FAOSTAT). C'est une importante denrée alimentaire de base dans de nombreux pays, tout en étant aussi utilisée dans l'alimentation animale et dans de nombreuses applications industrielles. Le maïs jaune contient naturellement des caroténoïdes qui fournissent non seulement des caroténoïdes, provitamine A, mais aussi des xanthophylles, qui sont connus pour être importants pour la santé oculaire (MUZHINGI *et al.*, 2008). Cette culture a une extrême variabilité génétique, ce qui lui permet de prospérer dans les climats tropicaux, subtropicaux et tempérés (MEJIA, FAO, 2003 ; MUZHINGI *et al.*, 2008).

I.2.2.4. Orge

Parmi les céréales, l'orge est la première céréale alimentaire domestiquée à travers le monde (WANG *et al.*, 2015); c'est l'une des rares espèces cultivées avec succès dans les zones semi-arides, où les précipitations varient considérablement d'une année à une autre. Cette culture a le potentiel de pousser dans des conditions de sécheresse et de salinité. Le grain d'orge est utilisé comme fourrage, comme nourriture, tandis que la paille d'orge fournit une source importante de fourrage. À l'échelle mondiale, le grain d'orge est très important et occupe la quatrième place en termes de quantité produite et de superficie cultivée dans le monde après le blé, le riz et le maïs. En 2018/ 2019, la récolte mondiale annuelle d'orge était d'environ 140.602 milliers de tonnes sur une superficie d'environ 47.009.175 ha (USDA, 2019).

La farine d'orge est le meilleur aliment fonctionnel qui fournit la nutrition et élimine les toxines des cellules chez les êtres humains; cependant, ses ingrédients fonctionnels jouent un rôle important pour la santé. La farine d'orge est riche en ingrédients fonctionnels, tels que l'acide gamma-amino butyrique, les flavonoïdes, la saponarine, la lutanarine, la superoxyde dismutase, K, Ca, Se, le tryptophane, la chlorophylle, les vitamines (A, B1, C et E), les fibres alimentaires, les polysaccharides, les alcaloïdes, les métallothionéines et les polyphénols (ZENG *et al.*, 2018).

Elle favorise le sommeil; a un effet antidiabétique; régule la pression artérielle; renforce l'immunité; protège le foie; a des effets anti-acné /détoxifiants et antidépresseurs; améliore la fonction gastro-intestinale; a des effets anticancéreux, anti-inflammatoires, antioxydants, hypolipidémiques et antigouts; réduit l'hyperuricémie; prévient l'hypoxie,

les maladies cardiovasculaires, la fatigue et la constipation; soulage la dermatite atopique; est un supplément de calcium; améliore la cognition, ...**(ZENG et al., 2018)**.

I.2.2.5. Soja

C'est une source utile d'huile et de protéine et peut être utilisée pour améliorer la valeur nutritionnelle des aliments traditionnels. Les graines sont transformées pour produire de la farine, de la semoule ou du lait de soja, et l'huile peut en être extraite laissant une semoule utilisée pour l'alimentation animale. La graine de soja est toxique pour les humains et les animaux monogastriques et nécessite donc un traitement thermique afin de détruire les inhibiteurs de l'enzyme trypsine. Sa culture requiert un climat avec des étés chauds. Les principaux producteurs sont l'Argentine, le Brésil, la Chine, l'Inde, la Paraguay et les Etats-Unis d'Amérique avec une production mondiale totale de 230 millions de tonnes en 2008 (FAOSTAT) **(HIGUERA et al., 2002)**.

I.2.2.6. Sorgho

C'est la cinquième culture céréalière la plus importante avec une production mondiale de 55 millions de tonnes en 2008 (FAOSTAT). La plupart des variétés sont tolérantes à la chaleur et à la sécheresse, par conséquent, c'est une culture importante dans les zones arides. C'est une source alimentaire importante en Afrique, Amérique Centrale et Asie du Sud et il est aussi utilisé pour produire des boissons alcoolisées et du biocarburant **(MEJIA, FAO, 1999)**.

I.2.2.7. Riz

C'est une denrée alimentaire de base pour plus de la moitié de la population mondiale et est la deuxième production de céréales la plus élevée après le maïs avec 685 millions de tonnes enregistrées en 2008 (FAOSTAT). La Chine, l'Inde, l'Indonésie et le Pakistan en sont les plus gros producteurs. La culture du riz nécessite plus d'eau et plus de travail manuel que celle des autres céréales **(LANTIN, FAO, 1999)**.

I.2.2.8. Quinoa

(Chenopodium quinoa Wild) est cultivé dans les zones arides et semi-arides des Andes, mais il est très adaptable et peut être cultivé au niveau de la mer jusqu'à une altitude de 4 000 mètres d'altitude. Sa culture s'est étendue à plus de 70 pays. Au cours des dernières années, la production dans la région andine s'est élevée à environ 70 000 tonnes. Le quinoa possède une protéine de haute valeur biologique avec une forte teneur en lysine.

Il est utilisé à la fois dans l'alimentation humaine et dans l'alimentation animale. Les feuilles et les tiges tendres sont consommées comme légumes à feuilles, jusqu'au début de la phase paniculaire, puis les panicules tendres sont utilisées pour la consommation. Le grain mûr est également consommé, directement ou à l'état transformé **(MAGNOMEYHUAY, FAO, 1997)**.

I.2.2.9. Millet

C'est un terme générique se référant à un certain nombre de graminées annuelles à petites graines cultivées comme céréales, en premier lieu sur des terres marginales arides des régions tempérées, subtropicales et tropicales. Il est considéré comme une culture de subsistance pour l'alimentation et le fourrage des animaux. La plus grande production se trouve en Inde et au Nigéria. La production mondiale totale était de 31 millions de tonnes en 2007 (FAOSTAT)**(KAJUNA, FAO, 2001)**.

I.2.2.10. Teff

C'est une denrée alimentaire de base en Erythrée et Ethiopie où c'est une espèce d'herbe annuelle locale mais il n'est pas très connu dans le reste du monde. Ces toutes petites graines sont cuites ou fermentées et ont un bon contenu nutritionnel. La plante s'adapte très bien à différentes conditions mais est sensible à la longueur du jour et a besoin de 12 heures de lumière du jour pour fleurir **(REFERA, FAO, 2001)**.

I.3. Yaourt enrichi

Le yaourt est le produit laitier fermenté le plus couramment consommé dans le monde. Alors que la gamme des produits à base de yaourt continue à croître. Les fabricants étudient continuellement des ingrédients à valeur ajoutée dans le but d'enrichissement tels que les prébiotiques, les probiotiques, les algues (*Arthrospiraplatensis*, *Isochrysisgalbana*), huile de poisson micro encapsulée, les phytostérol, les fruits et les pulpes de fruits, ...pour attirer les consommateurs soucieux de leur santé **(ALLGEYER et al., 2010 ; TAMJIDI et al., 2012 ; IZADI et al, 2015 ; DEBBABI et al., 2018 ;MATOS et al., 2021 ;NANDAKUMAR et al., 2022)**.

L'enrichissement des aliments est l'un des processus les plus importants pour améliorer la qualité et la quantité des nutriments dans les produits alimentaires. Il peut s'agir d'une intervention de santé publique très rentable. En raison du taux de consommation élevé de produits laitiers tels que le yaourt, l'enrichissement de ces produits

réduira ou préviendra efficacement les maladies associées aux carences nutritionnelles (GHOLAMREZA *et al.*, 2015).

Les probiotiques sont des micro-organismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités suffisantes, confèrent des avantages pour la santé du consommateur (ARAYA et COLL., 2002). Les espèces de lactobacilles et de bifidobactéries sont les probiotiques les plus courants (KULLISAAR *et al.*, 2002, 2003; LIN *et al.*, 2000).

Les glucides non digestibles, les fibres peuvent médire sélectivement la croissance des bactéries bénéfiques du côlon. Ces composés, présents dans diverses céréales, sont connus sous le nom de prébiotiques et stimulent sélectivement l'activité ou la croissance des bactéries bénéfiques dans le côlon. Parmi les sources de prébiotiques, les céréales, comme le blé et l'orge, le soja, la chicorée, l'amidon de sagou (SCHIMA et COLL., 2012).

Les céréales ont une teneur plus élevée en certaines vitamines essentielles, en ûber alimentaire prébiotique et en minéraux que le lait, mais ont moins de quantités de glucides facilement fermentescibles (CHARALAMPOPOULOS *et al.*, 2002).

Dans les études précédentes, les céréales ont été évaluées comme de bons substrats pour la croissance des souches probiotiques (MARKLINDER et COLL., 1994; CHARALAMPOPOULOS et COLL., 2002) et des extraits de céréales ont permis d'améliorer la tolérance aux acides et à la bile.

Il a été démontré qu'une combinaison de probiotiques et de prébiotiques dans un seul aliment améliore la survie des bactéries probiotiques pendant le stockage du produit et aussi pendant le passage le long du tractus intestinal. Plusieurs études ont montré que la croissance et la viabilité des probiotiques pourraient être augmentées dans le yogourt ou les produits laitiers fermentés en présence de prébiotiques tels que l'amidon résistant, l'inuline, les fructo-oligosaccharides, le polydextrose et l'oligofructose (RANADHEERA *et al.*, 2010, ZARE *et al.*, 2011, NINGEGOWDA *et al.*, 2012, PATIL 2014).

Le yaourt est l'un des aliments sains et nutritifs les plus consommés dans le monde, il a une meilleure digestibilité des protéines que le lait et de nombreux effets positifs latents sur la santé, en apportant au corps humain les bactéries prébiotiques et probiotiques (SHI *et al.*, 2017 ; ZHI *et al.*, 2018). De plus, en incorporant des fibres dans

le yaourt, les chercheurs ont développé un aliment fonctionnel avec une vaste gamme d'effets bénéfiques et ils ont réussi à augmenter la consommation de fibres dans tous les secteurs de la population. Plusieurs études ont rapporté un enrichissement prébiotique en ajoutant des fibres alimentaires dans le yaourt. La consommation de yaourt riche en fibres insoluble de triticale, de blé ou d'avoine peut prévenir ou réduire l'obésité, le diabète, le cancer, l'hypercholestérolémie, les troubles gastro-intestinaux, la diverticulose colique et la constipation, la colite ulcéreuse, l'hyperlipidémie, l'hypertension, les maladies coronariennes, mais aussi favoriser la microflore intestinale et l'immunité gastro-intestinale (TOMICET *al.*, 2017).

Les mêmes auteurs ont montré que les fibres alimentaires insolubles du triticale ont un potentiel prometteur pour être utilisées comme ingrédient fortifiant dans la production de produits laitiers fermentés enrichis en fibres.

Les yaourts ont été développés en incorporant un niveau optimal d'avoine (3,0%), de sorgho (1,0%), d'amarante (1,6%) et d'avoine (3,0%), séparément et ont été emballés en aérobie. L'enrichissement en farine des mêmes céréales a augmenté le nombre de *Lactobacillus plantarum* dans les échantillons de yaourt enrichis. En outre, la supplémentation a également amélioré le potentiel antioxydant du même produit et donc la valeur nutritionnelle du yaourt. En raison de sa teneur élevée en fibres et en protéines, et sur la base de la propriété microbienne étudiée, les résultats de cette étude suggèrent que la farine de céréales pourrait être considérée comme une source d'ingrédient prébiotique pour une utilisation dans les produits fermentés de *L. plantarum* (RAI *et al.*, 2016).

I.4. Yaourts commercialisés en Algérie

A l'époque le marché de yaourt en Algérie comptait deux entreprises leaders (Djurdjura et Soummam), implantées toutes les deux dans la wilaya de Béjaïa à l'est du pays, et une petite entreprise en forte croissance (Trèfle) localisée dans le centre (CHERIET, 2007).

L'ouverture du marché de yaourt en algérien date du début des années 90, des facteurs politiques et administratifs avaient retardé l'arrivée des entreprises étrangères. En 2001, l'installation d'entreprise française Danone en partenariat avec le leader national de l'époque (Djurdjura) marqua le début d'une restructuration du marché des yaourts en Algérie. Cela a permis l'émergence de nouvelles entreprises locales et étrangères dans ce

domaine qui a créé un esprit de compétition dans la qualité des produits. Et pour cela plusieurs entreprises ont développé leurs recettes parmi ces recettes les yaourts enrichis en céréales pour augmenter la valeur nutritionnelle et organoleptique recherchée par le consommateur Algérien (**CHERIET, 2007**).

Chapitre II:

Matériel et

Méthodes

II.1. Lieu de stage

Notre stage pratique s'est déroulé au niveau de ;

1. Laboratoire physico-chimique de l'institut des sciences et techniques appliquées, Blida 1.
2. Laboratoire de contrôle de qualité privé à la wilaya de Tipaza (Koléa). Laboratoire a été ouvert le 05 septembre 1999 spécialisé dans les analyses physico-chimique et microbiologique sur des produits alimentaire et non alimentaire.
3. Laboratoire de technologie alimentaire de l'école nationale supérieure agronomique d'El Harrach, Alger.
4. Laboratoire physico-chimique de la faculté des sciences de la nature et de la vie université Blida 1.

L'objectif de la partie expérimentale qui s'est déroulée pendant une période de 3mois (mars-Juin) consiste à étudier les yaourts enrichis en céréales fabriqués et commercialisés en Algérie en comparaison avec celui qui est fabriqué en France et commercialisé en Algérie.

La partie pratique est menée en 03 étapes :

- Caractérisation physico-chimique des yaourts.
- Caractérisation microbiologiques des yaourts.
- Caractérisation organoleptique des yaourts.
- Comparaison des yaourts.

II.2. Matériel utilisé

II.2.2. L'échantillons

Notre étude a été effectuée sur 3 yaourts de 2 marques différentes (ACTIVIA et SOUMMAM) fabriqués et commercialisés en Algérie. Ainsi qu'un yaourt Activia céréale type brassé fabriqué en France et commercialisé en Algérie.

- **SOUMMAM Céréalo (produit 1)**

Céréalo est un produit de la marque SOUMMAM qui fait partie des catégories alimentaires suivant: produits laitiers, produits fermentés, produits laitiers fermentés, Yaourts, Yaourts au miel et il est fabriqué par l'entreprise Soummam et commercialisé en Algérie. Il est riche en son de blé et fruits, l'apport énergétique du produit Céréalo est de 2000 calories pour une portion d'environ 100 grammes. Cela représente environ le pourcentage de l'apport journalier pour un régime moyen. L'échantillon est acheté du commerce (**figure 8**).

- **ACTIVIA céréales muesli (produit 2)**

Est une recette de yaourt fabriqué et commercialisé par DANONE en Algérie au bifidus et aux ferments associant l'onctuosité d'Activia à un mélange savoureux de muesli avec de délicieuses céréales (blé, avoine), de noisette, amande, noix et de raisins secs. Véritable allié du petit-déjeuner, ce yaourt est une source de fibres est à base de lait et de 5 ferments dont des milliards de probiotiques. Ils vous aident à la digestion du lactose de votre Activia en cas de difficulté à le digérer. L'échantillon est acheté du commerce (**figure 8**).

- **Activia céréales de France (Produit 3)**

C'est un produit fabriqué en France par DANONE et commercialisé en Algérie, riche en fibres alimentaires et en probiotiques (**figure 8**).



Figure 8 : Yaourts utilisés

Produit 1 : Yaourt SOUMMAM Céréalo fabriqué et commercialisé en Algérie

Produit 2 : Yaourt ACTIVIA céréale fabriqué et commercialisé en Algérie.

Produit 3 : Yaourt ACTIVIA fabrique en France et commercialisé en Algérie

Les 3 échantillons sont conservé au frais a 4°C jusqu'à utilisation.

II.2.3. Matériel non biologique

L'ensemble des équipements, la verrerie, les appareils ainsi que les milieux de culture utilisés sont représentés dans l'**annexe 01** et **2**.

II.3. Méthodes d'analyse

II.3.1. Échantillonnage

Avant d'effectuer une analyse physico-chimique, microbiologique ou sensorielle, il faut procéder à un échantillonnage et définir le lieu et les conditions de prélèvement, afin de les transmettre dans des bonnes conditions au laboratoire d'analyse. La figure illustre le plan général de la partie expérimentale (**Figure 9**).

