REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديموقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés

Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention du diplôme de Master en Génie des procédés

Spécialité : Génie Alimentaire

ESSAI D'INCORPORATION DES SUBSTANCES NATURELLES D'INTERET PRÉBIOTIQUE DANS LE YAOURT ETUVÉ

Présenté par :

Mlle. Lachgar Hania et Mlle. Manuel Ana Conceicao Macedo

Devant le jury composé par :

Mme.ANNOU	MAA (UMBB)	Présidente
Mme.IDIR	MAA (UMBB)	Examinatrice
Mme.BENMALEK	MCB (UMBB)	Promotrice

Juin,2022

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à Dieu,

A ma famille, spécialement à mes parents,

Manuel António (en mémoire) et Cassanga Maria,

Neto António et Neto Maria,

A mes frères et sœurs

Et à mon cher copain Francisco Herickson.

(Manuel Ana Conceição Macedo)

Je dédie ce mémoire à ma famille spécialement mes parents

A ma petite sœur Roua

A ma copine Lamis

(Lachgar Hania)

Remerciements

Nous rendons grâce à Dieu, dont la présence nous aide dans nos choix, nous a donné la courage et confiance face aux défis et adversités.

Nous remercions nos enseignantes et toutes les membres de l'université M'Hamed Bougara pour toutes les connaissances, le soutien et les soins dont ils nous ont fait preuve tout au long de notre vie universitaire. Et en particulier, nous remercions notre chère promotrice pour toute la patience, le soutien et les enseignements qui ont été indispensables à la réalisation de ce projet.

Mes derniers remerciements, de loin et les plus intenses, s'adressent à mes plus proches

A mes parents, ma sœur, mes cousines (Roumaissa, Sabrina, Maria, Soumia et son mari Anis)

A mes copines (Sihen, Rabiaa, Lydia, Assia, Lila et Tyka), la plus chère à mon cœur Lamis, ainsi que toute ma famille pour leur patience et leur soutien constant dans les moments difficiles, je remercie également ma chère binôme Manuel Ana. (LACHGAR Hania).

Je remercie à Dieu tout puissant pour la force et courage de surmonter l'adversités tout au long de cette période loin de la famille.

Je me remercie d'avoir été courageuse pour terminer cette phase de ma vie, ce n'était pas facile, mais j'ai réussi par la grâce de Dieu.

Je remercie à toute ma famille en particulière à mes parents pour leur éducation, soutien et leur soin qu'ils ont eus avec mois jusqu'à ce moment, si j'ai réussi c'est grâce à vous.

A ma chère binôme (Lachgar Hania) pour toute les efforts et le soutien qu'elle m'a donné pour la finalisation de ce modeste projet.

A toutes mes amis qui ont toujours été las dans les moments le plus difficiles.

A toute ma promotion, mes compatriotes et collègues à la cité qui ont contribué à mon développement et m'ont donné la force pendant cette période ensembles. (MANUEL Ana).

Résumé :

Les produits laitiers ont toujours été perçus auprès des consommateurs comme des produits sains et constituent une partie importante du régime alimentaire.

Notre travail a pour but l'élaboration d'un nouveau produit type yaourt étuvé contenant des agents symbiotiques (prébiotique et probiotique). La farine des graines de blé, blé germé, lin et pulpe de caroube (fruit) ont été utilisés comme prébiotiques, l'influence de ces derniers sur le déroulement de la fermentation et le développement des bactéries lactiques (*lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus et Streptococcus thermophilus*) a été suivi par la détermination du pH et l'acidité du lait.

Seize échantillons ont été élaborés en utilisant des quantités différentes de farine de céréales et de caroubes à différentes granulométries (500µm et 160µm). La qualité des produits finis a été évaluée par des tests rhéologiques (viscosité et courbes d'écoulement) ainsi que par un test sensorielle (Test de Kramer et de Friedman) et des analyses microbiologiques par dénombrement des *lactobacillus bugaricus* et *les streptococcus thermophilus*.

Les résultats ont montré que les yaourts incorporés de farine de lin et de blé germé ont fermenté les premiers, le gel est plus compact et plus visqueux par rapport au yaourt témoin et aux autres échantillons, l'acidité de ces yaourts était plus élevée et leurs pH est plus bas ; ainsi nous avons constaté que le nombre des microorganismes dans ces yaourts était plus élevé par rapport aux autres yaourts.

Mots clé : *yaourt étuvé, prébiotique, probiotique, symbiotique, bactéries lactique, céréales, caroube.*

Abstract

Dairy products have always been perceived by consumers as healthy products and are an important part of the diet.

Our work aims to develop a new product such as steamed yogurt containing symbiotic agents (prebiotic and probiotic). Wheat seed flour, germinated wheat, flax and carob pulp (fruit) have been used as prebiotics, the influence of these on the course of fermentation and the development of lactic acid bacteria (*lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus and Streptococcus thermophilus*) was followed by the determination of the pH and the acidity of milk dying fermentation.

Sixteen samples were prepared using different amounts of cereal and carob flour at different grain sizes (500µm and 160µm). The quality of the finished products was evaluated by rheological tests (viscosis and flow curves) as well as by a sensory test (Kramer and Friedman test) and microbiological analyzes by enumeration of *lactobacillus bugaricus* and *streptococcus thermophilus.*

The results showed that the yogurts incorporated with flax flour and germinated wheat fermented first, the gel was more compact and more viscous compared to the control yogurt and to the other samples, the acidity of these yogurts was higher and their pH is lower ; thus we found that the number of microorganisms in these yogurts was higher compared to other yogurts.

Keywords: Steamed yogurt, prebiotic, probiotic, symbiotic, lactic acid bacteria, cereals, carob.

Table des matières

INTRODUCTION 1
I. Généralités sur le yaourt 3
I.1 Historique et origine 3
I.1.1 Définition et règlementation 3
I.1.2 Classification de yaourts 4
I.1.2.1 Selon la technologie de fabrication 4
I.1.2.2 Selon la teneur en matière grasse 4
I.1.2.3 Selon la teneur en sucre 5
I.1.3 Ingrédients et matières premières 5
I.1.3.1 Lait frais 5
I.1.3.2 Poudre de lait 5
I.1.3.3 Protéines et matière grasse 5
I.1.3.4 Eau 5
I.1.3.5 Additifs 5
I.1.4 Yaourt source de probiotique 6
I.1.4.1 Définition de probiotique 6
I.1.4.2 Aliment fonctionnel 7
I.1.4.3 Principales souches bactériennes au potentiel probiotique 7
I.1.4.4 Emploi des bactéries probiotiques dans les produits laitiers 8
I.1.4.5 L'ajout des prébiotiques 9
I.1.4.6 Caractéristiques générales des bactéries du yaourt 10
I.1.4.7 Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt 11
I.1.4.8 Facteur influençant la proto-coopération des deux souches 12
I.1.4.9 Composition chimique du yaourt 14
I.1.4.10 Les grandes étapes de la fabrication des yaourts 15
I.2 Généralités sur les plantes étudiées 20
I.2.1 Blé 20
I.2.2 Historique et origine 20
I.2.3 Classification botanique du blé 20
I.2.3.1 Structure histologique du grain de blé 21
I.2.3.2 Composition chimique des différentes parties du grain de blé 23
I.2.3.3 Effet sur la sante 23

I.2.4 Blé germé 24
I.2.4.1 Historique et origine 24
I.2.4.2 Utilisation de blé germe dans l'industriel agroalimentaire 24
I.2.4.3 Propriétés et intérêt nutritionnel 26
I.2.5 Caroube 28
I.2.5.1 Historique et origine 28
I.2.5.2 Classification botanique 28
I.2.5.3 Composition chimique et valeur nutritive 29
I.2.5.4 Utilisation de la caroube 30
I.2.6 Le Lin 31
I.2.6.1 Historique et origine 31
I.2.6.2 Classification botanique 31
I.2.6.3 Structure des graines 31
I.2.6.4 Composition de la graine de lin 32
I.2.6.5 Utilisation des graines de lin 33
I.2.6.5.1 Incorporation dans l'alimentation humaine 33
I.2.6.5.2 Incorporation des grains de lin dans l'alimentation animale 34
I.2.6.5.3 Lin à usage industriel 34
II. Présentation de l'usine 35
II.1 Objectifs 35
II.1.1 Fiche technique des produits : 35
II.1.2 Schéma de production : 35
II.1.2.1.1 Matériel utilisé pour la préparation du lait et leur caractéristique 35
II.1.2.2 Matériel utilisé pour la préparation de yaourt et leur caractéristique 36
II.1.2.3 Clean in place (CIP) ou nettoyage en place 36
II.1.2.3.1 Les étapes de nettoyage 36
a) Prélavage : 36
II.2 Matériels 38
II.3 Matériel végétal 39
II.3.1 Traitement de matière première 39
II.3.1.1 Caroube 39
II.3.1.2 Blé et lin 40
II.3.1.3 Blé germé 40

II.4 Elaboration des échantillons 41
II.5 Analyses physico-chimiques des yaourts obtenus 42
II.5.1 Mesure du pH 42
II.5.2 Mesure de l'acidité 42
II.5.3 Mesure de la synérèse 43
II.5.4 Etude rhéologique 43
II.5.4.1 Mesure de la viscosité 44
II.5.4.2 Etude du comportement d'écoulent 44
II.5.5 Test de stabilité 46
II.5.6 Test sensorielle 46
II.5.7 Analyse microbiologique 47
II.5.7.1 Dénombrement et isolement des bactéries lactiques 47
III. Résultats et discussions 48
III.1 Evolution de l'acidité en présence des prébiotiques 50
III.2 Synérèse 53
III.3 Mesure de la viscosité après 24 heures 54
III.4 Etude d'écoulement 55
III.5 Test de stabilité 56
III.6 Analyses microbiologiques 58
III.7 Evaluation sensorielle 58
IV. CONCLUSION 66
V. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 68
VI. ANNEXE 87

Les abréviations

% : pourcentage

AGP : acide gras polyinsaturés

KCAL : kilocalorie

g : gramme

WGA : wheat germ agglutinin (agglutinine du germe de blé)

Mg : magnésium

Ca : calcium

Fe : fer

Na : sodium

K : potassium

P : phosphore

UE : Union Européenne

CO2 : dioxyde de carbone

ALA : acide alpha-linoléique

FIL : Fédération Internationale Laitières

pH : potentiel d'hydrogène

MG : matière grasse

°C : degré Celsius

FDA : Food and Drug Administrations

FAO : Food and Agriculture Organisation

OMS : Organisation Mondiale de Santé

EPS : Exo polysaccharides

H : heure

min : minutes

BAL : bactéries d'acide lactique

°D : degré dornic

DLC : date limite de consommation

V : volume

H+ : cation hydrogène

ml : millilitre

µm : micromètre

≤ : inférieur ou égal

mPa/s : milipascal par seconde

> : supérieur

F : force

τ= contrainte de cisaillement

ds : élément de surface

γ : vitesse de cisaillement ou gradient de vitesse

$\boldsymbol{s^{-1}}$ **:** second moins un

RPM : rotation par minute

R : rayon

L : litre

NaOH : soude

UfC : Unité formant de colonies

Liste des figures

Figure I-1: Morphologie électronique de *S. thermophilus* (x1000) 10
Figure I-2: Morphologie électronique de *L. bulgaricus*(x1000) 10
Figure I-3: Schéma illustrant les interactions de *Streptococcus thermophilus et Lactobacillus bulgaricus* en culture mixte dans le lait 13
Figure I-4 : Diagramme générale fabrication de yaourt 19
Figure I-5: Coupe longitudinale présentant les constituants du grain de blé dur. 22
Figure I-6 :photo réelle de blé germé 24
Figure I-7: Représentations schématiques (A), section longitudinale (B, C), et les assises cellulaires (en coupe transversale (D), en coupe longitudinale E) de la graine, avec les pourcentages massiques (*) des fractions**.** 32
Figure II-1: CIP 37
Figure II-2 : Pulpe et gaines séchés: a) Gousses, b) pulpe, c) graines 39
Figure II-3: a)Blé après tamisage ,b) Lin après tamisage 40
Figure II-4: Blé après germination 40
Figure II-5: Blanchiment au bain marie 41
Figure II-6:pH-mètre 42
Figure II-7: Titrage 43
Figure II-8 : Viscosimètre FUNGILAB S.A. 44
Figure II-9 : Viscosimètre HAAKE Viscotester 550 45
Figure II-10 : Préparation de dénombrement 47
Figure III-1 : Evolution du PH fraction 500µm à 5g 48
Figure III-2 : Evolution du PH fraction 500µm à 2.5g 48
Figure III-3 : Evolution du PH fraction 160µm à 5g 49
Figure III-4 : Evolution du PH fraction 160µm à 2.5g 49
Figure III-5 : Evolution d'acidité fraction 500µm à 5g 50
Figure III-6 : Evolution d'acidité fraction 500µm à 2.5g 51
Figure III-7 : Evolution d'acidité fraction 160µm à 5g 51
Figure III-8 : Evolution d'acidité fraction 160µm à 2.5g 52
Figure III-9 : Taux de synérèses 53
Figure III-10 : Graphe de la viscosité après 24 heures 54
Figure III-11 : Rheogramme de la viscosité (courbe de viscosité) 55