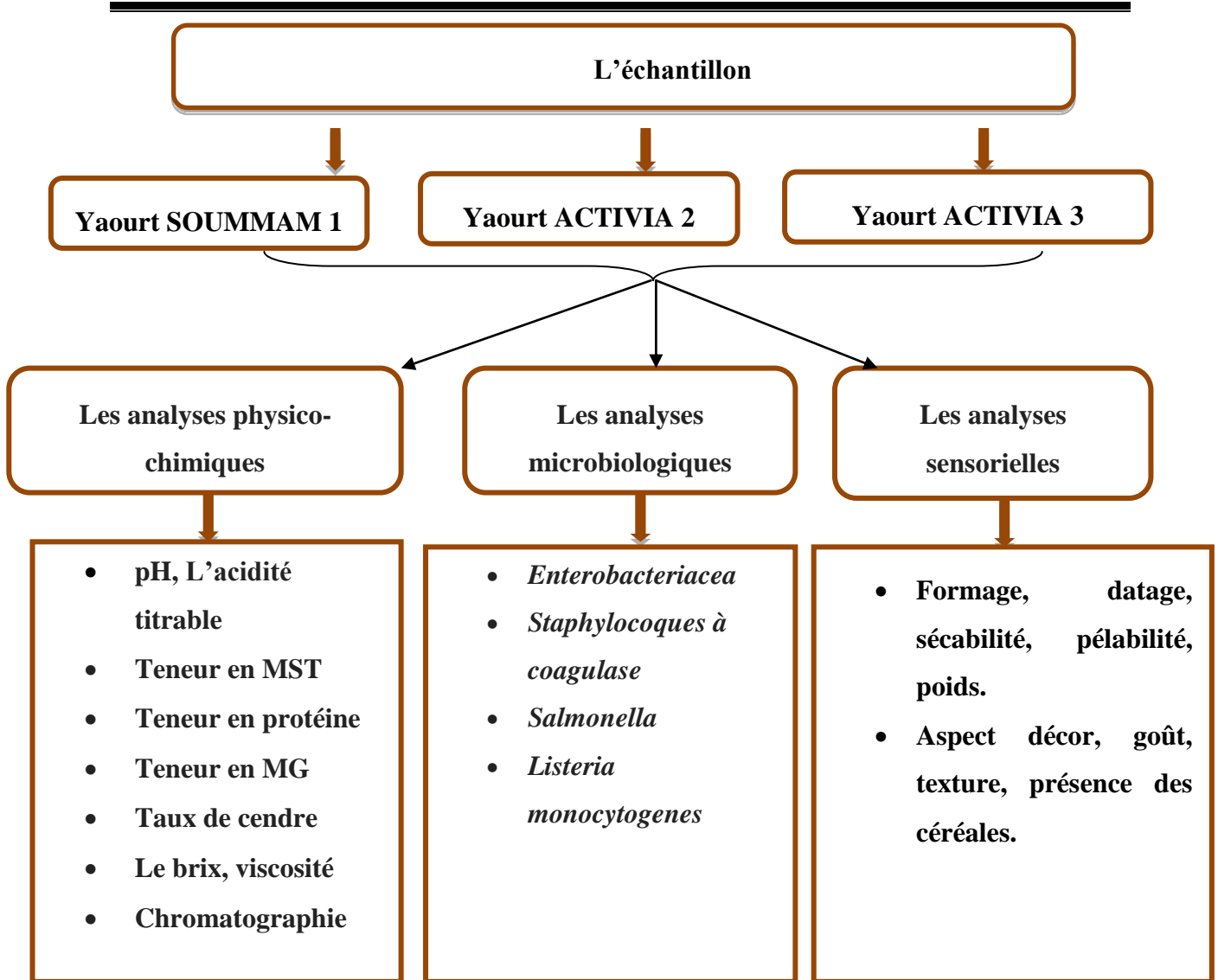


Figure 9 : Diagramme représentant le protocole expérimental

II.3.2. Analyses physico-chimique

Les analyses physico-chimiques sont adoptées pour déterminer : le pH, l'acidité titrable, la teneur en protéines, la teneur en matière sèche soluble, la teneur en matière gras et la teneur en cendres des yaourts enrichis en céréales en trois répétitions.

II.3.2.1. Mesure du pH

➤ Définition

Le pH par définition est une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une solution. Le dosage du pH est effectué selon la norme (NA15042-2010).

➤ Mode opératoire

- ✚ Etalonner le pH mètre à l'aide des deux solutions tampons 4 et 7

- ✚ Plonger l'électrode dans le yaourt à analyser et lire la valeur du pH.
- ✚ A chaque détermination du pH, retirer l'électrode, rincer avec l'eau distillée et sécher.

➤ **Expression des résultats**

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

II.3.2.2. Mesure de l'acidité titrable

➤ **Définition**

C'est la quantité d'acide lactique contenue dans un litre de lait, elle est exprimée en degré Dornic (°D) (AFNOR, 1995).

➤ **Principe**

La mesure de l'acidité titrable est basée sur un dosage acido-basique d'un échantillon du yaourt avec une solution de NaOH (0,1 mol/l) en présence d'un indicateur coloré adéquat.

➤ **Mode opératoire**

- ✚ A l'aide d'une spatule on introduit 1g du yaourt et compléter jusqu'à 10ml avec l'eau distillée dans un bécher de 100 ml.
- ✚ On ajoute quelque goutte (3 à 4) de solution de phénolphtaléine (1%).
- ✚ Dans un acidimètre on titre avec une solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au début de virage au rose facilement perceptible par comparaison avec la solution témoin constituée du même yaourt.

➤ **Expressions des résultats**

Les résultats sont exprimés en degré Doronic (°D). Il correspond à la valeur lue sur la burette après le titrage en appliquant la formule suivante (**Equation 1 ou 1'**):

$$\text{Acidité (D}^\circ) = V \times 10 \times 0.9 \quad (1).$$

$$\text{Ou } (D^\circ) = \left(\frac{V}{m} \times 10 \right) \times 100 \quad (1').$$

✚ **V (ml)** : Volume de la chute de la burette.

✚ **m** : masse du yaourt

II.3.2.3. Mesure de la teneur en matière sèche totale

➤ **Principe**

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

➤ Mode opératoire

- ✚ Sécher les creusets vides à l'étuve à 103 ± 1 °C pendant 30 min.
- ✚ Refroidir et peser les creusets vides.
- ✚ Dans les creusets séchés, introduire 5g de yaourt à l'aide de la spatule et peser.
- ✚ Mettre ensuite les creusets dans l'étuve à 103 ± 1 °C pendant 6h pour les sécher (modifier)
- ✚ Refroidir les creusets dans le dessiccateur (30 min) jusqu'à la température ambiante puis peser.

➤ Expression des résultats

La matière sèche du yaourt exprimée en pourcentage de masse est égale à (Equation 2):

$$MS (\%) = \frac{(M1 - M0)}{M} 100 \quad (2)$$

Dont :

- ✚ **M1:** Masse en grammes, de la capsule et du résidu après dessiccation et refroidissement. (g)
- ✚ **M0:** Masse en grammes, de la capsule vide (g)
- ✚ **M:** Masse de la prise d'essai en grammes (g)

II.3.2.4. Détermination du taux de cendres

La teneur en matière minérale est déterminée par la méthode de référence (NA 672/ 1992).

➤ Principe

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

➤ Mode opératoire

- ✚ Placer les creusets contenus le résidu du yaourt obtenu lors de détermination de la matière sèche dans le four à 550 °C ;

- ✚ Poursuivre l'incinération jusqu'à combustion totale de la matière et obtention d'une coloration blanchâtre environ 5 h ;
- ✚ Refroidir les creusets dans le dessiccateur pendant une heure et les peser.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en cendres exprimée en pourcentage massique de l'échantillon rapportée à la matière telle qu'elle est donnée par la relation suivante (**Equation 3**):

$$TC (\%) = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (3)$$

Où

TC: taux des cendres (%).

m0: masse de creuset vide (g).

m1: masse de creuset et de la prise d'essai (g).

m2: masse de creuset et du résidu (g).

II.3.2.5. Mesure du BRIX (matière sèche soluble)

Le degré BRIX est la mesure de la matière sèche soluble exprimée en pourcentage. Dans le secteur de l'agroalimentaire le réfractomètre est couramment utilisé pour déterminer la teneur en sucre d'un produit alimentaire. La mesure du degré Brix est fortement liée à la température car elle a une influence sur l'indice de réfraction. La valeur est affichée sur l'écran du réfractomètre (**DONGARE, 2015**).

II.3.2.6. Détermination de la teneur en protéines totales

➤ **Principe**

La méthode de KJELDAHL est basée sur la minéralisation de l'échantillon avec un mélange d'acide sulfurique (H₂SO₄ 95-98%) concentré, de sulfate de potassium en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur de conversion de l'azote organique en azote ammoniacal. Le minéralisât obtenu sera distillé en présence d'hydroxyde de sodium (NaOH à 40%) et l'ammoniac libéré est récupéré dans une solution d'acide borique (H₃BO₃) additionnée d'un indicateur coloré. L'ammoniac récupéré dans l'acide borique est titré avec une solution standard d'acide chlorhydrique (**ISO 8968-1, NA 15008**).

➤ **Le mode opératoire**

Étape 1 : la minéralisation

Ajouter dans l'ordre dans le matra de minéralisation sec et propre :

- ✓ La prise d'essai (5 g de yaourt);
- ✓ 1 ml de sulfate de cuivre ;
- ✓ 12g de sulfate de potassium ;
- ✓ 20 ml d'acide sulfurique
- ✓ Mélanger le contenu du tube, puis laisser au repos dix minutes;
- ✓ Positionner le collecteur de fumées sur les matras, 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 maintenu lors de cette étape.

Etape 2 : la distillation

- ✓ Transférer le portoir avec les matras à proximité du distillateur;
- ✓ Diluer le contenu des tubes refroidis avec 85ml 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 65 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.

Etape 3 : le titrage

- ✓ Titrer le contenu de l'erlenmeyer avec de l'acide chlorhydrique à (0,1 mol/l), en présence de l'indicateur coloré, le point final est atteint lorsque la couleur rose apparait;
- ✓ Noter le volume d'acide délivré à 0,05 ml près ;

Expression des résultats JORA N38 (22 juin 2014)

1. Calculer la teneur en azote protéique de l'échantillon pour essai, W_{pn} , (**Equation 4**):

$$W_{pn} = \frac{1.4007(V_s - V_b)Mr}{m} \quad (4)$$

- **W_{pn}**: est la teneur en azote protéique de l'échantillon pour essai, exprimée sous forme de pourcentage en masse ;
- **V_s**: est la valeur du volume, en millilitres, de l'acide chlorhydrique utilisé pour la détermination, exprimée à 0,05 ml près ;
- **V_b**: est la valeur du volume en millilitres de l'acide chlorhydrique utilisé dans l'essai à blanc, exprimée à 0,05 ml près ;
- **Mr**: est la valeur de la molarité exacte de l'acide chlorhydrique, exprimée à quatre décimales près ;
- **m**: est la valeur en grammes de la masse de la prise d'essai, exprimée à 0,1 mg près.

2. Calculer la teneur en protéines de l'échantillon pour essai, W_p , à l'aide de l'équation suivante (**Equation 5**):

$$W_p = W_{pn} \times 6,38 \quad (5)$$

- **W_p**: est la teneur en protéines vraies de l'échantillon pour essai, exprimée sous forme de pourcentage en masse ;
- **W_{pn}**: est la teneur en azote protéique de l'échantillon pour essai, exprimée sous forme de pourcentage en masse, à quatre décimales près ;
- **6,38**: est le coefficient multiplicateur généralement admis pour exprimer la teneur en azote en tant que teneur en protéines vraies.

II.3.2.7. Détermination quantitative de matière grasse

➤ **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 (**NF V04-210,2000**).

➤ **Mode opératoire**

- Introduire 10ml de l'acide sulfurique dans un butyromètre à l'aide d'une pipette.

- + Ajouter 11 g du yaourt sur la paroi du butyromètre.
- + Ajouter 1,5ml d'alcool iso-amylque.
- + Fermer le butyromètre et bien homogénéiser en faisant attention à ne pas se brûler car la réaction mise en jeu est exothermique.
- + Centrifuger à 1200 tours pendant 5 minutes.

➤ Expressions des résultats

Les résultats sont exprimés en g/l en lisant la valeur directement sur les graduations du butyromètre (chaque centimètre du butyromètre correspond à 10g/l de matière grasse à 20°C).

II.3.2.8. Détermination qualitative de matière grasse : profil en acides gras

La détermination qualitative de matière grasse consiste en la détermination des acides gras des différents yaourts étudiés par la chromatographie en phase gazeuse CPG.

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est une méthode séparative parmi les plus employées car elle allie rapidité et efficacité de séparation. Elle permet d'analyser qualitativement et quantitativement des mélanges complexes de gaz ou de composés qui peuvent être volatilisés sans être décomposé. Cette méthode permet la séparation comme les autres techniques chromatographiques par une suite d'équilibre entre une phase gazeuse (phase mobile qui entraîne les échantillons à analyser) et une phase liquide (chromatographie de partage) ou solide (chromatographie d'adsorption)(**TEISSIER et MADET, 2003**).

➤ Mode opératoire

1) Extraction de la matière grasse

- + 20 ml de yaourt.
- + + 2 ml ammoniaque, mélangé vigoureusement.
- + +10 ml éthanol, mélangé doucement.
- + + 25 ml éther diéthylique, agiter vigoureusement mais sans excès afin d'éviter la formation d'émulsion persistante.
- + + 25 ml éther de pétrole (30-60 ° C) idem 30 secondes.
- + Attendre 30 minutes.
- + Récupération de la phase organique (phase supérieure), dans un ballon.
- + Evaporation à sec.
- + Récupération de la matière grasse avec 10 ml d'hexane.

+ Conservation à -20 ° C.

2) Préparation des esters méthyliques

Utilisation d'une méthode rapide décrite dans les normes **AFNOR NTF 60233**

- + Prélever 1 ml hexane contenant 50 à 100 mg de matière grasse pure et les mettre dans un tube à vis.
- + Ajouter 200 ul NaOH 2N dans du méthanol. Bien boucher.
- + Agiter 10 secondes.
- + Porter au bain marie à 50 ° C pendant 20 secondes. Agiter.
- + Laisser refroidir.
- + Ajouter 200 ul HCl méthanolique 2 N afin d'éviter l'introduction d'agents alcalins dans la colonne. Agiter.
- + Laisser décanter. Recueillir la couche supérieure (phase hexanoïque) qui contient les esters méthyliques.

Tableau 6 : Conditions opératoires pour les esters méthylique

Chromatographe	Chrompack CP 9002
Détecteur	FID (260 °C)
Injecteur	SPLIT 1/100 (250C°)
Gaz vecteur	Azote
Colonne Capillaire	DB23 (50% Cyanopropyl)
Longueur	30 m
Diamètre intérieur	0,32 mm *0.25 UM
Epaisseur	0,25 µm
Injecteur	250°C
Détecteur	260°C
Four	70 C° -----4C°/mn 230C° (10 mn)
Quantité injectée	01UI
Vitesse du papier	0.5 cm/ mn

II.3.2.9. Analyse rhéologique (viscosité)

La rhéologie permet d'étudier la relation entre la contrainte et la déformation (ou l'écoulement) d'un produit. La caractérisation de cette relation repose sur l'exploitation des résultats de tests expérimentaux plus ou moins complexes durant lesquels un échantillon de yaourt est soumis à une sollicitation (en effort/contrainte ou en déplacement), ce qui induit

une réponse (en déplacement ou en effort/contrainte) qui est évaluée (**GROSSIORD et COUARRAZE, 2000 ; COUSSOT et GROSSIORD, 2002**). Les procédés de préparation de produits (solutions, pâtes, fromages, yaourts, etc) nécessitent impérativement l'écoulement de la matière, il est donc nécessaire de connaître le comportement de cette matière pour déterminer les forces à mettre en jeu.

Les tests de rhéologie ont été réalisés à l'aide d'un rhéomètre rotatif à contrainte imposée (**Figure 10**). Il est équipé d'un module à cylindres coaxiaux (standard-size DIN) avec un rotor cylindrique : hauteur du cylindre d'immersion, diamètre du cylindre externe, diamètre du cylindre interne. La contrainte de cisaillement est la grandeur dynamique fondamentale en rhéologie. Au cours d'un mouvement laminaire de cisaillement, deux couches successives au contact l'une de l'autre se déplacent relativement l'une par rapport à l'autre. Il apparaît à l'interface de ces deux couches des forces de frottement qui s'exercent tangentiellement à la surface de la couche. Le yaourt étant un fluide viscoélastique rhéofluidifiant, toute manipulation énergique modifie ses propriétés rhéologiques. Un protocole fixé, établi lors de précédents travaux sur le yaourt (**KOSKOY et KILIC, 2004**), a été appliqué pour la préparation des échantillons.

Mode opératoire

Les yaourts sont stockés avant l'analyse dans un réfrigérateur à 4 °C pendant 8 jours (**CAYOTET *al.*, 2003**). 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 le pot de gauche à droite. La température des échantillons est ajustée à 10°C et est maintenue constante tout au long de l'analyse. L'échantillon de yaourt (10 ml) est placé dans l'espace entre le cylindre interne et le cylindre externe. Les échantillons sont restés dans le système pendant 10 à 15 min jusqu'à ce que la température se stabilise (10°C).



Figure 10 : Rhéomètre

II.3.3. Analyses microbiologiques

Le yaourt est un produit rapidement périssable, le contrôle microbiologique permet la détection de la flore pathogène et d'assurer par la suite au produit une bonne qualité générale sous l'angle organoleptique et une bonne conservation dans le temps (BOURGEOIS, 1996).

Le tableau 7 résume l'ensemble des germes recherchés dans le yaourt selon l'arrêt interministériel du 2 juillet 2017 (JORA N°39).

Tableau 7 : Les germes recherchés dans le yaourt (JORA N°39).

Germes recherchés	Méthodes
<i>Enterobacteriaceae</i>	ISO 21528-2 (2017)
<i>Staphylocoques</i> à coagulase +/-g	JORA 2014 N° 68
<i>Salmonella</i> /25g	JORA 2017 N°44
<i>Listeria monocytogenes</i> / 25g	JORA 2006 N°03

Remarque

Près 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 est assuré avec l'éthanol à 70° afin d'éviter toute contamination supplémentaire.

II.3.3.1. Préparation des dilutions

Introduire aseptiquement 10g du yaourt à analyser dans un flacon stérile contenant au préalable 90 ml de diluant Ringer puis mélanger et laisser reposer pendant 25min. 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**).

Voir l'**annexe 3**.

1) Recherche des *Enterobacteriaceae* (ISO 21528-2, 2017)

Les *Enterobacteriaceae* sont des micro-organismes formant des colonies caractéristiques sur gélose au cristal violet, à la bile et au glucose, fermentant le glucose et donnent une réaction oxydase négative lorsque les essais sont effectués selon les méthodes spécifiées dans le présent document.

➤ Principe

La recherche et le dénombrement des *Enterobacteriaceae* en milieu solide se fait par ensemencement d'échantillon sur un milieu gélose VRBG, la présence simultanée de cristal violet et de sels biliaires assure l'inhibition des bactéries à gram positif.

➤ La technique

- Introduire à l'aide d'une pipette pasteur 1 ml de chaque dilution dans des boîtes de pétri de 10^{-1} et 10^{-2} pour les 3 échantillons.
 - Nous versons la gélose VRBG maintenue en surfusion puis effectuons des mouvements de forme de 8 pour homogénéiser.
 - Après solidification, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 heures.
- **Lecture** ; apparition des colonies rose.

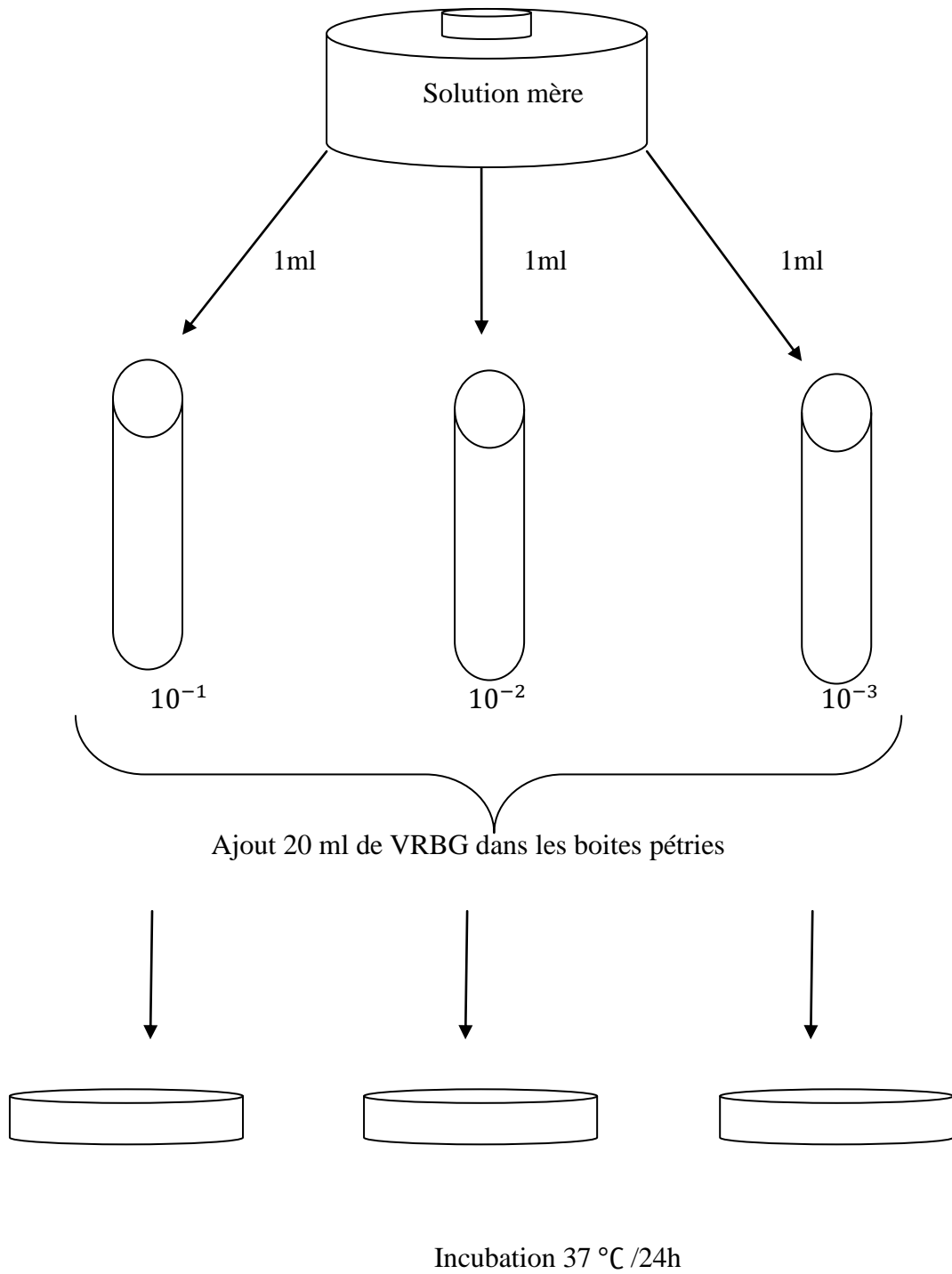


Figure 11 : Recherche et dénombrement des *Enterobacteriaceae*

2) **Recherche des *Staphylocoque à coagulase* positive (JORA 2014 N° 68)**

Ce sont des bactéries formant des colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques à la surface d'un milieu de culture sélectif et donnant une réaction positive à la coagulase. Lorsque l'essai est effectué selon la présente méthode.

➤ **Principe**

- ✚ Ensemencement en surface d'un milieu gélosé sélectif coulé dans deux séries de boîtes, avec une quantité déterminée de l'échantillon pour essai, si le produit à examiner est liquide, ou de la suspension mère dans le cas d'autres produits. Dans les mêmes conditions, l'ensemencement des dilutions décimales est obtenu à partir de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère, à raison de deux boîtes par dilution.
- ✚ Incubation de ces boîtes à 35° C ou à 37° C (la température est indiquée dans le bulletin d'analyse) en aérobiose et examen après 24 h et 48 h.
- ✚ Lecture et calcul du nombre de *staphylocoques à coagulase* positive par millilitre ou par gramme d'échantillon, à partir du nombre de colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques obtenues dans les boîtes retenues aux niveaux de dilution donnant un résultat significatif, et confirmées par un résultat positif de l'essai de la coagulase.

➤ **La technique**

- ✚ Prélèvement de 0.1 ml à partir de la dilution 10^{-1} à l'aide d'une pipette graduée stérile.
- ✚ Ensemencement sur le milieu de culture Baird Parker à l'aide d'un râteau.
- ✚ Mise à l'étuve à 37°C pendant 48 heures.
- ✚ La lecture de boîte de pétri.

3) **Recherche des *Salmonelles* (JORA 2017 N° 44)**

Les *Salmonelles* sont des micro-organismes formant des colonies typiques ou moins typiques sur des milieux sélectifs solides et possédant les caractéristiques biochimiques et sérologiques décrites lorsque l'essai est exécuté selon la présente méthode.

➤ **Principe**

Détermination de la présence ou de l'absence de ces micro-organismes dans une masse ou un volume déterminé de produit, lorsque l'essai est exécuté selon la présente

méthode. En général, la recherche des salmonella nécessite 4 phases successives telles qu'indiquées dans le mode opératoire suivant.

➤ **La démarche est la suivante (ISO 6579)**

- ✚ Pré-enrichissement dans un milieu non sélectif liquide : prélèvement de 25g de yaourt dans 225ml d'eau peptone tamponnée après l'incubation à 35 - 37°C pendant 16-20h.
- ✚ Enrichissement : 10 ml de culture (d'eau peptone tamponnée) dans 100 ml du bouillon sélénite SFB et incubation à 37°C pendant 24heures.
- ✚ Prélèvement de 0.1 ml du bouillon sélénite à l'aide d'une pipette graduée stérile.
- ✚ Inoculation sur le milieu de culture Hektoen à l'aide d'une anse flambée.
- ✚ Laisser les boîtes sur la paillasse pendant 15 min pour l'infiltration des germes.
- ✚ Mise à l'étuve à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- ✚ Lecture de boîte de pétri.

4) **Recherche de *Listeria monocytogenes* (JORA 2006 N°03)**

La détermination de la présence ou de l'absence de ce microorganisme, dans une masse ou un volume déterminé, quand les essais sont effectués selon la présente méthode.

➤ **Principe**

En général, la recherche de *Listeria monocytogenes* nécessite au moins quatre étapes successives qui illustré également par la représentation schématique du mode opératoire suivant : dans la **figure 12**.

Enrichissement primaire (25 gr ou 25 ml dans 225 ml de milieu Fraser au 1/2)

Incubation à 30 °C pendant 18 à 24 h



Ensemencement secondaire 0,1ml sur Fraser en tubes de 10 ml, et Isolement en stries sur gélose Oxford ou Palcam

Incubation à 37° C pendant 24 à 48 h



Sélection de trois à cinq colonies caractéristiques et isolement en stries sur une autre plaque de gélose Oxford ou Palcam

Incubation à 37° C pendant 24 à 48 h



Purification sur gélose TSYEA



Incubation à 37° C pendant 24 h(Ou plus, si nécessaire)



Examens complémentaires

Figure 12: Schéma de mode opératoire de la recherche de *Listeria monocytogenes*

✚ Enrichissement primaire (pré enrichissement) en milieu sélectif liquide :

Prise d'essai de 25 gr de yaourt dans le milieu sélectif Fraser au demi. Incubation à 30° C pendant 18 à 24 h.

✚ Enrichissement secondaire et isolement primaire :

Après la période d'incubation du milieu d'enrichissement primaire procéder :

- D'une part, à l'enrichissement secondaire dans du bouillon Fraser en tubes à raison de 0,1 ml de la solution obtenue en enrichissement primaire, à incuber à 37°C pendant 24h,

- Et d'autre part, à l'isolement primaire par stries sur une plaque de gélose Oxford ou Palcam. L'incubation se fera à 37°C pendant 24 à 48 heures.

✚ Confirmation

Après la période d'incubation des milieux de l'enrichissement secondaire procéder :

- D'une part, à l'isolement secondaire par stries sur une plaque de gélose Oxford ou Palcam, à partir du bouillon d'enrichissement secondaire. L'incubation se fera à 37°C pendant 24 à 48 heures,
- Et d'autre part, à la lecture des plaques de gélose Oxford ou Palcam. Observer les colonies caractéristiques, et repiquer trois à cinq d'entre elles sur milieu TSYEA en vue d'une purification. L'incubation des plaques de gélose TSYEA se fera à 37°C pendant 24 à 48 heures.

✚ Identification biochimique

Après la période d'incubation, procéder d'abord :

- A l'identification du genre *Listeria* basée sur l'aspect morphologique des colonies, la coloration de Gram et sur la réaction Catalase,
- Puis à l'identification de l'espèce *Listeria monocytogenes*, basée essentiellement sur l'hydrolyse de l'esculine, la mobilité à 22-25°C, les réactions (Voges Proskauer VP) et du rouge de méthyle, l'hémolyse ou le Camp-Test, la fermentation du glucose sans gaz, le type respiratoire.

II.3.4. Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle représente l'ensemble des méthodes, des outils et instruments qui permettent d'évaluer les qualités organoleptiques d'un produit, c'est-à-dire les caractéristiques faisant intervenir les organes des sens de l'être humain : le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe (ING, 1997).

L'analyse sensorielle a été effectuée sur 3 produits de yaourt :

- ❖ Yaourt enrichi en céréales fabriqué et commercialisé en Algérie Soummam (1).
- ❖ Yaourt enrichi en céréales fabriqué et commercialisé en Algérie Danone (2).
- ❖ Yaourt enrichi en céréales fabriqué en France Danone et commercialisé en France et en Algérie (3).

Selon la recommandation de l'entreprise de Danone certains paramètres sélectionnés sont à vérifier :

- ✓ **Formage** : s'il n'y a pas une déformation de l'aspect du pot.
- ✓ **Datage** : si l'impression de la DLC sur l'opercule est centrée dans la zone réservée.
- ✓ **Sécabilité** : si la séparation de deux pots est facile.
- ✓ **Pélabilité** : si l'enlèvement de l'opercule est facile.
- ✓ **Désigne** : s'il n'y a pas décalage de l'emballage de décor.
- ✓ **Texture** : vérification de la consistance, l'onctuosité et la sensation dans la bouche.
- ✓ **Présence des céréales** : s'il existe minimum 6 graines de céréales.
- ✓ **Gout** : si le produit n'est pas trop sucré ni acide.
- ✓ **Poids** : s'il est conforme à la norme.

Tous les produits sont retirés du réfrigérateur avant l'analyse, chaque yaourt est présenté dans des pots et étiqueté avec un code (1, 2 et 3). Le nombre de dégustateurs composé de 30 personnes âgées de 30 à 50 ans des deux sexes. Les membres des dégustateurs ne doivent pas fumer avant et pendant la dégustation, ils ne doivent pas être malade, surtout pas avoir faim, ni soif, ni consommer des aliments à parfum fort (café). Lorsqu'ils passent d'un produit à un autre, ils doivent se rincer la bouche avec de l'eau afin d'effacer le gout de produit précédent.

II.3.5. Etude statistique

L'analyse statistique (la moyenne et l'écart types des analyses) a été réalisée à l'aide de Microsoft Excel. Les résultats obtenus ont été rapportés comme la moyenne de trois déterminations. Les différences statistiques entre les groupes ont été déterminées par une seule analyse de variance (ANOVA).

Le logiciel du rhéomètre ANTON PAAR pour déterminer les graphes de la viscosité.

Chapitre III :

Résultats et

Discussion

III.1. Résultats

III.1.1. Résultats des analyses physico-chimiques

III.1.1.1. Suivi de pH des yaourts

Pendant un stockage de 30 jours à 4°C, le pH a été mesuré au cours du temps, les valeurs des échantillons de yaourts (1, 2, 3) ont montré dans la **figure 13**.

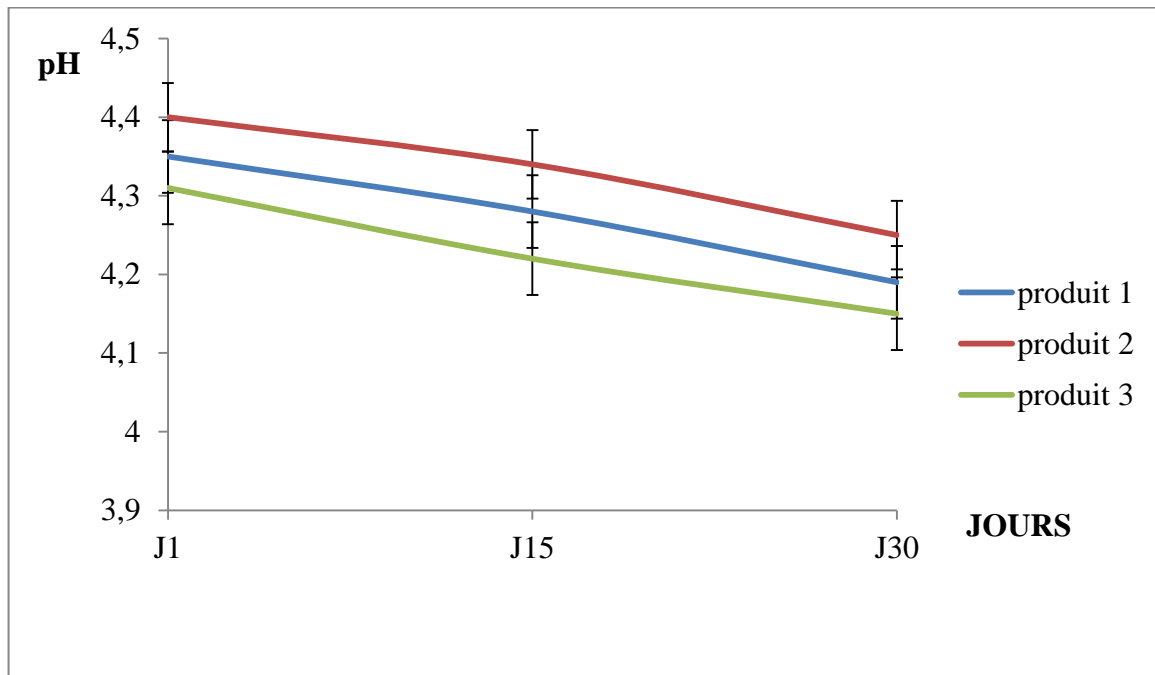


Figure 13 : Résultats du suivi du pH de 3 yaourts pendant 30 jours.

Produit 1 : Soummam céréalo; Produit 2 : Activia muesli DZ; produit 3 : Activia céréale FR

Selon la **figure 13**, les résultats montrent que le pH des yaourts diminue progressivement en fonction de temps de 4.40 à 4.15.