Figure III-12 : Rheogramme de la contrainte (courbe d'écoulement)..... 55
Figure III-13 : Evolution d'acidité après 28 jours..... 56
Figure III-14 : Evolution du PH après 28 jours..... 57
Figure III-15 : Viscosité dynamique après 28 jours..... 57
Figure III-16: Evaluation sensorielle de la couleur..... 61
Figure III-17 : Evaluation sensorielle de la rugosité..... 61
Figure III-18 : Evaluation sensorielle de l'homogénéité..... 61
Figure III-19 : Evaluation sensorielle de l'acidité piquante..... 62
Figure III-20 : Evaluation sensorielle du gout sucré..... 62
Figure III-21 : Evaluation sensorielle de l'astringence..... 62
Figure III-22 : Evaluation sensorielle de la fermeté..... 63
FigureIII-23 : Evaluation sensorielle de l'onctuosité..... 64
Figure III-24 : Profil sensoriel des différents échatillons..... 65

Liste des tableaux

Tableau I-1:Classification de bactéries lactiques considérées comme probiotiques 8
Tableau I-2: Composition nutritionnelle des différents types de yaourt pour 100 g du produit 14
Tableau I-3: Teneur en acides gras (g/100g) de différents types de yaourt..... 15
Tableau I-4: Composition chimique du grain de blé 23
Tableau I-5 : Effet de la germination sur la composition du blé germé 27
Tableau I-6: Classification taxonomique du genre Ceratonia 29
Tableau I-7:composition chimique de la caroube..... 30
Tableau I-8: Classification du lin 31
Tableau I-9: Composition chimique des grains de lin 33
Tableau II-1: Matériels et appareillages 38
Tableau III-1 Moyenne des scores (MS) et somme des rangs (SM) pour chaque attribut. 60

INTRODUCTION

La prise de conscience et la demande accrues des consommateurs pour des produits sûrs et de haute qualité alimentaire est actuellement un fait que les industries alimentaires ont déjà pris en compte (Bogue et al., 2017, Terpou et al., 2018). Les aliments fonctionnels sont des produits qui peuvent satisfaire les demandes des consommateurs pour des modes de vie sains et contiennent des composants qui ont des effets bénéfiques sur la santé au-delà satisfaisant les besoins en nutriments traditionnels (Villaño et al., 2016). Surtout, les produits laitiers sont connus depuis des décennies pour leurs bienfaits sur la santé du consommateur (Tunick et Van Hekken, 2015). La façon la plus connue de conférer des propriétés fonctionnelles à un produit laitier, consiste à ajouter des micro-organismes probiotiques viables à un niveau minimum recommandé (environ 10^6-10^7 cfu/g) (Shori, 2015), car les probiotiques sont liés à la prévention et traitement potentiel de plusieurs troubles du tube digestif (Mitropoulou et al., 2013, Terpou et al., 2018)). Par conséquent, les scientifiques se sont concentrés sur le développement de nouvelles méthodes qui renforceront l'effet probiotique des produits laitiers, telles que l'application de techniques de piégeage cellulaire, l'ajout de prébiotiques, etc. (Romano et al., 2016). Une variété de produits laitiers fermentés sont produits à travers le monde, parmi lesquels le yaourt qui est le plus populaire (Madhu et al., 2012). La production mondiale de lait fermenté dépasse probablement 20 millions de tonnes (Madhu et al., 2012). La popularité des laits fermentés est due au moins en partie à diverses allégations de santé et avantages thérapeutiques qui ont été associés à certains de ces produits. On suppose que la consommation du yaourt probiotique devrait être plus de 100 g/jour contenant plus de 10 ufc/mL (Rybka et al., 1995). Au cours des deux dernières décennies, il y a eu une importante augmentation de la popularité du yaourt mettant l'accent sur l'incorporation de *Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus casei, Bifidobacterium animalis ssp. lactis et Bifidobacterium longum ssp. longue* (Ramachandran et shah (2010)). Le yaourt de culture conventionnelle des bactéries type *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus et Streptococcus thermophilus* n'ont pas la capacité de survivre au passage dans le tractus gastro-intestinal et par conséquent ne jouent aucun rôle dans l'intestin humain (Madhu et al., 2012). De nombreuses études suggèrent que la consommation des produits symbiotiques a un effet bénéfique sur la santé humaine (Gmeiner et al., 2000). Comme il a été démontré qu'une combinaison des prébiotiques et les probiotiques dans un seul aliment améliorent la survie des bactéries probiotiques lors du stockage des

produits et aussi lors du passage le long de tractus intestinal (Madhui et al., 2012). De plus, les produits symbiotiques peuvent permettre une implantation efficace des bactéries probiotiques dans le côlon, parce que le prébiotique a un effet stimulant sur la croissance des bactéries et améliore leurs activités exogènes et endogènes (Roberfroid MB, 1998). Dans les laits fermentés symbiotiques, les souches de *L. acidophilus, L. casei et Bifidobacterium ssp. (B. animalis, B. bidum, B. breve, B. infantis et B. longum)* sont largement utilisées comme probiotique, alors que les fructooligosaccharides, galactooligosaccharides, lactulose, produits dérivés de l'inuline, etc. sont largement utilisés comme prébiotiques (Klaenhammer et Kullen, 1999). En utilisant les fruits frais ou alors secs et céréales comme support d'ingrédients fonctionnels constitue un concept relativement nouveau. Les synergies bénéfiques entre les fruits et céréales et certains composants bioactifs comme les bactéries probiotiques et l'incorporation dans les produits laitiers ont le potentiel de conduire à une nouvelle ère dans l'innovations des aliments fonctionnels (Bosnea et al., 2017). Le présent travail focalise sur la faisabilité d'incorporer des céréales (graine de lin, blé et blé germé) ainsi que la farine de la caroube dans le yaourt et de tester la présence d'éventuelle activité symbiotique entre les probiotiques du yaourt et les produits incorporés qui sont utilisés comme prébiotiques.

I. Généralités sur le yaourt

I.1 Historique et origine

Le yaourt est un produit originaire d'Asie. Il a été trouvé dès 2000 années avant JC dans les civilisations du Moyen-Orient comme un moyen de conservation de **lait (Yildiz,2010).** Les premiers yaourts ont probablement été fermentés sur les sacs en peau de chèvre portés par les nomades **(Reay, 1988)**. Une autre légende affirme que le yaourt a été inventé pour la première fois par les Balkans, à partir de lait de brebis **(Kosikowski et Mistry, 1997).** En 1902, deux médecins français, Rist et Khoury, isolent les bactéries présentes dans un lait fermenté égyptien. Elie Metchnikoff isole ensuite une bactérie du yaourt « le bacille bulgare » **(Rousseau, 2005).**

I.1.1 Définition et règlementation

Selon le Codex Alimentarius et la FAO (Food and Agriculture Organisation, 1975), le yaourt est un « produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus et Streptococcus thermophilus* à partir du lait (pasteurisé, concentré, partiellement écrémé enrichi en extrait sec) ». Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance. Ces produits doivent notamment être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0et 6 °C pour que les bactéries lactiques restent vivantes.