Le dosage de pH est de 4.35, 4.40, 4.31 respectivement pour les yaourts 1, 2 et 3 au jour 1, au bout de 30 jours de stockage à 4°C nous remarquons une légère diminution de la valeur du pH (pH= 4.19, 4.25, 4.15 respectivement pour les yaourts 1, 2 et 3). Les valeurs de pH des échantillons respectent la norme du yaourt commercial (pH= 4,0 à 4,4). Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par (SAH *et al.*, 2016), qui ont travaillé sur le yaourt probiotique enrichi avec la poudre d'écorce d'ananas riche en fibres.

III.1.1.2. Suivi de l'acidité titrable de yaourt

Avec les mêmes conditions précédentes nous avons mesuré l'acidité de nos produits, et les résultats sont illustrés dans la **figure 14**.

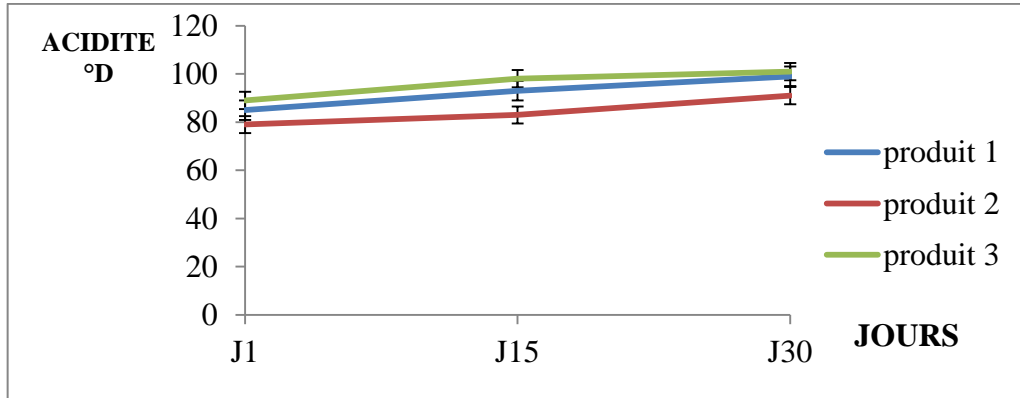


Figure 14 : Résultat du suivi de l'acidité de trois yaourts

Produit 1 : Soummam céréalo; Produit 2 : Activia muesli DZ; produit 3 : Activia céréale FR.

Selon la **figure 14** nous observons que l'acidité évolue progressivement et inversement avec le pH durant 30 jours de stockage des yaourts à 4°C.

Pour le yaourt 1 au premier jour de stockage à 4°C l'acidité titrable est de 85°D puis atteint la valeur de 99°D après 30 jours. La même cinétique est observée pour les échantillons 2 et 3 qui commencent à partir de 79 et 89°D au J1 et atteignent les 91 et 101°D respectivement après 30 jours de stockage à 4°C.

III.1.1.3. Teneur en matière sèche totale

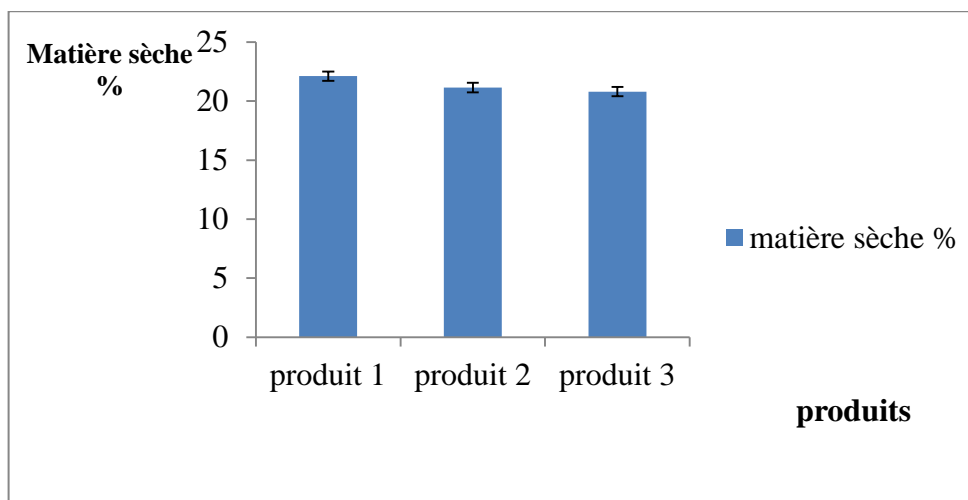


Figure 15 : Matière sèche total des trois yaourts.

Produit 1 : Soummam céréalo; Produit 2 : Activia muesli DZ; produit 3 : Activia céréale FR

Nous avons noté des teneurs très importantes de matières sèches des yaourts, allant de 20,80 jusqu'à 22,12%, dont le yaourt Soummam céréalo (produit 1) prend le dessus avec un taux extrême de 22,12%, les produits 2 et 3 (Activia mousli fabriqué et commercialisé en Algérie ; Activia céréale fabriqué en France et commercialisé en Algérie) affichent des taux presque identique (21,5 et 20,80% respectivement).

III.1.1.4. Taux de cendres

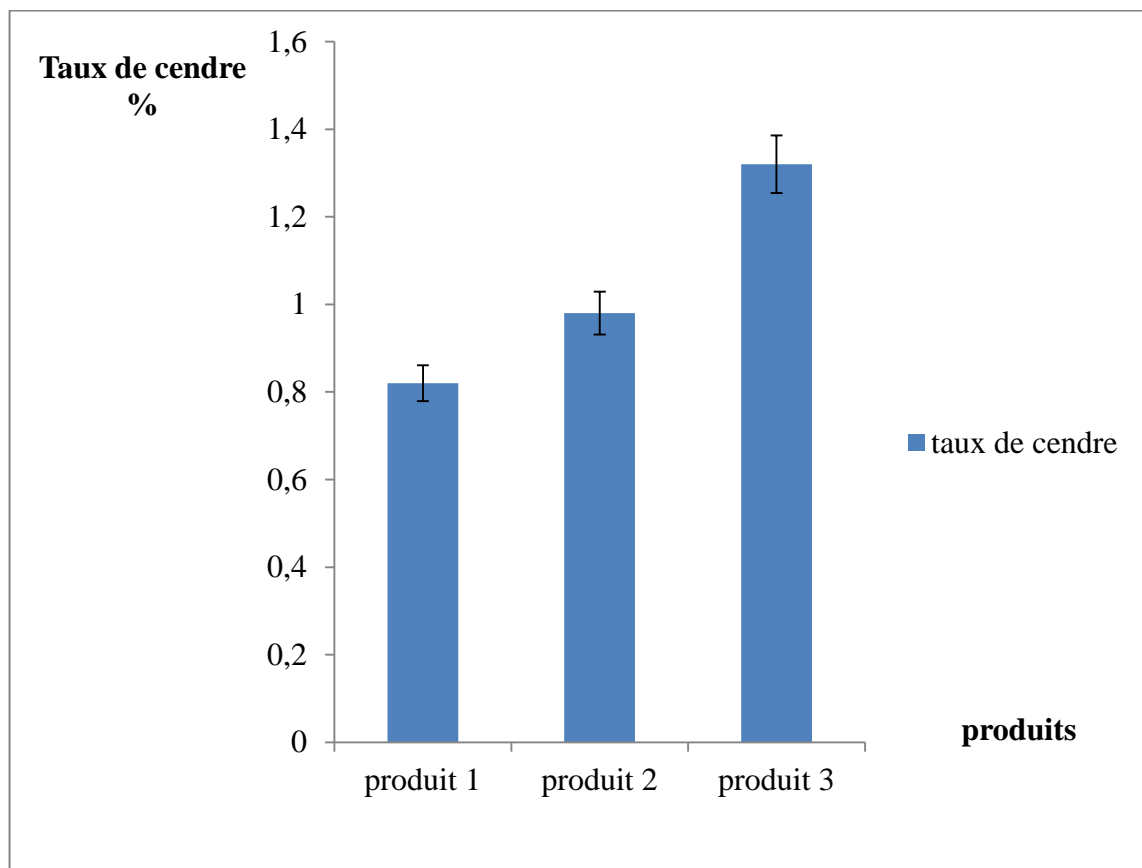


Figure 16 : Résultats des taux de cendre des trois yaourts.

Produit 1 : Soummam céréalo; Produit 2 : Activia muesli DZ ; produit 3 : Activia céréale FR

Le yaourt Soummam céréalo présente un taux faible en cendres (0,82%) en comparaison avec le produit 2 : Activia mousli fabriqué en Algérie et le produit 3 : Activia céréale fabriqué en France avec 0,98 et 1,32 % respectivement (**Figure16**).

III.1.1.5. Extrait soluble total (BRIX)

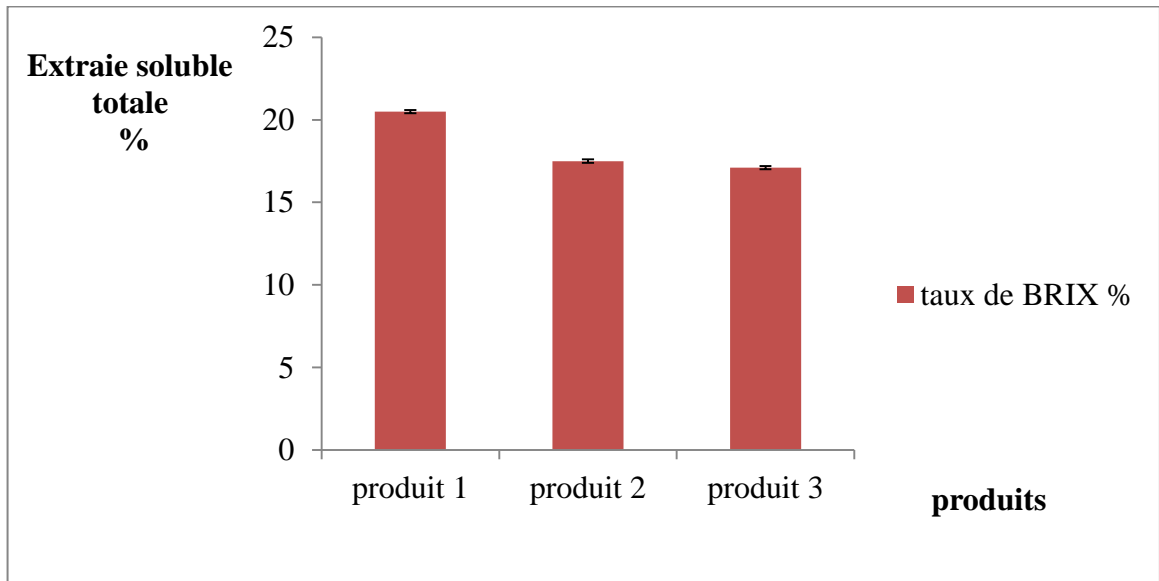


Figure 17 : Résultats d'extrait soluble total des trois yaourts.

Produit 1 : Soummam céréalo; Produit 2 : Activia muesli DZ ; produit 3 : Activia céréale FR

Le yaourt Soummam céréalo présente le BRIX le plus élevé (20,5%) suivie par le yaourt Activia mousli fabriqué en Algérie et Activia céréale fabriqué en France avec des teneurs plus faibles (17,5 et 17,1% respectivement)(Figure 17).

III.1.1.6. Teneur en protéine

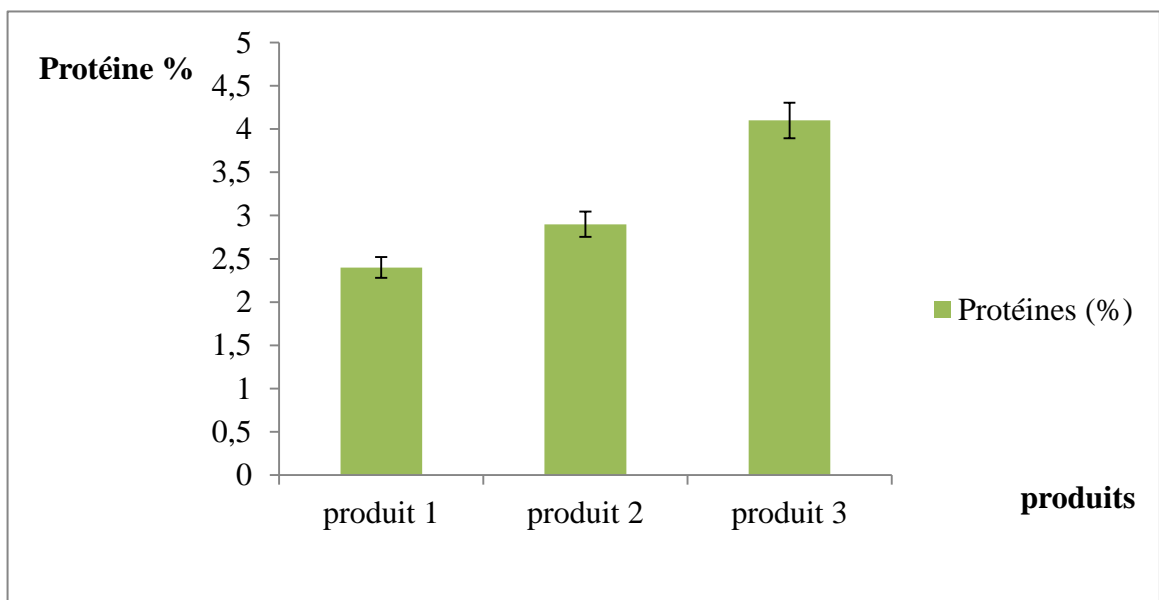


Figure 18 : Résultats de teneur en protéine des trois yaourts

Produit 1 : Soummam céréalo; Produit 2 : Activia muesli DZ ; produit 3 : Activia céréale FR

Le yaourt Soummam céréalo présente une teneur en protéines faible, suivie par le yaourt Activia mousli fabriqué en Algérie et Activia céréale fabriqué en France (2,4 ; 2,9 et 4,1% respectivement) (**Figure 18**).

III.1.1.7. Teneur en matière grasse

La matière grasse elle est exprimée en pourcentage dans la **figure 19**, elle peut être aussi exprimée en g/l (2.4%=24g/l).

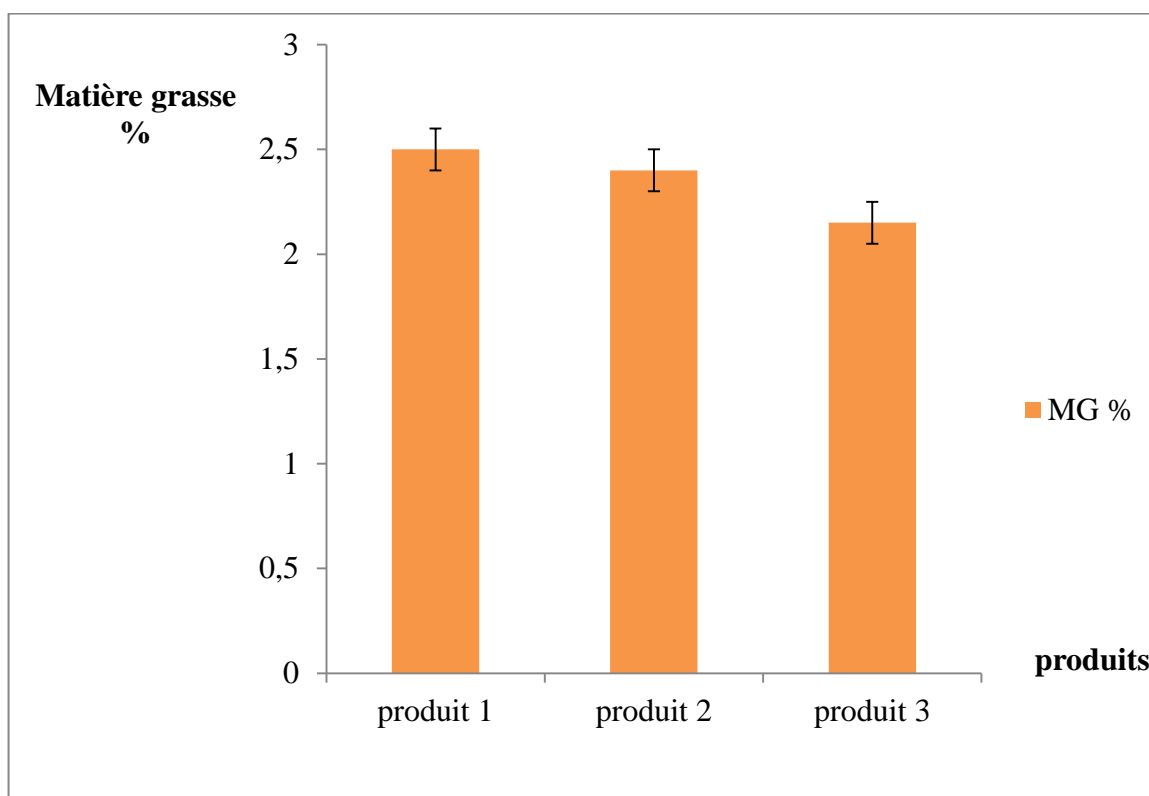


Figure 19 : Résultats de teneur en matière grasse des trois 3 yaourts

Produit 1 : Soummam céréalo; Produit 2 : Activia muesli DZ ; produit 3 : Activia céréale FR

Le yaourt Soummam céréalo présente le taux de matière grasse le plus élevé (2,5%) suivie par le yaourt Activia muesli fabriqué en Algérie et Activia céréale fabriqué en France (2,4 et 2,15% respectivement) (**Figure 19**).

➤ Résultats de profil en acides gras par chromatographie phase gazeuse

Les résultats du profil en acides gras des trois yaourts utilisés dans notre étude sont montrés dans le **tableau 15 (Annexe 4)**.

Tableau 8 : Résultats de profil en acides gras par CPG des trois 3 yaourts

Composition et teneur en acides gras de la Matière Grasse de Yaourt en (%)				
Acides gras	Dénomination	Produit 1 Soummam Cérealo	Produit 2 Activia DZ	Produit 3 Activia FR
C4 :0	Acide Butyrique	0.90 %	0.84 %	1.59 %
C6 :0	Acide Caproïque	1.04 %	0.62 %	1.17 %
C8 :0	Acide Caprylique	0.61 %	0.47 %	0.71 %
C10 :0	Acide Caprique	1.87 %	1.55 %	2.00 %
C12 :0	Acide Laurique	4.71 %	2.70 %	3.34 %
C14 :0	Acide myristique	12.89 %	11.01 %	11.64 %
C14 :1	A.tétradécénoïque	1.38 %	1.23 %	1.19 %
C15 :0	A.Pentadécanoïque	1.26 %	1.23 %	1.21 %
C16 :0	Acide palmitique	32.37 %	30.39 %	32.45 %
C16 :1 ω 7	Acide palmitoléique	1.51 %	1.57 %	1.66 %
C17 :0	Acide Margarique	0.82 %	0.81 %	0.70 %
C17 :1	Acide Margaroleique	0.35 %	0.33 %	0.31 %
C18 :0	Acide stéarique	9.99 %	12.73 %	9.82 %
C18 :1 ω 9	Acide oléique	22.20 %	23.68 %	24.59 %
C18 :2 ω 6	Acide linoléique	1.88 %	3.42 %	2.58 %
C18 :3 ω 3	Acide linoléinique	0.57 %	0.81 %	0.41 %
C20 :0	Acide Arachidonique	1.10 %	0.94 %	0.59 %
C20 :1	Acide Gondoïque	0.31 %	0.16 %	0.26 %
Acides gras Saturés		67.56 %	63.29 %	65.22 %
Acides gras Mono insaturés		25.75 %	26.97 %	28.01 %
Acides gras poly insaturés		4.45 %	4.83 %	2.99 %

La chromatographie en phase gazeuse (C.P.G) est la principale technique pour déterminer le profil d'acides gras du yaourt. Toute fois étant donné que les acides gras sont naturellement estérifiés sous forme de triglycérides, leur séparation par la chromatographie

en phase gazeuse est très difficile vu que ce type de chromatographie est utilisé pour la séparation de molécules de faible masse moléculaire et apolaires ou faiblement polaires.

D'après le **tableau 8** nous remarquons que le yaourt est composé d'une grande variété d'Acide gras, dont la longueur de la chaîne est comprise entre 4 à 20 carbones (C4 à C20). Aussi nous constatons que les acides gras saturés, à nombre pair de carbone, dominent très largement puisqu'ils représentent à eux seuls près de la majorité des acides gras contenus dans le yaourt. Les acides gras saturés de faible poids moléculaire (C4-C10) sont présents en quantités modestes alors que les acides gras insaturés sont très variés. Les acides gras polyinsaturés n'existent qu'en proportions faibles. Il en découle que les acides gras essentiels sont peu présents dans le yaourt (de l'ordre de 1,88 jusqu'à 3,42%) dont le plus abondant c'est l'acide linoléique (C18 :2).

Nous remarquons que l'acide palmitique (C16 :0) et l'acide oléique (C18 :1) sont très abondants, ils sont considérés comme de bons fournisseurs d'énergie, l'acide oléique réduit aussi la cholestérolémie ce qui constitue un point positif indiscutable pour le yaourt.

Le profil en acide gras du yaourt Soummam fabriqué et commercialisé en Algérie (Produit 1) ressemble au profil en acide gras du yaourt Activia fabriqué en France. Cependant le produit 3 présente le meilleur profil en acides gras (**Tableau 8**).

III.1.1.8. Résultats d'analyse rhéologique (la viscosité)

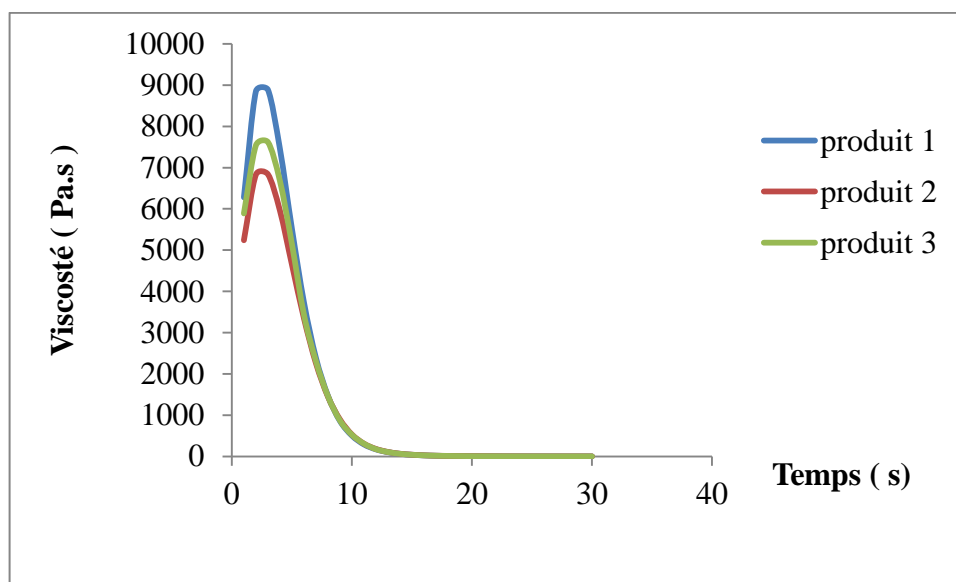


Figure 20: Résultats de viscosité des trois yaourts

Produit 1 : Soummam céréalo; Produit 2 : Activia muesli DZ ; produit 3 : Activia céréale FR

D'après la (figure 20) qui représente les courbes d'écoulement en termes de viscosité apparente en fonction de temps de cisaillement. Le comportement des trois produits de yaourt est globalement non newtonien, vue la variation affichée de la viscosité.

III.1.2. Résultats des analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques des différents échantillons sont illustrés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Résultats des analyses microbiologiques des trois yaourts.

Germes recherchés	Témoin	Produit 1	Produit 2	Produit 3	Limites microbiologique (UFC/g) JORA, 2017	
					m	M
<i>Enterobacteriaceae</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	10	10 ²
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	10	10 ²
<i>Salmonella</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence dans 25g	
<i>Listeria monocytogenes</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	100	

Produit 1 : Soummam céréalo; Produit 2 : Activia muesli DZ ; produit 3 : Activia céréale FR

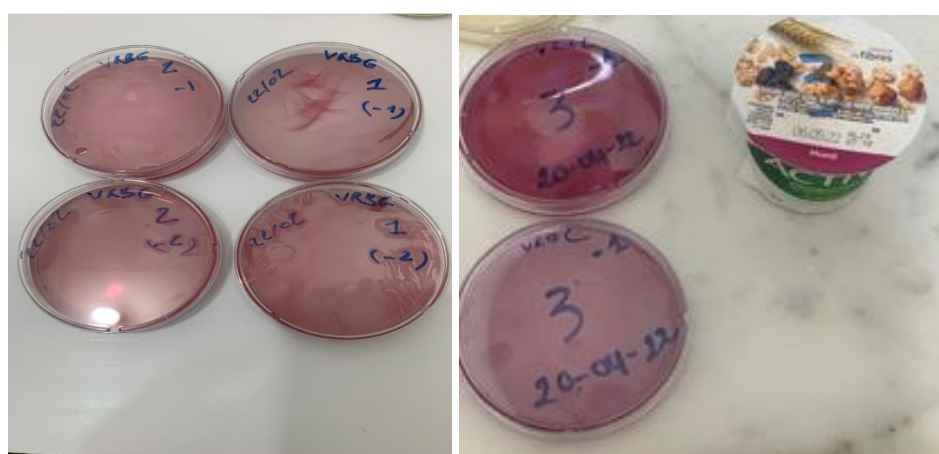


Figure 21 : Incubation et lecture des *Enterobacteriaceae* du 3 yaourts (original).

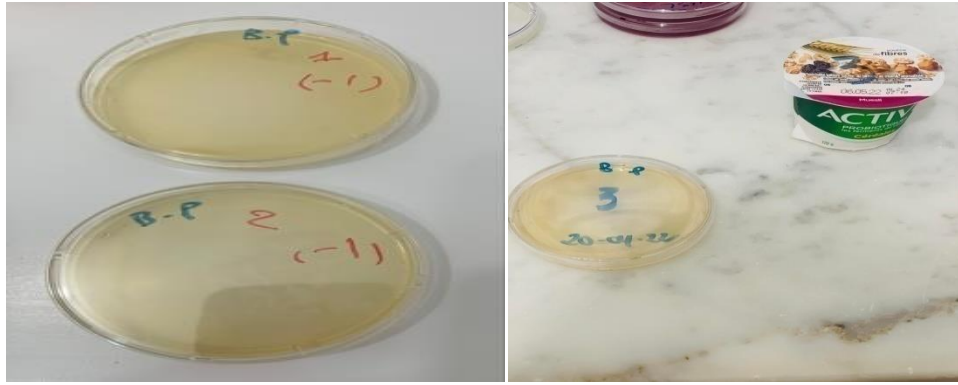


Figure 22 : Incubation et lecture des *Staphylocoque* à *coagulase positive* du 3 yaourts (original).

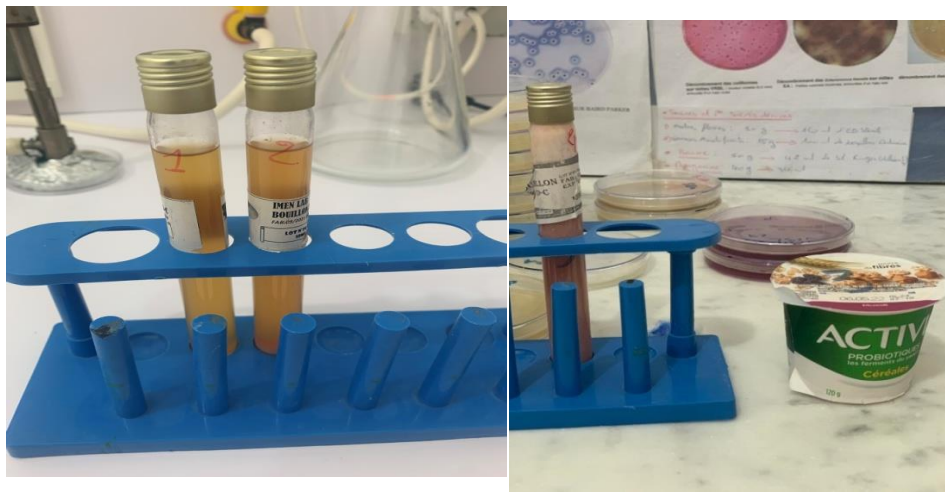


Figure 23 : Incubation et lecture de *Salmonella* du 3 yaourts (original).

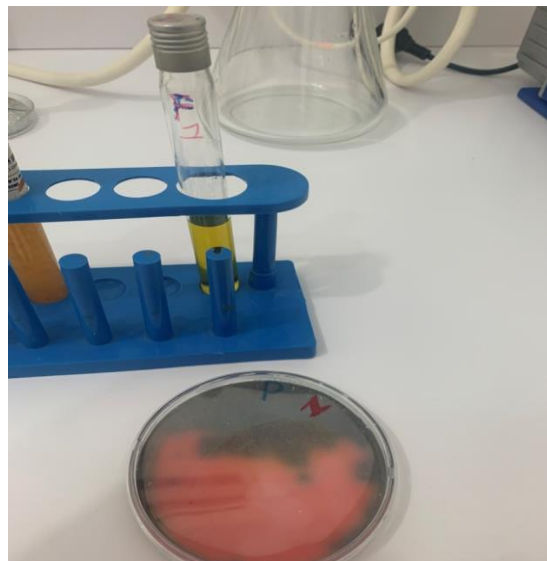


Figure 24 : Incubation et lecture de *Listeria monocytogenes* du 3 yaourts (original).

Les résultats obtenus lors de l'analyse microbiologique montrent une absence totale des germes recherchés (*Enterobacteriaceae*, *Staphylocoque à coagulase positive*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*) dans les trois yaourts étudiés.

III.1.3. Résultats des analyses sensorielles

Les résultats sensoriels de 3 produits sont présentés dans le **tableau 10**

Tableau 10 : Résultats sensoriels des yaourts

Produits Paramètres	Produit 1	Produit 2	Produit 3
Formage	Satisfaisant	Très satisfaisant	Très satisfaisant
Datage	Non Satisfaisant	Très satisfaisant	Très satisfaisant
Sécabilité	Satisfaisant	Très satisfaisant	Très satisfaisant
Pélabilité	Satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Aspect Décor	Satisfaisant	Très satisfaisant	Très satisfaisant
Texture	Très satisfaisant	Très satisfaisant	Très satisfaisant
Présence des céréales	Très satisfaisant	Très satisfaisant	Très satisfaisant
Goût	Très satisfaisant	Très satisfaisant	Très satisfaisant
Poids	100g	105g	120g

Produit 1 : Soummam céréalo; Produit 2 : Activia muesli DZ; produit 3 : Activia céréale FR

D'après le tableau obtenu, nous remarquons que les caractères organoleptiques des yaourts analysés sont généralement des caractères d'un yaourt brassé, les résultats sont les suivants : Le goût et la texture et la présence de céréales sont très bonnes puisqu'elles sont sélectionnées à des notes élevées dans les yaourts Soummam, Activia 1, Activia 2. Alors que dans le paramètre datage le produit 1 (Soommam) a eu une note non satisfaisante par les jurés.

D'autre part le formage, désigne, sécabilité et pélabilité du Soummam (Produit 1) à de faibles notes par rapport au autres produits 2 et 3.

Concernons le poids les 3 produits ont montré des poids exact sur l'emballage.

III.2. Discussion

III.2.1. Analyses physico-chimique

pH

Le pH des yaourts obtenus après 30 jours de stockage est légèrement acide. Ce bilan résulte de la production progressive de l'acide lactique à partir du lactose présent dans le lait par les bactéries lactiques *Streptococcus Thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*, appelé phénomène de fermentation lactique. Cette activité est faible les derniers jours de stockage des yaourts, cela peut être dû au nombre et à la résistance des bactéries lactiques dans ces conditions, ainsi que la température de conservation. La température basse de stockage des yaourts (4°C) n'a pas complètement arrêté l'activité des ferments mais a empêché leur multiplication ce qui provoque l'acidification lente du milieu et inhibe le développement des deux ferments lactiques et par conséquent la production d'acide lactique.

Acidité titrable

Les valeurs d'acidité titrable pour tous les yaourts 1, 2 et 3 étudiés ont été légèrement augmentées lors d'un stockage à 4°C pendant 30 jours. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par (Ozturkoglu et al., 2016) et (GHALEM et al., 2013) qui ont respectivement travaillé sur le yaourt additionné de noix séchées et le yaourt additionné d'huile de *Rosmarinus officinalis*.

L'acidité du yaourt est due à la formation d'acide lactique à partir de métabolisme de lactose par les ferments lactiques, Il ya lieu de préciser que cette acidité présente un avantage pour le yaourt car elle permet d'inhiber le développement de la plupart des micro-organismes contaminants. C'est pourquoi le yaourt était considéré comme une forme de conservation de lait (LEYRAL et VIERLING, 2001).

L'augmentation des valeurs d'acidité titrable et la diminution des valeurs de pH pour les échantillons de yaourt enrichis en céréales 1, 2 et 3 obtenues dans notre étude sont en accord avec les résultats obtenus par (PELAES et al., 2015) pour le yaourt additionné d'extrait aqueux de *Pleurotus ostreatus*, et nous observons que leurs valeurs sont typiques, conformes à l'exigence pertinente spécifiée dans les réglementations légales selon **JORA 2021 N°06**.