Les critères pris en compte par le Codex Alimentarius et la FIL (Fédération Internationale Laitière) dans la réglementation du yaourt sont les suivants :

- **Types de produit** : ils sont définis souvent en fonction de leur teneur en matière grasse ou de l'adjonction éventuelle d'ingrédients (yoghourt partiellement écrémé ou maigre, yoghourt écrémé, le yoghourt sucré et le yoghourt nature).

- Le type de ferment utilisé : selon la FIL, et de nombreux pays, la dénomination « yaourt » nécessite l'utilisation obligatoire et exclusive des deux ferments caractéristiques Streptococcus *thermophilus et Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus***(Luquet et Carrieu, 2005).**
- La quantité de ferment contenue dans le produit fini : la FIL fixe la quantité de ferments vivants, égale à 10^7 uFc /g rapportés à la partie lactée jusqu'à la date limite de consommation.

- La viabilité de la flore lactique : flore viable pendant toute la durée de vie.

- Ingrédients laitiers : lait pasteurisé, congelé, écrémé, concentré, en poudre, crème et caséines.

- Ingrédients non laitiers : une multitude d'ingrédients peut être incorporée dans le yaourt. Il peut s'agir par exemple de fruits sous différentes formes (purée, jus, pulpe, sirop Tc.), de céréales, de légumes ou de sucre. La quantité d'ingrédients non laitiers est fixée par le Codex Alimentarius, la FIL et la plupart des pays à moins de 30% en poids du produit fini.

-PH : La FIL préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique. Cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité de 0,6 à 15%. Certaines normes imposent un pH inférieur à 4,5ou 4,6.

- Taux de matière grasse : Il doit être au minimum, inférieur à 3% (m/m) dans le cas des yaourts

(nature, sucré ou aromatisé), compris entre 0,5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et 0,5% dans les yaourts écrémés.

- Teneur en protéines : elle est égale à 2,8% dans le produit fini.

I.1.2 Classification de yaourts

Les yaourts sont divisés en différents types selon plusieurs critères :

I.1.2.1 Selon la technologie de fabrication

1. **Yaourt brassé :**

   Est un yaourt fermenté en vrac dans des cuves, le caillé obtenu après fermentation est brassé puis refroidit avant d'être conditionné en pots, ensuite stocké au froid.

2. **Yaourt ferme :**

   Ce type de yaourt est ensemencé dans des pots à fermenter dans une étuve à 42 - 45°C pendant 3 à 5 heures. Les bactéries lactiques vont se multiplier et transforment le lactose du lait en acide lactique. Les yaourts sont stockés à 2-4 °C.

3. **Yaourt à boire « liquide » :**

C'est un yaourt qui a une texture liquide comme une boisson, après avoir été brassé et battu dans les cuves, son conditionnement s'effectue dans des bouteilles.

I.1.2.2 Selon la teneur en matière grasse

1) **Lait entier :** est un yaourt plus riche en matière grasse.
2) **Lait demi-écrémé :** est un yaourt qui renferme une teneur entre 15 et 18 grammes de matière grasse par litre.
3) **Lait écrémé :** est un yaourt dépourvu de matière grasse.

I.1.2.3 Selon la teneur en sucre

1. **Yaourt light :** ne possède pas de sucre ou bien le sucre est substitué par édulcorants.
2. **Yaourt sucré :** il est composé de sucre.

I.1.3 Ingrédients et matières premières

I.1.3.1 Lait frais

La principale matière première pour la fabrication des yaourts est le lait, essentiellement le lait de vache **(Tamime et Robinson, 1985).**

I.1.3.2 Poudre de lait

Afin d'augmenter la viscosité et la consistance des yaourts, la teneur en matière sèche du lait est augmentée au préalable jusqu'à 10-12% **(Schkoda et al., 2001).** Cet enrichissement est réalisé par l'addition de poudre de lait écrémé à 40°C, et suivi d'une étape de filtration et désaération pour une bonne réhydratation des poudres **(Jeantet et al., 2008).**

I.1.3.3 Protéines et matière grasse

Les protéines et la MG ont un rôle déterminant sur la texture, sur les caractéristiques organoleptiques (saveur, arômes), Elles contribuent également à masquer l'acidité du produit **(Jeantet et al., 2008).**

I.1.3.4 Eau

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

I.1.3.5 Additifs

a. Arômes

L'aromatisation est l'un des principaux facteurs de la qualité **(Gosta, 1995).** L'arôme permet de varier la saveur d'un yaourt et de la rendre plus agréable **(Passebecq, 1988).**

b. Stabilisants

Les stabilisants sont largement ajoutés dans les yaourts brassés pour améliorer la viscosité et la texture, réduire la sensibilité à la synérèse, minimiser la séparation du lactosérum et maintenir la structure du gel **(Varnam et Sutherland, 1994).** Ils comprennent la gélatine, l'amidon pré gélatinisé, l'agar, la pectine et d'autres **(Tamime, 2007).**

c. Sucres et édulcorants

Ils sont utilisés pour leur pouvoirs énergétiques et sucrants afin d'améliorer les caractères organoleptiques du produit **(Vignola, 2002).** En raison de l'effet inhibiteur de sucre sur les bactéries de yaourt, le niveau ajouté ne doit pas dépasser 10 à 11% **(Chandan, 2004).**

d. Conservateurs

Les conservateurs sont couramment utilisés dans la préparation des yaourts aux fruits ou concentrés. Leur fonction de base est d'empêcher la croissance des microorganismes indésirables contaminant le yaourt pendant ou après la fermentation. Les plus utilisés sont : sorbate de potassium et benzoate de sodium **(Andres, 1987).**

e. Colorants

Les colorants utilisés dans les yaourts sont soit naturels comprennent : les peaux de raisin, le caramel, la betterave, les carotènes, riboflavine et d'autres **(FDA, 2010)**, soit artificiels fabriquées sous forme de poudre, granulés ou liquides **(Griffiths, 2005).**

I.1.4 Yaourt source de probiotique

I.1.4.1 Définition de probiotique

Le terme « probiotique » a bénéficié de plusieurs définitions qui ont évolué dans le temps en fonction des connaissances scientifiques et des avancées technologiques (**Ait-Belgnaoui,2006).** Une des premières définitions des probiotiques comme « facteurs promoteurs de croissance produits par des microorganismes » a été proposée par Lilly et Stillwell en 1965.Plus tard,Fuller propose une définition très proche du sens actuel : « supplément alimentaire microbien vivant qui affecte de façon bénéfique l'hôte en améliorant l'équilibre de sa flore intestinale »(**Fuller, 1989).**

Récemment, les probiotiques se définissent comme « des cultures microbiennes vivantes survivant le transite gastro-intestinale, où elles colonisent le système » (**Saarela et al., 2000; Matilla-Sandholm et al., 2002;. Betoret et al., 2003).** D'autre part selon **Margoles et Garcia (2003**), le terme probiotique se réfère à des « cultures de microorganismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés à l'homme ou aux animaux (par le biais de cellules déshydratées ou des aliments fermentés), améliorent les propriétés de la microflore autochtone de l'hôte ».