Matière sèche total

Les teneurs en matières sèches des yaourts enrichis en céréales commercialisés en Algérie varient de 20,80 jusqu'à 22,12%. D'après ces résultats, il apparaît d'une part que le taux de matière sèche de nos produits est comparativement similaire à celui obtenu par (**NONGONIERMA et al., 2006**), pour des yaourt à 0% et à 5% de matière grasse additionné de sirops de sucre les teneurs en extrait sec total sont respectivement de 20.8 et 25.1%. Selon le journal officiel **JORA, 2017**, la teneur minimale en extrait sec totale (EST) de yaourt est de 8.2%. Donc les 3 produits du yaourt enrichi en céréales sont riches en matière sèche. La teneur en EST à une très grande influence sur la qualité des produits finis. En effet **MAHIEU (1994)**, a montré que plus la valeur de l'extrait sec est élevée, plus le rendement de transformation technologique est élevé. Un lait cru ayant un EST convenable permet de produire un yaourt d'excellente qualité sensorielle (**HACHANA et al., 2017**).

Cendres

Le taux des cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans le yaourt. Les résultats des analyses effectuées, révèlent que la teneur totale en cendres du yaourt varie de 0,82% à 1,32%. Ces valeurs sont modérément supérieures à celles trouvées par (**EZEONU et al., 2016**), pour les yaourts à base de lait de vache (0,73 %), cependant (**Mohammed et al., 2006**) ont notés lors des analyses des dix échantillons des yaourts brassés, une teneur comprise entre 0.73 et 0.92% des cendres. Nos produits ont des pourcentages en matière minérale plus élevés à ceux obtenu par les auteurs. Mais ils sont inclus dans l'intervalle des cendres des produits laitiers (0.5-5.1%) (**IBRAHIM et ATEF, 2002**). D'après l'étude faite par **NDIAYE ET al.(2019)**, la masse de cendres augmente avec l'élévation de la masse de lait.

D'après les résultats de cette étude, le taux de cendre augmente avec l'enrichissement du yaourt en céréales.

BRIX

L'ensemble des résultats obtenus du taux de BRIX se situe entre (17,5 et 20,5%). Les résultats des 3 yaourts enrichis en céréales sont supérieurs de ceux enregistrés par (**DALILA et IDIRI, 2018**) avec un Brix de 16%. Cela peut être expliqué par le début de la

dégradation de l'amidon des céréales qui est un sucre complexe composé d'une longue chaîne glucosidique sous l'influence des bactéries lactiques.

Protéines

Les résultats révèlent que la teneur en protéines des yaourts étudiés varie de 2,4 à 4,1%. Ces derniers sont proches aux résultats obtenus par **AGUIRRE-MANDUJANO et al. (2009)**, en analysant la microstructure et les propriétés viscoélastiques du yaourt ont notés des teneurs en protéines entre (3.43 et 3.91%).

Selon le **Codex alimentarius (2011)**, le yaourt doit contenir au minimum 2,7% de protéines. Néanmoins le produit 1 SOUMMAM n'est pas conforme à la norme en vigueur du codex Alimentarius. En conclusion, nous pouvons dire que le produit 3 Activia France est le plus riche en protéines, sachant que le taux de protéines dans les échantillons est influencé par la qualité de la poudre de lait utilisée lors de la fabrication du yaourt et la quantité et la qualité de céréales contenue dans les produits. Selon (**TAMIME et al., 2014**) La variation de la teneur en protéines et de la composition en protéines des yaourts commerciaux et des laits fermentés concentrés entraîne une grande variation des propriétés physiques et sensorielles des yaourts du marché.

Matière grasse

Les résultats de la matière grasse de l'ensemble des produits analysés varient de 2 à 2,5 %. Les teneurs en matières grasses sont presque similaires avec ceux trouvés par (**ISANGA et ZHANG, 2009**) avec un pourcentage de 2,61 %.

Selon le **codex alimentarius (2011)** et **JORA (1998)**, la matière grasse doit être au minimum égal à 3% (m/m) dans le cas des yaourts gras (nature, sucrés ou aromatisés), elle varie aussi entre 0,5% (yaourts écrémés) et 3%, dans le cas des yaourts partiellement écrémés ou maigres. Par comparaison de nos résultats avec la norme de codex alimentarius, nous remarquons qu'il répond aux exigences normatives et nous pouvons classer les 3 produits comme des yaourts partiellement écrémés.

Profil en acides gras par CPG

D'après le **tableau 8** L'analyse des chromatogrammes obtenus est relativement complexe compte tenu de la quantité d'acides gras présents dans les produits de yaourt 1, 2 et 3. En effet, chaque produit analysé comporte en moyenne dix-huit d'acides gras

différents. Ainsi, pour identifier avec certitude chacun des acides gras présents, nous avons comparé nos chromatogrammes obtenus à un chromatogramme de référence en le comparant au mélange d'étalon en fonction de leur temps de rétention.

La composition quantitative de produit 1 (Soummam) en acides gras, elle diffère de celle établie par le produit 2 et 3 (Activia) il contient plus d'acide gras saturés (67,56%) et il contient moins d'acide gras mono insaturés et poly insaturés (25,75% AGMI, 4,45% AGPI).

La composition quantitative de produit 2 (Activia) en acides gras, elle diffère de celle établie par le produit 1 et 3 (Soummam et Activia) il contient plus d'acide gras poly insaturés (4,83 %) et il contient moins d'acide gras saturés et mono insaturés (63,29% AGS, 26,97% AGMI).

La composition quantitative de produit 3 (Activia) en acides gras, elle diffère de celle établie par le produit 1 et 2(Soummam et Activia) il contient plus d'acide gras mono insaturés (28,01%) et il contient moins d'acide gras saturés et poly insaturés (65,22% AGS, 2,99% AGPI).

Nous pouvons dire que nos résultats sont comparables avec ceux qu'obtenus par **(GUYOT et PIRAUX, 1965)**. Nous avons trouvé que les acides gras saturés dominant dans le yaourt contrairement aux acides gras essentiels dont le plus abondant c'est l'acide linoléique (C18 :2).

Cette différence de composition entre les produits de yaourt analyses est liée à plusieurs facteurs comme l'alimentation, l'état physiologique de l'animal, le stade de lactation, le climat, la race...etc, le facteur commun dont on peut discuter c'est l'influence de la saison sur le taux butyreux puisque les produits des yaourts qui nous avons analysés sont fabriqués à base de matière première différente.

La saison a un effet incontournable sur la variation de la production et de la composition du lait, l'influence de la saison qu'il n'est d'ailleurs pas facile d'isoler de celle de l'alimentation, peut intervenir pour atténuer ou accentuer l'amplitude des variations liées au stade de lactation **(JOUZIER et COHEN, 1995)**. Selon **JEANTET et al., (2008)**, l'influence de la saison est étroitement associée aux effets de l'alimentation qui évoluent simultanément. **CHEMINEAU et al., (2010)**, rapporte que le TB, le plus bas du lait de vache s'enregistre entre Juin et Juillet et le taux le plus élevés en Février et Octobre

(amplitude d'environ 3g), à l'inverse, la production laitière est maximale au mois de Juin et minimale au mois de Décembre (amplitude d'environ 2,5kg/j quel que soit la race considérée).

II.2.2. Analyse rhéologique (viscosité)

Le yaourt est défini comme un fluide viscoélastique faible qui est incapable de conserver sa structure intégrale lors d'un cisaillement élevé (**ZISU et SHAH, 2003**). Il possède, à la fois les propriétés visqueuses d'un liquide et les propriétés élastiques d'un solide.

La viscosité intrinsèque du yaourt est liée à sa densité (plus la densité est faible plus le yaourt est pauvre en éléments et visqueux). Les changements de la viscosité, semblent en fonction de la marque de produit analysé, sa composition et son mode de préparation.

D'après les résultats de la viscosité des trois yaourts étudiés, nous pouvons conclure que le yaourt est un fluide non newtonien de la famille rhéofluidifiant donc il est facile à l'écoulement.

II.2.3. Analyses microbiologique

Les résultats des analyses microbiologiques des yaourts étudiés montrent une absence totale des germes recherchés (*Enterobacteriaceae*, *Staphylocoque à coagulase positive*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*), ce qui indique que le produit répond aux critères établies par le Journal Officiel de la République Algérienne (**JORA**), N° 39, du 2 juillet 2017 et par le règlement N°2073/2005 de la Commission Européenne du 15 novembre 2005. Dans les critères de sécurité à respecter, présenter uniquement l'absence de la bactérie pathogène *Listeria monocytogenes* dans 25 g de produit. Mais les fabricants vérifient également l'absence de *Salmonella* dans 25 g de produit, et que ceux-ci contiennent moins de 10 UFC / g d'entérobactéries.

Cette fiabilité est due à la conséquence de :

- ✓ l'efficacité du traitement thermique appliqué.
- ✓ l'utilisation d'une matière première de bonne qualité hygiénique,
- ✓ les BPF ont été convenablement respectées,
- ✓ le respect des normes des opérations de transformation et conservation des produits.

D'après VIGNOLA, 2002, la recherche des staphylocoques s'effectue pour l'évaluation de la qualité sanitaire des produits alimentaires, plus particulièrement les produits laitiers, la présence de cette espèce peut produire des entérotoxines dont l'ingestion provoque des vomissements sévères, souvent accompagnés de diarrhée.

Salmonella a provoqué les mêmes symptômes caractéristiques d'une toxi-infection alimentaire.

Le développement des bactéries dépend de l'acidité du produit (le pH) et de la quantité d'eau disponible pour le développement des bactéries. L'eau disponible est caractérisée par la notion d'activité de l'eau (a_w) et varie entre 0 et 1. La diminution du pH et de l' a_w permet de ralentir la multiplication de la bactérie, voire de l'arrêter. Le nouveau règlement définit que les produits pour lesquels le pH est inférieur à 4,4 ou l' a_w est inférieure à 0,92 sont considérés comme des denrées ne permettant pas le développement de *Listeria monocytogenes*.

Ces dernières années, les sources de contamination suivantes ont été mises en évidence (SINDIE et al., 2006):

- ❖ l'air (ensilages, foin...).
- ❖ des travaux dans les locaux proches.
- ❖ l'humidité (air confiné).
- ❖ l'eau de puits.
- ❖ contamination croisée (disposition des locaux, laiterie trop petite...)
- ❖ listériose récente dans le cheptel et/ou un animal excréteur

Ces contaminations initiales sont aggravées suite à une mauvaise maîtrise de l'acidification (pièce de maturation trop froide, ferments mal ou pas utilisés...)

Nous constatons que nos échantillons de yaourt enrichis en céréales sont d'une très bonne qualité hygiénique, et ne présentent aucun risque pour la santé du consommateur car il ne contient aucune bactérie pathogène responsable d'intoxication.

II.2.4. Analyses sensorielles

D'après les résultats des analyses sensorielles, nous avons remarqué des résultats satisfaisant de la majorité des critères des évaluations sensorielles des trois yaourts enrichis en céréales. Cependant, au niveau des résultats d'emballage de produit 1 où nous avons constaté que le datage n'est pas bien noté, ce qui est dû à un défaut du dateur au niveau de

l'opercule. Concernant la texture, le goût et la présence de céréales, le test hédonique révèle la satisfaction de gens. À propos du poids, les 3 produits ont montré des poids exact sur l'emballage. Cette perfection du poids serait dû au fonctionnement des doseurs.

ce qui concerne le goût et la texture , il y a deux remarques , d'une part c'est que tout les yaourts 1, 2 et 3 mentionnés au début ont des notes élevé c'est à dire ont des très bonnes goûts et textures ce qui montre qu'il n'y a aucun indice d'altération , donc les conditions de pasteurisation (temps , température) et l'hygiène sont respectées outre que les conditions de conservation qui sont bien suivies (la stabilisation de l'acidité) .

D'après les résultats de **tableau 10** le yaourt Activia céréale fabriqué en France (produit 3) est le meilleur produit dans les analyses sensorielles par rapport au autre produit 1 et 2.

Conclusion

Conclusion

Au terme de notre étude qui a porté sur trois échantillons des yaourts brassés enrichis en céréales ayant fait l'objet des analyses physico-chimiques, microbiologiques, rhéologique et sensorielles. Les résultats obtenus révèlent un bilan positif, donc les yaourts commercialisés sur le marché algérien sont de bonne qualité dans leur ensemble. En effet à:

- ✓ Sur le plan physico-chimique les résultats ont été compris dans des intervalles proches des normes nationales et internationales retenues pour le yaourt. L'acidité et le pH ont varié continuellement pour les yaourts des différentes marques. Pour le paramètre pH est de 4,19; 4,25 et 4,15 respectivement pour le produit 1, produit 2 et produits 3. Nous permettons de conclure que : Le pH diminue progressivement contrairement à l'acidité titrable qui augmente considérablement au cours de la période de conservation de 30 jours à 4°C. La teneur de la matière sèche est en moyenne de 22.12%, 21,5%, 20.8%. avec un brix 20.5%, 17.5%, 17.1% et de 2.4%, 2.9%, 4.1% de protéines, de matière grasse 2.5%, 2.4%, 2.15%, et de cendres 0.82%, 0.98%, 1.32%, respectivement les trois yaourts. Tous ces résultats sont conformes aux normes algériennes. Les analyses physicochimiques montrent que les trois échantillons du yaourt sont conformes aux normes nationales et internationales donc une qualité nutritionnelle suffisante.
- ✓ Les analyses microbiologiques montrent une conformité de nos échantillons aux normes nationales, que veut dire que les yaourts sont de qualité hygiénique, due à l'absence totale des germes pathogènes.
- ✓ L'analyse organoleptique montre que la qualité de nos échantillons est très satisfaisante sur le plan désigne, texture, présence des céréales, goût, poids de trois produit.
- ✓ Du point de vue rhéologique, les trois yaourts (produit 1 ,2 et 3) peuvent être considérés comme des fluides rheofluidifiants (non Newtonien).

Les résultats ont montré que les différents types de fibres incorporées dans le yaourt affectent de manière significative ses propriétés rhéologiques ainsi que sa composition, et d'autres caractéristiques sensorielles. Cette étude ouvre la voie pour tester d'autres types de fibres obtenues comme sous-produit de la transformation industrielle des

aliments pour obtenir des yaourts enrichis et pourrait être considérée comme une alternative pour incorporer des fibres dans l'alimentation humaine.

D'après les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques sensorielles et rhéologique le meilleur yaourt parmi les trois yaourts utilisés c'est le Activia céréale fabriqué en France.

Références bibliographiques

- 1) AFNOR, 1985. Contrôle de la qualité des produits laitiers. Analyses physiques et chimiques, 3^{ème}ed. Paris : AFNOR, 321 p.
- 2) AFNOR, 1986. NF EN ISO 10523 mai 2012 ph Mesure du pH.
- 3) AFNOR. 1999. Lait et produits laitiers. Volume 1. Edition AFNOR. p501, 502.
- 4) Aguirre -Mandujano E., Lobato-Calleros C., Beristain C. I., Garcia H.S and Vernon-Carter E.J. 2009. Microstructure et propriétés viscoélastiques du yaourt allégé structuré par des gels de monoglycérides. LWT - Science et technologie alimentaires.42: 938-944.
- 5) Aliouane S., Rabehi A., 2017. Contrôle de fonctionnement du système HACCP dans l'entreprise Draa Eddiss wilaya blida (filère lait- yaourt), Projet de fin d'études en vue de l'Obtention du Diplôme De Docteur Vétérinaire, Université Saad Dahlab-Blida, 22p.
- 6) Allgeyer, L.C., Miller, M.J., Lee, S.Y. 2010. Sensory and microbiological quality of yogurt drinks with prebiotics and probiotics. Journal of Dairy Science; 93: 4471-4479.
- 7) Amellal, C., 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. Pp. 164. (la matière de yaourt).
- 8) Amellal, R. 2000. La filière lait en Algérie: entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. Institut National d'Agronomie El- Harrache. Option méditerranéenne. Sér.B N° 14.Pp. 230-232.
- 9) Amrane A., 2001. Lacticacid production during the associated and the décélération growth phases of Lactobacillus helveticuscultivated in various conditions and media. Physiology, metabolism. Lait, 81: 91-103.
- 10) Araya, M., Morelli, L., Reid, G., Sanders, M.E., Stanton C., Pineiro, M., Embarek, P.B. 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food Joint FAO/WHO Working Group Report Drafting Guidelines Eval. Probiotics Food, London (Ontario,Canada); 30: 1-11.
- 11) Balthazar, C. F., Conte Júnior, C. A., Moraes, J., Costa, M. P., Raices, R. S. L., Franco, R. M., Silva, A. C. O. 2016. Physicochemical evaluation of sheep milk

- yogurts containing different levels of inulin. *Journal of Dairy Science*, 99, 4160–4168.
- 12) Beal, C., Corrieu G. 1991. Influence of pH, temperature, and inoculum composition on mixed Cultures of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. *Biotechnol. Bioeng.*, vol.38, Pp.90-98.
 - 13) Béal, C., Sodini I. 2003. Fabrication des yaourts et des laits fermentés. *Techniques de L'Ingénieur, traité Agroalimentaire*, 315p.
 - 14) Bertolino, M., Belviso, S., Dal Bello, B., Ghirardello, D., Giordano, M., Rolle, L., Zeppa, G. 2015. Influence of the addition of different hazelnut skins on the physicochemical, antioxidant, polyphenol and sensory properties of yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 63(2), 1145–1154.
 - 15) Bitaraf, M. S., Khodaiyan, F., Mohammadifar, M. A., Mousavi, S. M. 2012. Application of response surface methodology to improve fermentation time and rheological properties of probiotic yogurt containing *Lactobacillus reuteri*. *Food and Bioprocess Technology*, 5 (4), 1394–1401.
 - 16) Bos, C., Gaudichon, C., Tome, D. 2000. Nutritional and physiological criteria in the assessment of milk protein quality for humans. *J. Am. Coll. Nutr.*, 19:191S-205S.
 - 17) Bouchefra, A., 2012. Yaourts probiotiques algériens et ferments commerciaux utilisés dans leur fabrication : contrôle de qualité et de l'étiquetage, *Mémoire de Magistère en Sciences Alimentaire, Université Mentouri de Constantine*, 8p.
 - 18) Boudier, J. F. 1990. Produits frais. In *laits et produits laitier : Vache – Brebis- Chèvre*. Pp. 35-66. Ed. Luquet, F.M., *Technique et Documentation, Lavoisier, Paris*.
 - 19) Bourgeois, C.M., Larpent, J.P., 1996. *Microbiologie alimentaire Tome 2 : Aliments fermentés et fermentations alimentaires*. Ed. Tec & Doc-Lavoisier, Paris, 650p. (matériel et méthode analyse micro).
 - 20) Brink, M., Belay, G. 2006. *Cereals et légumes secs* 1-327
 - 21) Cayot, P., Fairise, J.F., Colas B., Lorient D., Brile G. 2003. The improvement of rheological properties of firm acid gels by skim milk heating is conserving after stirring. *Journal of Dairyresearch*, vol.70, n.4, pp.423-431.
 - 22) Charalampopoulos, D., Wang, R., Pandiella, S.S., Webb, C. 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 79: 131–141.