Cependant, la définition la plus largement acceptée du terme est celle de la consultation mixte d'experts (**FAO/OMS, 2001**) qui redéfinit les probiotiques comme « des microorganismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates (dans le cadre de l'alimentation), confèrent un bénéfice pour la santé de l'hôte ». Ce groupe a reconnu que les probiotiques doivent

être capables d'exercer des prestations de santé sur l'hôte grâce à la croissance et / ou l'activité dans le corps humain (**Leahy et al., 2005).**

I.1.4.2 Aliment fonctionnel

On dit d'un aliment qu'il est fonctionnel lorsqu'il a été clairement démontré qu'il affecte avantageusement une ou plusieurs fonctions cibles de l'organisme indépendamment des effets nutritionnels adéquats, en provoquant une amélioration de l'état de santé et du bien–être et/ou une réduction des risques d'apparition de maladies. Les aliments fonctionnels sont, comme leur nom l'indique, des aliments, et leurs effets doivent être perceptibles après leur ingestion en quantités normales. Il ne s'agit en aucun cas de capsules/gélules ou de comprimés, mais bien d'aliments (**Izquierdo, 2009**).

En ce qui concerne l'aliment probiotique, il est défini comme un produit transformé qui contient des microorganismes probiotiques viables en concentration appropriée dans une matrice alimentaire (**Saxelin et al., 2003**). Cela signifie que la viabilité et l'activité métabolique doivent être maintenues à travers toutes les étapes de transformation des aliments, depuis leur fabrication jusqu'à leur ingestion par le consommateur, et aussi qu'ils doivent être capables de survivre dans les voies gastro-intestinales de l'hôte (**Sanz, 2007).**

I.1.4.3 Principales souches bactériennes au potentiel probiotique

Les bactéries probiotiques sont principalement des bactéries lactiques et des bifidobactéries (**Ait-Belgnaoui, 2006**). En effet, ces bactéries sont des membres de la flore normale de l'intestin (Dunne et al., 2001), connues pour ne pas présenter de risques toxique ou infectieux (GRAS) et sont relativement faciles à inclure dans des produits laitiers (**Izquierdo, 2009**). La plupart des microorganismes employés comme probiotiques sont cités dans le **tableauI.1.**

Tableau I-1:Classification de bactéries lactiques considérées comme probiotiques ***(Dacosta, 2001 ; Holzapfel et al., 2001 ; Marteau et Seksik, 2005)***

Lactobacilles	**Bifidobactéries**	**Autres bactéries lactiques**
Lb.acidophilus	*B.adolescentis*	*Enterococcus faecalis*
Lb.brevis	*B.animalis* DN 173010	*Enterococcus faecium* SF[a] 568
Lb.amylovorus	*B.bifidum*	*Lactococcus lactis* [c]
Lb.bulgaricus	*B.brève*	*Leuconostoc mesenteroides*[c]
Lb.casei DN 114001	*B.infantis*	*Pediococcus acidilactici*
Lb.casei shirota	*B.lactis* Bb 12[b]	*Propionibacterium freudenreichii*
Lb.crispatus	*B.langum*	*Streptococcus thermophilus*
Lb.gallinarum [a]	*B.thermophilus*	
Lb.gasseri		
Lb.johnsonii La1		
Lb.lactis		
Lb.paracasei		
Lb.plantarum 299v		
Lb.reutri		
Lb.rhamnosus GG		
Lb.cellubiosus		
Lb.fermentum		
Lb.salivarius		

I.1.4.4 Emploi des bactéries probiotiques dans les produits laitiers

Les produits laitiers probiotiques appartiennent à la catégorie des produits laitiers fonctionnels qui ont montré une croissance impressionnante au cours de la dernière décennie (**Menrad,2003).** Ainsi, le nombre des produits disponibles et la connaissance du consommateur du concept probiotique a évolué, et, en conséquence, la recherche sur ces produits a également augmenté. Plus de 600 produits alimentaires probiotiques sont commercialisés par l'industrie laitière depuis 2006 comprenant : les crèmes glacées, les fromages, beurre, laits en poudre, desserts glacés et mayonnaise (**Sveje, 2007).**

Cependant, les exemples les plus connus des produits laitiers probiotiques sont le lait fermenté et les yaourts, qui sont généralement consommés après quelques jours ou semaines de leur fabrication (**Nagpal et al., 2007).**

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

Une revue récente dans le British Journal of Nutrition (**Guarner et al., 2005**) comprend la conclusion suivante:

"Le concept de «probiotiques » a évolué vers une notion simple et directe: Les probiotiques sont des microorganismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates confèrent un avantage sur la santé l'hôte.

La consommation de yaourt a été montrée à induire des avantages mesurables sur la santé liée à la présence de bactéries vivantes, par rapport aux produits avec des bactéries tuées. Ainsi, les levains du yaourt remplissent clairement le concept actuel des probiotiques au moins pour ses effets bénéfiques sur la digestion du lactose in vivo. "

Les cultures probiotiques de lactobacilles et de bifidobactéries restent viables dans le yaourt au cours du stockage réfrigéré à des niveaux supérieurs à 10^7 UFC/g. Cependant, des problèmes déstabilisés des bactéries probiotiques dans le yaourt et les produits laitiers fermentés ont été rapportés (**Farnworth, 2008**).

I.1.4.5 L'ajout des prébiotiques

Les probiotiques (bactéries en soi) et les prébiotiques (composés qui favorisent sélectivement la croissance des bactéries probiotiques) sont des ingrédients qui peuvent être consommés séparément. Toutefois, lorsqu'on prépare des aliments fonctionnels avec un mélange de bactéries probiotiques et de composés prébiotiques, ces produits sont nommés symbiotiques. En fait le terme symbiotique a été créé récemment pour caractériser ce mélange particulier d'ingrédients bioactifs pour le marché des aliments fonctionnels. Les prébiotiques sont principalement des oligosaccharides et les plus connus incluent : inuline, fructo-oligosaccharides, lactulose, galacto-oligosaccharides et amidons modifiés.

Les symbiotiques ont été conçus pour avoir un effet dans le système gastro-intestinal. Toutefois, on leur découvre de plus en plus de bénéfices secondaires. En effet, une croissance accrue de probiotiques s'observe parfois dans les laits fermentés ainsi qu'une plus grande stabilité lors de l'entreposage (**Macouzet et Champagne,2007).**

I.1.4.6 Caractéristiques générales des bactéries du yaourt

a. Streptococcus thermophilus

C'est une coque à Gram positif, non mobile, avec une température de croissance optimale de 37°C (**Robinson, 1993**), son rôle principal est la fermentation du lactose du lait en acide lactique. Elle est responsable de la texture des laits fermentés et augmente la viscosité du lait par la production des polysaccharides (**Bergamaier, 2002) (figure I.1).**

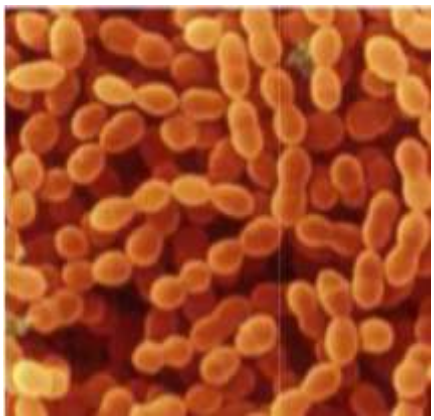


Figure I-1: Morphologie électronique de *S. thermophilus* (x1000) **(Terre, 1986).**

b. Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus

Le genre *Lactobacillus* est caractérisé par des cellules Gram-positif, non sporulées et micro-aérophiles, obligatoirement homo-fermentaires. *L. delbrueckii ssp*. Est l'une des trois sous-espèces de Lactobacillus (**Holt et al., 1994**) avec une température optimale de croissance de 45°C (**Robinson et Tamime, 1993**). Elle a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptique et hygiénique du yaourt **(figure I.1) (Teysset et Garel, 2000).**

Figure I-2: Morphologie électronique de *L. bulgaricus*(x1000)

I.1.4.7 Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt

Dans la production de yaourt, l'un des facteurs les plus importants pour déterminer la qualité du produit est le type de culture de départ utilisée. Les propriétés technologiques les plus importantes liées aux cultures de départ de yaourt peuvent être énumérées comme suite :

a. Activité acidifiante

Le taux d'acidification est la propriété technologique la plus importante d'une culture de yaourt. Une acidification rapide est essentielle pour l'arôme, la texture et la saveur du produit (**Vuyst, 2000).** Le goût piquant et acide caractéristique du yaourt a été obtenu par l'acide lactique produit lors de la croissance de *S. thermophilus* et *L. Bulgaricus* dans le lait (**Tamime et Robinson,2000**)

b. Activité protéolytique

L'activité protéolytique peut jouer un rôle important tout en combinant différentes souches de *L. bulgaricus et S. thermophilus*. La protéolyse était affectée par le pourcentage des solides totaux du lait, le temps d'incubation et le préchauffage du lait, en plus des souches utilisées **(Zourari et al.,1992)**

c. Activité aromatique (production d'acétaldéhyde)

Divers composés volatiles et aromatiques interviennent dans la saveur et l'appétence du yaourt. C'est principalement le lactose qui intervient dans la formation de ces composés. Parmi ceux-ci, l'acide lactique confère au yaourt son goût acidulé. L'acétaldéhyde, qui provient en grande partie de la thréonine, joue un rôle essentiel dans ces caractéristiques organoleptiques recherchées.

L'acétaldéhyde peut provenir :

− Du pyruvate, soit par action de la pyruvate décarboxylase ou par action de la pyruvate déshydrogénase (appelée aussi pyruvate formate lyase).

− De la thréonine par l'action de la thréonine aldolase.

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

D'autres composés (acétone, acétoïne, etc.) contribuent à l'équilibre et à la finesse de la saveur. Ceci résulte d'un choix avisé des souches, de leur capacité à produire dans un juste rapport les composés aromatiques et du maintien de ce rapport au cours de la conservation des levains et de la fabrication **(Lamontagne et al.,2002 ; Sodini et Beal,2012).**

d. Activité texturante

La texture constitue pour le consommateur d'important élément d'appréciation de la qualité du yaourt. L'augmentation de la viscosité est en général attribuée à la production d'exopolysaccharides (EPS) qui sont essentiellement composés de rhamnose, d'arabinose, et de mannose (**Schmidt et al., 1994).** Cette production est le résultat de l'action exercée par *S. thermophilus*, mais d'après **Tamime (1999),** *L. bulgaricus* possède une aptitude à produire des EPS composés de galactose, glucose et rhamnose.

e. Comportement associatif des deux souches (symbiose)

S. thermophilus et L. bulgaricus se développent en association, appelée proto-coopération, ayant un intérêt à la fois d'ordre technologique et nutritionnel **(Radke-Michell et Sandine, 1984).** Ces bactéries, par leur activité acidifiante, ont un effet bénéfique du point de vue qualité hygiénique du produit. En parallèle, elles engendrent des produits secondaires qui contribuent à l'amélioration de la qualité organoleptique du yaourt (**Ngounou et al., 2003).**

I.1.4.8 Facteur influençant la proto-coopération des deux souches

Le métabolisme mutuel de *Lb. bulgaricus et St. thermophilus* dans le lait est montré dans la **figureI.3** est commenté dans plusieurs documents **(Driessen, 1981 ; Driessen et Kingma, 1982**). nous citerons quelques unes des interactions fondamentales entre les deux espèces dans la culture de départ.

La stimulation de *St. thermophilus par Lb. bulgaricus est* réalisée grâce à l'activité protéolytique du *lactobacille,* qui libère des petits peptides et des acides aminés au profit du streptocoque (**Driessen et Kingma, 1982 ; Tammam et al., 2000**). Les plus importants de ces acides aminés nécessaires à la croissance mutuelle des deux souches sont : l'histidine, la thréonine, la valine (**Tamime et Robinson, 2003**).