- 23) Chemineau, P., Malpaux B., Brillrd, J.P., Fostier, A. 2010. Traitement photopériodique et reproduction chez les animaux d'élevage. Bull. Acad. Vét., France.
- 24) Cheriet, F. 2007. Cahiers du CREAD n°8182, 4-5 pages 79- 97.
- 25) Cidil et inra. 2009. Du lait aux produits laitiers, France, Paris : Cidil, 19p.
- 26) Codex alimentarius 2^{ème} Edition 2011. Lait et produit laitiers. Rome.
- 27) codex alimentarius. 2011. Lait et produits laitiers. Deuxième édition. Organisation Mondiale De La Sante et Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture : p15
- 28) COURTIN P., RUL F., 2004. Interactions between microorganisms in a simple ecosystem: yoghurtbacteria as a study model, Lait 84 : 125-134.
- 29) Courtin, P., RUL, F. 2004. Interactions between microorganisms in a simple Ecosystem: yoghurt bacteria as a study model, Lait 84: 125-134.
- 30) Coussot, P., Grossiord, J.L. 2002. Comprendre la rhéologie, EDP Sciences, France, 220 p.
- 31) Crispín-Isidro, G., Lobato-Calleros, C., Espinosa-Andrews, H., Alvarez- Ramirez, J., Vernon-Carter, E. J. 2015. Effect of inulin and agave fructans addition on the rheological, microstructural and sensory properties of reduced-fat stirred yogurt. LWT - Food Science and Technology, 62(1), 438–444.
- 32) Cueva, O., Aryana, K. J. 2008. Quality attributes of a heart healthy yogurt. LWT - Food Science and Technology, 41(3), 537–544.
- 33) Dahl, W. J., Foster, L. M., Tyler, R. T. 2012. Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). British Journal of Nutrition, 108 (S1), 3–10.
- 34) Debbabi, H., Boubaker, B., Gmati, T., Chouaibi, M., Boubaker, A., Snoussi, A. 2018. Yogurt Enrichment with Spirulina (*Arthrospira platensis*): Effect of Storage on Physicochemical Parameters. In: Kallel, A., Ksibi, M., Ben Dhia, H., Khélifi, N. (eds) Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions. EMCEI 2017. Advances in Science, Technology& Innovation. Springer, Cham.
- 35) Delgado, P., Bañón, S. 2018. Effects of replacing starch by inulin on the physicochemical, texture and sensory characteristics of gummy jellies. CYTA – Journal of Food, 16(1), 1–10.

- 36) Dello Staffolo, M., Bertola, N., Martino, M., & Bevilacqua, A. 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. *International Dairy Journal*, 14(3), 263–268.
- 37) Dello Staffolo, M., Sato, A., Cunha, R. 2017. Utilization of plant dietary fibers to reinforce low-calorie dairy dessert structure. *Food and Bioprocess Technology*, 10(5), 914–925.
- 38) Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., Patil, R. T. 2012. Dietary fibre in foods: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 255–266.
- 39) Dongare, M.L., Buchade, A.D. 2015. Refractive Index based Optical Brix Measurement Technique with Equilateral Angle Prism for Sugar and Allied Industries. *International Journal for Light and Electron Optics*. Pune - India; 05-137.
- 40) Dönmez, Ö., Mogol, B. A., & Gökmen, V. 2017. Syneresis and rheological behaviors of set yogurt containing green tea and green coffee powders. *Journal of Dairy Science*, 100, 901–907.
- 41) Eck, A. 1975. *Le lait et l'industrie laitière : FeniXX*.
- 42) Espírito-Santo, A. P., Lagazzo, A., Sousa, A. L. O. P., Perego, P., Converti, A., Oliveira, M. 2013. Rheology, spontaneous whey separation, microstructure and sensorial characteristics of probiotic yoghurts enriched with passion fruit fiber. *Food Research International*, 50, 224–231.
- 43) Ezeonu, C.S., Tatah, V.S., Nwokwu, C.D., Jackson, S. 2016. Quantification of Physicochemical Components in Yoghurts from Coconut, Tiger Nut and Fresh Cow Milk. *Advances in Biotechnology & Microbiology*, 1, Article ID: 555573. <https://doi.org/10.19080/AIBM.2016.01.555573> pour les cendres.
- 44) Farkye, N.Y., Imafidon, G.I. 1995. Thermal denaturation of indigenous milk enzymes. In *Heat-induced changes in milk*, 2nd Ed., P.H., International Dairy Federation, Brussels, pp. 331-345. Ed. Fox.
- 45) Feillet, P. 2000. *Le grain de blé composition et utilisation* 23p 27p 1-308
- 46) Galzy, P., GUIRAUD, J. 1998. *L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires, génie alimentaire*. Edition L'usine nouvelle. 96 p. (Matériel et méthode échantillonnage).
- 47) Gosta, B. 1995. *Manuel de transformation du lait*. Ed Etat pack processing systems AB. Sweden.
- 48) Grossiord, J.L., Couarraze G. 2000. *Initiation à la rhéologie*. 3^{ème} édition. Tec & Doc Lavoisier, 300p.

- 49) Guiraud, J.P. 2003. Microbiologie alimentaire. Edition Dound. 652 p. Solution mere.
- 50) Guyot, A.L., Piraux, E.F. 1965. Etude par la chromatographie en phase gazeuse de la matière grasse des beurres de laiterie belges. Premières applications à la recherche des falsifications. Bull. Lnst, agron. et Stat, Rech. Gembloux, 32, 2, 190.
- 51) Hachana, Y., Rejeb, R., Chiboub, N., Zneidi, I.A. 2017. Variation factors of yoghurt quality during the manufacturing process. High Institute of Agriculture Chott-Meriem Sousse Tunisia Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, 41(7), 2243-2252.
- 52) HAMMADI, R. 2016. Contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique du yaourt brassé et liquide de la laiterie de WANISS, Projet de fin d'études, Diplôme De Docteur Vétérinaire, Université Saad Dahlab-Blida, 8-9p.
- 53) HANSEN, H. 2011. Approche microbiologique des yogourts et probiotiques, Auguste Piccard Gymnase, 3m2 : 6-7-10p.
- 54) Hashim, I. B., Khalil, A. H., & Afifi, H. S. 2009. Quality characteristics and consumer acceptance of yogurt fortified with date fiber. Journal of Dairy Science, 92(11), 5403–5407.
- 55) Husson, O., Charpentier, H., Michellon, R., Razafintsalama, H., Moussa, N., Enjalric, F., Naudin, K., Rakotondramanana., Seguy, L., 2012. Eleusine coracana. Fiches techniques plantes de couverture : Graminées annuelles, Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume III. Chapitre 3. § 2.2.
- 56) Inj 1997 : L'ingénierie centrée sur l'homme. Rapport issu des Technologies Clés, disponible au centre de documentation du Ministère de l'Industrie, de la Poste et des Télécommunications, 1997, p 17-19, 29-49.
- 57) International Journal for Light and Electron Optics. Pune - India; 05-137.
- 58) Isanga, J., Zhang, G. 2009. Production and evaluation of some physicochemical parameters of peanut milk yoghurt. LWT - Food Science and Technology 42:1132-1138 pour l'interprétation de mg.
- 59) Izadi, Z., Nasirpour A., Garoosi G.A., Tamjidi F. 2015. Rheological and physical properties of yogurt enriched with phytosterol during storage. J Food Sci Technol (August 2015) 52(8):5341–5346.
- 60) JEANTET, R., CROGUENNEC, T., MAHAUT, M., SCHUCK, P., BRULE, G. 2008. Les produits laitiers. 2ème édition. Tec et Doc. Lavoisier, paris.

- 61) JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). 2017. N° 39 du 02 Juillet 2017. Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438, correspondant au 4 octobre 2016, fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires, pp. 11-32.
- 62) JOUZIER, F., COHEN, M. 1995. Manuel de référence pour la qualité du lait. Pp : 206.
- 63) Kerry, A., Jackson, B.S., Dennis, A. 2001. Lactose maldigestion calcium intake and osteoporosis in Africa-, Asian- and Hispanic-Americans. *J. Am. Coll. Nutr.*, 20: 198S-207S.
- 64) Khan, K., Shabir, R., Khan, M. A., Farhan, A., Bhadar, S.2008. Physical and chemical quality appraisal of commercial yoghurt brands sold at lahore. Directorate of Veterinary Research Institute, Peshawar, Pakistan. 14-21. ISSN 1990-6145.
- 65) Koksoy, A., Kilic, M. 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloids*, vol.18, pp.593-600.
- 66) Krasaekoopt, W., Watcharapoka, S. 2014. Effect of addition of inulin and galacto oligosaccharide on the survival of microencapsulated probiotics in alginate beads coated with chitosan in simulated digestive system, yogurt and fruit juice. *LWT – Food Science and Technology*, 57(2), 761–766.
- 67) Kullisaar, T., Zilmer, M., Mikelsaar, M., Vihalemm, T., Annuk, H., Kairane, C., Kilk, A. 2002. Two antioxidative Lactobacilli strains as promising probiotics. *International Journal of Food Microbiology*, 72: 215-224.
- 68) Lamoureux, L. 2000. Exploitation de l'activité β - galactosidase de culture de bifidobactéries en Vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides. Mémoire de maîtrise, Université de Laval, Canada, p.23-47.
- 69) Lazaridou, A., Serafeimidou, A., Biliaderis, C., Moschakis, T., Tzanetakis, N. 2014. Structure development and acidification kinetics in fermented milk containing oat β -glucan, a yogurt culture and a probiotic strain. *Food Hydrocolloids*, 39, 204–214.
- 70) Lin, M.Y., Chang, F.Y. 2000. Antioxidative effect of intestinal bacteria *Bifidobacterium longum* ATCC 15708 and *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356. *Digestive Disease & Sciences*; 45: 1617–1622.
- 71) Loones, A. 1994. Lait fermenté par les bactéries lactiques. In *Bactéries lactiques : Aspects Fondamentaux et technologiques*. Vol. 2. De Roissart, H. & Luquet, F. M. (Ed.), Loriga, Uriage, pp. 135-154.
- 72) Luana, N., Rossana, C., Curiel, J. A., Kaisa, P., Marco, G., Rizzello, C. G. 2014. Manufacture and characterization of a yogurt-like beverage made with oat flakes

- fermented by selected lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 185, 17–26.
- 73) Lucey, J. A. 2001. The relationship between rheological parameters and whey separation in acid milk gels. *Food Hydrocoll.* 15:603–608.
- 74) Lucey, J.A., Singh, H. 1998. Formation and physical properties of acid milk gels: a review. *Food Rev Int.*, vol. 7, pp.529–542.
- 75) Luquet, F.M., Carrieu, G. 2005. Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et Techniques agroalimentaires. Techniques et documentation. Ed. Lavoisier, Paris. 307p.
- 76) Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G., Schuck P. 2000. Les produits industriels laitiers. Techniques et Documentation. Ed. Lavoisier, Paris. Pp.26-40.
- 77) Mahaut, M., Jeantet, R., Croguennec, TH., Schuck, P., Brule, G. 2008. Les produits laitiers, Editions Technique & Documentaire, Lavoisier, 31-33. P 178.
- 78) Mahieu, H. 1994. Facteurs de variation de la production et de la composition du lait. *Techniques agricoles*: p 22-27.
- 79) Marklinder, I., Lonner, C. 1994. Fermented oatmeal soup - influence of additives on the properties of a nutrient solution for enteral feeding. *Food Microbiology*.11 505–513.
- 80) Marteau, P., Rambaud, C. 1998. Probiotiques en gastroentérologie : bases rationnelles, effets démontrés et perspectives. *Hepato-Gastro*, 5, 1-9.
- 81) Marty-Teyssset C., Torre F., Garel J-R. 2000. Increased production of hydrogen Peroxide by *Lactobacillus delbrueckii* upon aeration: involvement. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 66, n. 1, pp. 262-267.
- 82) Matos, J.; Afonso, C.; Cardoso, C.; Serralheiro, M.L.; Bandarra, N.M. 2021. Yogurt Enriched with *Isochrysis galbana*: An Innovative Functional Food. *Foods*. 10, 1458.
- 83) Meghachou, W. 2013. Approche méthodologique à la modélisation par les plans d'expériences pour l'élaboration d'un yaourt, Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Magister en Biotechnologie, Université d'Oran, 12p.
- 84) Mejia, D., Lantin, R., Refera, A.,Kajuna, S.,Magno, M.,Higuera, C. 2021. Céréales. organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).
- 85) Mohammed, H.M.H., Osman, A.O., El Owni, I., El Zubeir, E.M.2006. Assessment of Chemical and Microbiological Quality of Stirred Yoghurt in Khartoum State. Sudan, *Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 2: 56-60.

- 86) Moreira, T. C., Transfeld da Silva, A., Fagundes, C., Rodrigues Ferreira, S. M., Bileski Cândido, L. M., Passos, M., Carneiro Hecke Krüger, C. 2017. Elaboration of yogurt with reduced level of lactose added of carob (*Ceratonia siliqua* L). *LWT - Food Science and Technology*, 76(B), 326–329.
- 87) Moule, C. 1971. *phytotechnie spécial II céréales. la maison rustique –paris*, 2p 1-94.
- 88) Muzhingi T., Yeum K.J., Russell R.M., Johnson E.J., Qin J., Tang G. 2008. Determination of Carotenoids in Yellow Maize, the Effects of Saponification and Food Preparations. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 78(3), 112–120.
- 89) Nandakumar, K., Bhavyasree, P.S. & Thomas, M.T. 2022. Development of rice based probiotic yogurt enriched with some fruit pulps and its quality analysis. *J Food SciTechnol* 59, 1024–1029.
- 90) Ndiaye, B., Sakho, M., Ayessou, N.C., Cisse, O.I.K., Cisse, M., Diop, C.M. 2019. Optimization of a Tiger Nut-Based Yoghurt Formulation by Response Surface Methodology. *Food and Nutrition Sciences*, 10, 1400-1418. <https://doi.org/10.4236/fns.2019.1012100> pour les cendres.
- 91) Ningegowda, A.M., Amrutha, N., Prapulla, S.G. 2012. Characterization and Antioxidant Property of Probiotic and Synbiotic Yogurts. *Probiotics & Antimicrobial Proteins*; 4: 90-97.
- 92) 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.
- 93) Patil, S.R. 2014. Effect of blackgram (*Phaseolus Mungo*) husk on microbial, physiochemical and sensory attributes of synbiotic yogurt. *International Journal of Scientific Engineering and Research*; 2: 2347-3878.
- 94) Pollet, F.J. 2013. *Les dessous de notre assiette. Le blé 1-2*
- 95) Prasanna, B. M. 2012. Diversity in global maize germplasm: Characterization and utilization. *Journal of Biosciences*, 37(5), 843–855.
- 96) Rai D., Pandey RK., Maurya AK., Rai DC., Kumar D., Tiwari M. 2016. Characterization and Antioxidant Property of Cereal Enriched Bio-yoghurt. *Journal Of Pure And Applied Microbiology*. Vol. 10(4), p. 3071-3078.
- 97) Raju, N. P., & Pal, D. 2014. Effect of dietary fibers on physico-chemical, sensory and textural properties of MistiDahi. *Journal of Food Science and Technology*, 51(11), 3124–3133.