En retour, *St. thermophilus* fournit de l'acide formique et du CO2 qui tous deux vont stimuler la croissance de *Lb. bulgaricus* **(Tamime et Robinson, 2003 ; Bottazzi et al., 1972 ; Kosikowski, 1982).** *St. thermophilus* assimile l'oxygène dans le lait plus rapidement, créant ainsi des conditions favorables pour la croissance de *Lb. bulgaricus* **(Tamime et Robinson,2003 ; Kosikowski, 1982 ; Yaygin, 1970).** Selon certains auteurs *St. thermophilus* produit de grandes quantités de dioxyde de carbone (CO2) qui n'est pas issu du métabolisme du lactose (**DriessenetKingma, 1982 ; Thunell et Sandine, 1985**), ce CO2 produit est dû à l'activité de l'uréase qui hydrolyse l'urée du lait en CO2 et NH3 (**Eck et Gillis, 1997 ; Juillard et al., 1998).**

Certaines souches de *St. thermophilus* ne possèdent pas cette activité protéasique (**Simova**, **2007 ; Angelov et al., 2009**), par conséquent certains auteurs expliquent cette production de CO2 par la voie de Leloir selon laquelle le galactose produit est transformé en acide lactique en CO2, assurant ainsi les conditions d'anaérobiose pour la croissance des *lactobacilles.* Lorsque d'autres bactéries notamment probiotiques sont associées aux bactéries du yaourt, d'autres interactions prennent place. Par exemple, les bifidobactéries sont stimulées par l'activité protéolytique des lactobacilles alors que *Lb. bulgaricus* limite le développement de *Lb. acidophilus* (phénomènes de compétition et d'inhibition). En outre, des phénomènes décroissance associative ont été démontrés entre *St. thermophilus* et *Lb. helveticus* ou *Lb. acidophilus*. Enfin, des mécanismes d'inhibition spécifique entre les souches liées à la production de bactériocines existent chez les bactéries probiotiques comme chez les bactéries du yaourt. Ces caractères sont toutefois dépendants des souches présentes dans le milieu. Il est donc nécessaire de vérifier la compatibilité des souches avant de les associer **(Beal et Sodini,2003).**

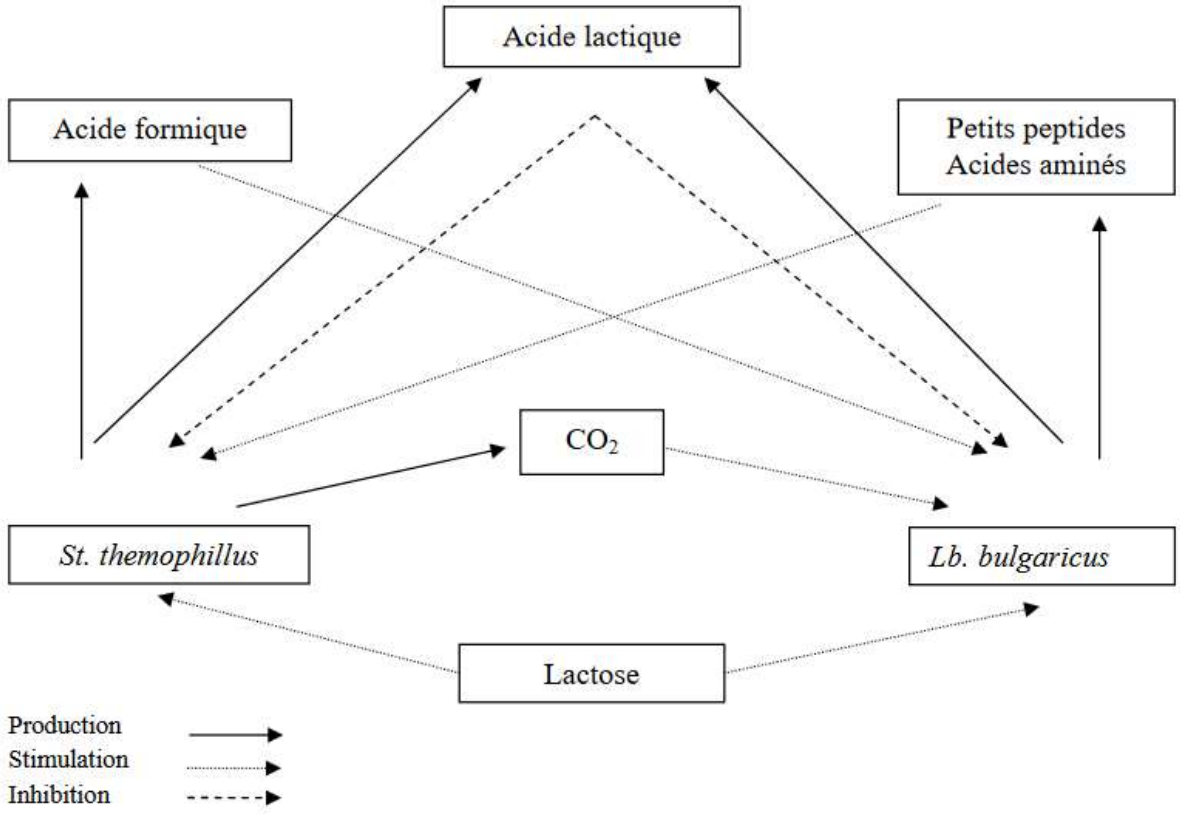


Figure I-3: Schéma illustrant les interactions de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* en culture mixte dans le lait**(Mahaut et al., 2000)**

I.1.4.9 Composition chimique du yaourt

La composition nutritive du yaourt est basée sur le lait dont il est dérivé. Cette composition peut être aussi variable que la diversité des produits ajoutés, la source et le type de lait utilisé (**Tamime et al., 2006**) comme il est présenté le **tableau I.2**.

Tableau I-2: Composition nutritionnelle des différents types de yaourt pour 100 g du produit**(Anses, 2008)**

Yaourt	Energie kcal	Eau (g)	Protéines (g)	Glucides (g)	Lipides (g)
Yaourt nature au lait entier	70,6	86,5	3,8	5	3,6
Yaourt nature au lait partiellement écrémé	47,7	88,2	4	4,8	1,02
Yaourt nature 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 sucrés au lait demi-écrémé	91,8	77,6	3,2	15,2	1,69

a. Glucides

Le principal type de glucides du lait est le lactose, il forme environ 54% du lait écrémé total solides **(Saxelin et al., 2003)**

b. Protéines

La teneur en protéines du yaourt ne diffère pas de celle du lait, bien que les yaourts commerciaux puissent avoir des niveaux plus élevés **(Adolfson et al., 2004).** Les protéines agissent sur la texture, la viscosité, la consistance et la fermeté de yaourt **(Vignola, 2002)**.Les bactéries lactiques produisent des enzymes qui hydrolysent partiellement les protéines du lait. Ainsi, ont rapporté une dégradation de la caséine par une protéase et une peptidase provenant respectivement de *L. bulgaricus et S. thermophilus*. De ce fait, un yaourt contient plus de peptides et d'acides aminés libres que le lait **(Rasic et al., 1971).**

c. Lipides

La matière grasse du lait est une graisse naturelle contribue à l'apparence, à la texture, à la saveur et à la stabilité des produits laitiers. C'est une source d'énergie et d'acides gras essentiels (**Saxelin et al., 2003**). Le **tableau I.3**ci-dessous résume les teneurs en acides gras des différents types de yaourt.