- 98) Raju, N. P., Pal, D. 2014. Effect of dietary fibers on physico-chemical, sensory and textural properties of Misti Dahi. *Journal of Food Science and Technology*, 51(11), 3124–3133.
- 99) Ramirez-Santiago, C., Ramos-Solis, L., Lobato-Calleros, C., Peña-Valdivia, C., Vernon-Carter, E. J., & Alvarez-Ramírez, J. 2010. Enrichment of stirred yogurt with soluble dietary fiber from *Pachyrhizuserosus* L. Urban: Effect on syneresis, microstructure and rheological properties. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 229–235.
- 100) Ramirez-Santiago, C., Ramos-Solis, L., Lobato-Calleros, C., Peña-Valdivia, C., Vernon-Carter, E. J., Alvarez-Ramírez, J. 2010. Enrichment of stirred yogurt with soluble dietary fiber from *Pachyrhizus erosus* L. Urban: Effect on syneresis, microstructure and rheological properties. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 229–235.
- 101) Ranadheera, R.D.C.S, Baines, S.K. Adams, M.C. 2010. Importance of food in probiotic efficacy. *Food Research International*; 43: 1–7.
- 102) Rasane P., Jha A., Sabikhi L., Kumar A., Unnikrishnan V.S. 2015. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods - a review. *J Food Sci Technol*. 52(2): 662–675.
- 103) Rebai, S., Tayeb, C.N. 2014. Evaluation de quelques lignées de blé tendre (*triticumaestivum*) dans la région semi-aride de Sétif. 10p 1-45.
- 104) Repin, N., Scanlon, M. G., Fulcher, R. G. 2012. Phase behaviour of casein micelles and barley beta-glucan polymer molecules in dietary fibre-enriched dairy systems. *Journal of Colloid and Interface Science*, 377(1), 7–12.
- 105) Sah, B. N. P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., Donkor, O. N. 2015. Effect of refrigerated storage on probiotic viability and the production and stability of antimutagenic and antioxidant peptides in yogurt supplemented with pineapple peel. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 5905–5916.
- 106) Sahan, N., Yasar, K., Hayaloglu, A. A. 2008. Physical, chemical and flavor quality of non-fat Yogurt as affected by a β -glucanhydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloid*, vol. 22, pp.1291–1297.
- 107) Sanz, T., Salvador, A., Jiménez, A., Fiszman, S. M. 2008. Yogurt enrichment with functional asparagus fibre. Effect of fibre extraction method on rheological properties, colour, and sensory acceptance. *European Food Research and Technology*, 227(5), 1515–1521.

- 108) Schima, A.R.R., Salina, H.F., Masniza, M., Atiqah, A.H. 2012. Viability of Lactic acid bacteria in homemade yogurt containing Sago Starch Oligosaccharides. *International Journal of Basic Applied Sciences*, 12: 58-62.
- 109) Sendra, E., Fayos, P., Lario, Y., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Pérez-Alvarez, J. A. 2008. Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. *Food Microbiology*, 25(1), 13–21.
- 110) Sendra, E., Kuri, V., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Navarro, C., Pérez-Alvarez, J. A. (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 43(4), 708–714.
- 111) Sfakianakis, P., Tzia, C. 2014. Conventional and Innovative Processing of Milk for Yogurt Manufacture; Development of Texture and Flavor: A Review. *Foods*, 3(1), 176–193. <http://doi.org/10.3390/foods3010176>
- 112) Shaker, R.R., Jumah R.Y., Abu-Jdayil, B. 2000. Rheological properties of plain yoghurt during Coagulation process : impact of fat content and preheat treatment of milk. *Journal of Food Engineering*, vol.44, pp.175-180.
- 113) Shi, J., Han, Y.-P., Zhao, X.-H. 2017. Quality attributes of set-style skimmed yoghurt affected by the addition of a cross-linked bovine gelatin. *CyTA - Journal of Food*, 15(2), 320–325.
- 114) Soomro, A. H., Masud T., Anwaar Kiran, 2002. Role of lactic acid bacteria (LAB) in food preservation and Human health. A Review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1(1), 20- 24.
- 115) Stone, A. K., Avarmenko, N. A., Warkentin, T. D., Nickerson, M. T. 2015. Functional properties of protein isolates from different pea cultivars. *Food Science and Biotechnology*, 24(3), 827–833.
- 116) Tailliez, P. 2001. Mini-revue : les bactéries lactiques, ces êtres vivants apparus il y a près de 3 milliards d'années. *Lait*, 8, 1-11.
- 117) Tamime, A. Y., Hickey, M., Muir, D. D. 2014. Strained fermented milks e a review of existing legislative provisions, survey of nutritional labelling of commercial products in selected markets and terminology of products in some selected countries. *International Journal of Dairy Technology*, 67, 305e333.
- 118) Tamime, A. Y., Robinson R. K. 1985. Background to manufacturing practice. In *Yoghurt. Science and technology*. Ed. Tamime, A.Y. et Robinson, R.K., Pergamon Press, Paris.p. 7-90.

- 119) Tamime, Y.A., Robinson R.K. 2007. *Yoghurt: Science and technology* (3rd ed.). Boca Raton, FL, USA : CRC, 808p.
- 120) Tamjidi, F., Nasirpour, A., & Shahedi, M. 2012. Physicochemical and sensory properties of yogurt enriched with microencapsulated fish oil. *Food Science and Technology International*, 18(4), 381–390.
- 121) Tejada-Ortigoza, V., Garcia-Amezquita, L. E., Serna-Saldivari, S., Welti-Chanes, J. 2016. Advances in the functional characterization and extraction processes of dietary fibre. *Food Engineering Reviews*, 8(3), 251–271.
- 122) Tomic, N., Dojnov, B., Miocinovic, J., Tomasevic, I., Smigic, N., Djekic, I., Vujcic, Z. 2017. Enrichment of yoghurt with insoluble dietary fiber from triticale. A sensory perspective. *LWT – Food Science and Technology*, 80, 59–66.
- 123) Tseng, A., Zhao, Y. 2013. Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. *Food Chemistry*, 138(1), 356–365.
- 124) Vignola, C.I., 2002. *Science et technologie du lait : transformation du lait*. Ed Lavoisier, (résultat et discussion micro). Paris, Pp600
- 125) Wood, B.J.B. 1992. *The lactic acid bacteria*. Vol. 1. The lactic acid bacteria in health and disease. London, New York: Elsevier Applied Science, 485 p.
- 126) Zare, F., Boye, J.I., Orsat, V., Champagne, C., Simpson, B.K. 2011. Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International*, 44: 2482–2488.
- 127) Zare, F., Champagne, C. P., Simpson, B. K., Orsat, V., Boye, J. I. 2012. Effect of the addition of pulse ingredients to milk on acid production by probiotic and yogurt starter cultures. *LWT - Food Science and Technology*, 45(2), 155–160.
- 128) Zeng, Y., Pu X., Yang J., Du J., Yang X., Li X., Li L., Zhou Y., Yang T. 2018. Preventive and Therapeutic Role of Functional Ingredients of Barley Grass for Chronic Diseases in Human Beings. *Oxid Med Cell Longev*. 4:3232080.
- 129) Zhi, -N.-N., Zong, K., Thakur, K., Qu, J., Shi, J., Yang, J.-L., . . . Wei, Z.-J. 2018. Development of a dynamic prediction model for shelf-life evaluation of yogurt by using physicochemical, microbiological and sensory parameters. *CYTA – Journal of Food*, 16(1), 42–49.
- 130) Zisu, B., Shah, N.P. 2003. Effect of pH, temperature, supplement with whey protein concentrate and adjunct cultures on the production of exopolysaccharides by *Streptococcus thermophilus* 1275. *Journal of Dairy Science*. 86, (11), Pp: 3405-3415.

ابراهيم محمد حسان وعاطف انور ابو عرب .2002. تحليل الاغنية دار الفجر . 86 (131)

Annexes

Annexe 1

Matériels et équipements physico chimiques

Verreries

- Bécher
- Burette
- Erlenmeyer
- Tube de minéralisation matras de 250 ml
- Butyromètre
- Pipette
- Fiole conique
- Creusets

Équipements

- pH-mètre
- Balance
- Four à moufle
- Etuve
- Refractomètre
- Rhéomètre
- Dessiccateur
- Minéralisateur
- Distillateur
- Centrifugeuse



Distillateur



Centrifugeuse



pH-mètre



Butyromètre



Balance analytique



dessiccateur

Annexe 2

Matériels et équipements microbiologique

Verreries

- Tube à essai
- Pipete
- Flacon
- Fiole

Équipements

- Etuve
- Balance
- Bec bunsen
- Bain marie
- Agitateur et plaque chauffante
- Autoclave



Bain marie



Etuve



Autoclave



balance



Bec bunsen



Agitateur et plaque chauffante

Annexe 3

Composition et préparation des milieux de culture

1) Eau peptonée tamponnée

Composition

Digestat enzymatique de caséine	10 g
Chlorure de sodium	5 g
Disodiumhydrogénophosphatedodécahydraté (Na ₂ HPO ₄ , 12H ₂ O)	9 g
Dihydrogénophosphate de potassium (KH ₂ PO ₄).	1.5 g
Eau	1000 ml

Préparation

Dissoudre les composants dans l'eau en chauffant, si nécessaire. , ajuster le pH de sorte qu'après stérilisation il soit de $7 \pm 0,2$ à 25 °C. Répartir le milieu par quantités nécessaires pour l'analyse, dans des flacons de capacité adéquate. Stériliser à l'autoclave, réglé à 121 °C pendant 15 min.

2) Milieu gélosé de Baird-Parker

Composition

Digestat pancréatique de caséine	10 g
Extrait de levure	1 g
Extrait de viande	5 g
Pyruvate de sodium	10 g
L-Glycine	12 g
Chlorure de lithium	5 g
Agar-agar	12 g à 22 g

Eau, pour obtenir un volume final de 1000 ml.

Préparation

Dissoudre les composants ou le milieu complet déshydraté dans l'eau, en portant à ébullition. Si nécessaire, ajuster le pH de sorte qu'après stérilisation il soit de $7,2 \pm 0,2$ à 25°C . Répartir le milieu, par quantités de 100 ml, dans des flacons ou fioles (4.5) de capacité appropriée. Stériliser le milieu à 121°C pendant 15 min.

3) Supplément sélectif pour Bouillon Fraser

Au moment de l'utilisation du bouillon Fraser au demi tout comme le bouillon Fraser, ils doivent être additionnés de leur supplément dont la formule est la suivante :

Acide nalidixique 22,5 mg. / Acriflavine 28,125 mg. / Citrate de Fer (III) ammoniacal 1,125 mg.

Reconstituer stérilement un flacon de supplément par 22,5 ml d'un mélange 1/1 eau/Éthanol stérile (soit 11,25 ml d'eau distillée stérile et 11,25 ml d'éthanol). Mélanger doucement pour dissoudre. Ajouter ensuite aseptiquement :

- 2,25 ml de la solution ainsi préparée, à 225 ml de bouillon Fraser au demi ;
- 0,10 ml de la solution ainsi préparée, à 10 ml de bouillon Fraser. Bien mélanger avant d'introduire l'inoculum. Une fois reconstitué, le supplément doit être maintenu à $+4^{\circ}\text{C}$, à l'abri de la lumière et ne doit pas dépasser les 8 jours.

4) Milieu d'isolement (gélose Palcam) milieu de base Composition

Peptone	23 g
Amidon	1 g
Agar - Agar	20 g
Chlorure de sodium	5 g
D(-) mannitol	10g
Ammonium de fer III citrate	0.5 g
Esculine	0.8 g
Glucose	0.5 g
Chlorure de lithium	15 g
Rouge de Phénol	0.08 g
Eau	1000 ml

Dissoudre les composants dans de l'eau, puis chauffer modérément jusqu'à dissolution complète. Ajuster le pH à 7,2 à 25°C. Repartir ensuite le milieu à raison de 225 ml par flacon puis stériliser à 121°C pendant 15 minutes.

Préparation

Au moment de l'emploi faire fondre le milieu puis le refroidir à une température de l'ordre de 48°C. Ajouter par la suite 2,25 ml du supplément Palcam reconstitué. Homogénéiser et couler en boîtes de Pétri stériles. Laisser solidifier sur paillasse puis les sécher à l'étuve. Les boîtes ainsi préparées peuvent également être conservées à +4°C pendant 4 à 5 jours.

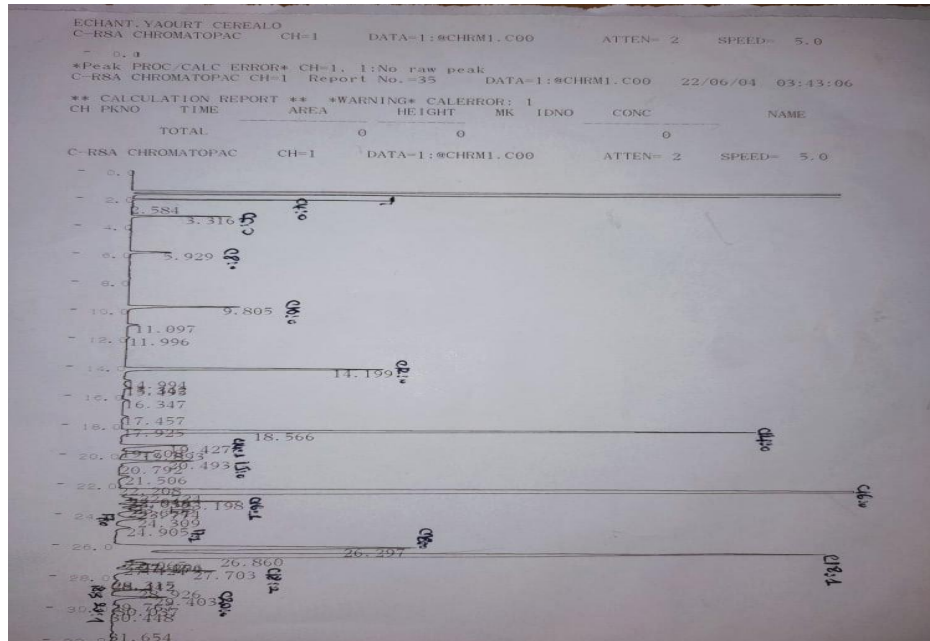
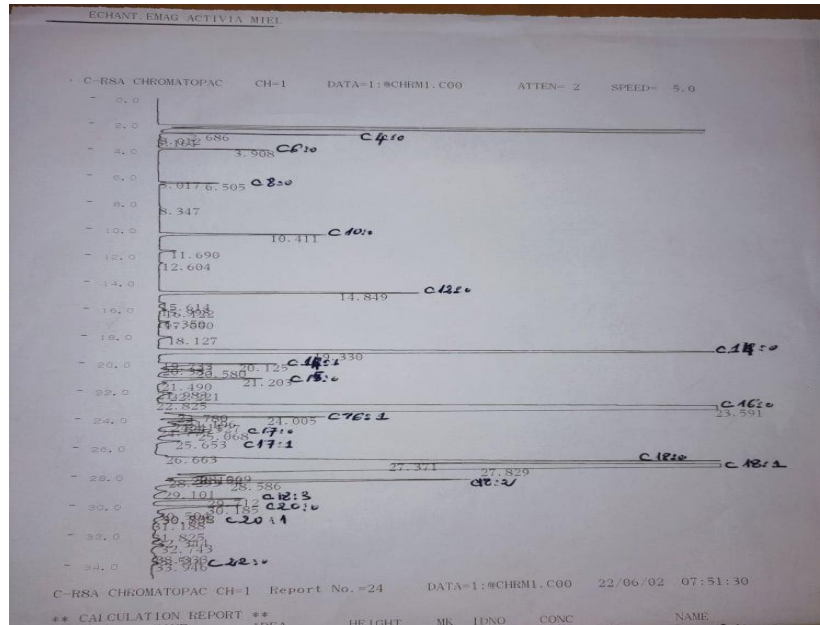
Préparation des boîtes de milieu gélosé

Couler la quantité nécessaire du milieu de culture, dans des boîtes de Petri stériles de façon à obtenir une épaisseur de gélose d'environ 4 mm, et laisser se solidifier. Les boîtes peuvent être conservées, avant séchage, 24 h au maximum à +3° C ± 2° C.

Pour la durée de conservation de boîtes préparées industriellement, il convient de suivre les instructions du fabricant. Avant utilisation, sécher les boîtes, de préférence avec le couvercle enlevé, et avec la surface de la gélose tournée vers le bas, dans une étuve réglée entre 25° C et 50° C, jusqu'à disparition des gouttelettes à la surface du milieu.

Annexe 4

Résultats de chromatographie (les chromatogrammes des yaourts)



Annex 5

Fiche dégustation

Produits	Produit 1	Produit 2	Produit 3
Paramètres			
Formage			
Datage			
Sécabilité			
Pélabilité			
Désigne			
Texture			
Présence des céréales			
Goût			

1-4 → *Non Satisfait*

4-7 → *satisfait*

7-10 → *Très satisfait*

Spécifications techniques	Produits	
	Lait fermenté	Yaourt
Protéine de lait	Minimum 2.7 %	Minimum 2.7 %
Matière grasse laitière	Inférieure à 10%	Inférieure à 15%
Acidité titrable en % d'acide lactique	Minimum 0.3%	Minimum 0.7%
Somme des micro-organismes spécifiques	Minimum 10^7	Minimum 10^7
micro-organismes étiquetés	Minimum 10^6	Minimum 10^6
La teneur en matière sèche laitière non grasse	Minimum 8.2%	Minimum 8.2%