Tableau I-3: Teneur en acides gras (g/100g) de différents types de yaourt **(Anses,2008).**

Type de yaourt	AGS	AGMI	AGPI
Yaourt nature au lait entier	2,22	0,99	0,9
Yaourt nature au lait partiellement écrémé	0,64	0,28	0,02
Yaourt nature au lait écrémé	0,04	0,01	0,002

d. Minéraux

La fraction minérale du lait et des produits laitiers est composée de macroéléments et des oligoéléments qui participent à la stabilisation du gel **(Vignola, 2002).** Le calcium est le nutriment le plus important qui a rendu le lait et les produits laitiers célèbres **(Gaucheron,2011).**

e. Vitamines

Lait et par conséquent, le yaourt contient la plupart des vitamines nécessaires au fonctionnement de l'organisme. Des vitamines hydrosolubles telles que la thiamine, riboflavine, niacine, acide pantothénique, vitamine B6, biotine, folate, vitamine B12 et acide ascorbique et des vitamines liposolubles (A, D, E et K).
La vitamine B, présente dans les yaourts en quantités intéressantes, provient du lait utilisé, mais aussi de ferments lactiques. Les vitamines A et D ne sont présentes que dans les produits issus du lait entier **(Heaney, 2000).**

I.1.4.10 Les grandes étapes de la fabrication des yaourts

Les procédés de fabrication des yaourts et des laits fermentés se caractérisent par trois grandes étapes : la préparation du lait, la fermentation et les traitements post-fermentaires du produit.

Le diagramme général de production (**figure I.7**) présente les étapes de la fabrication qui sont détaillées aux paragraphes suivants :

1. La collecte de lait

Le lait de vache est collecté par les fermiers dans des camions isothermes afin qu'il garde une température constante. Afin de prévenir la contamination après la traite, le lait devrait avoir une faible acidité (0,17% à 0,19%) et traire d'un animal en bonne santé **(Oliveira et al., 2002).**

2. La standardisation

La matière première utilisée (lait frais, lait combiné, mélange des deux) le lait doit être standardisé en matières grasses, enrichi en protéines, et éventuellement sucré, pour répondre aux spécifications nutritionnelles et organoleptiques des produits. Elle se fait dans une grande cuve qu'on appelle écrémeuse :

- Le gras a un effet sur l'onctuosité et la sensation de douceur en bouche
- Le lactose est la matière première utilisée pour l'acidification et à un faible pouvoir

Sucrant, soit quatre fois plus faible que celui du sucre.

- Les protéines de par leur coagulation et leur capacité de liaison avec l'eau agissent sur la texture particulièrement sur la viscosité, la consistance, l'élasticité et la fermeté
- Les minéraux participent à la stabilisation du gel **(Vignola, 2002).**

3. Le dégazage

Le but est de débarrasser le lait des mauvaises odeurs. Il se fait à 60°C dans une cuve dans laquelle on crée un vide par baisse de pression. A cette température, le lait bout et les gaz s'échappent par évaporation.

4. L'homogénéisation

L'homogénéisation réduit le diamètre des globules gras et permet ainsi une meilleure dispersion de ceux-ci dans le produit, limite leurs remontées au cours de l'incubation et donne une consistance plus uniforme au yaourt fabriqué.

La consistance et la viscosité du yaourt sont pour une grande partie sous la dépendance de la matière sèche du lait. La matière grasse confère de l'onctuosité, masque l'acidité et améliore la saveur. Les protéines améliorent la texture et masquent aussi l'acidité. Selon le code des recommandations **FAO/OMS (1974),** la teneur minimale en matière sèche laitière non grasse doit être de 8,2% en poids quelle que soit la teneur en matière grasse.

5. La pré-pasteurisation

Le lait homogénéisé est stocké dans des cuves verticales à double paroi pour être soumis à la pré- pasteurisation qui vise à détruire les bactéries pathogènes ou non pathogènes. Elle se fait instantanément, en chauffant à 75°C. on refroidit ensuit à 5°C et on garde réfrigéré.

6. L'enrichissement

Le lait homogénéisé et pré-pasteurisaté est renforcé en poudre de lait, si sa composition n'est pas conforme aux normes internationales, pour la fabrication du yaourt. Le mélange lait cru +poudre de lait se fait dans des grandes cuves. On ajoute ensuite du sucre et on laisse reposer le mélange une demi-heure.

7. La pasteurisation

On procède la pasteurisation finale du lait enrichi et homogénéisé en chauffant à 93°C pendant 5 mn, puis au refroidissement. Ce traitement a de multiples effets sur la flore microbienne ainsi que sur les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du lait. Tout d'abord, il crée des conditions favorables au développement des bactéries lactiques. Il détruit les germes pathogènes et indésirables **(Boudier, 1990)** et inactive des inhibiteurs de croissance tels que les lactopéroxidases **(Farkye et Imafidon, 1995).**

De même, il réduit les sulfures toxiques et entraine la production d'acide formique qui est un facteur de croissance pour *Lb. bulgaricus* **(Loones, 1994).** Le traitement thermique a également un effet sur la conformation tridimensionnelle des protéines du lactosérum (85%) qui se fixent ainsi sur les molécules de caséines. Enfin, il modifie les équilibres salins en entrainant une augmentation de la taille des micelles des caséines, de leur stabilité et de la qualité d'eau liée **(Mahaut et al., 2000).**

Au niveau rhéologique ces modifications se traduisent par une amélioration après fermentation de la fermeté des gels **(Kalab et al., 1976 ; Mottaret al., 1989).** De plus, le traitement thermique entraine une production plus importante d'acétaldéhyde le composé responsable de l'arôme « yaourt » **(Singh, 1983).**

8. La fermentation lactique

Le lait enrichi et traité thermiquement est refroidi à la température de fermentation 40-45°C. Cette température correspond à l'optimum de développement symbiotique des bactéries lactiques **(Loones, 1994)**. Leur inoculation se fait à un taux assez élevé variant de 1% à 7%, pour un ensemencement indirect à partir d'un levain avec un ratio *Streptococcusthermophilus/Lactobacillus bulgaricus* de 1,2 à 2 pour les yaourts nature et pouvant atteindre10 pour les yaourts aux fruits **(Boudier, 1990 ; Mahaut et al., 2000).** L'ensemencement direct à partir des bactéries lactiques concentrées congelées se fait à des taux de l'ordre de 0,03 %.

Les deux espèces *Streptococcus thermophilus et Lactobacillus bulgaricus* vivent en symbiose et en synergie. Lors de leur croissance elles dégradent le lactose en acide lactique entraînant une baisse du pH et la gélification du milieu avec des modifications structurales irréversibles.

En outre, ces bactéries produisent des composés carbonylés volatils (l'acétaldéhyde, le diacétyle, l'acétoïne, l'acétate d'éthyle) **(Imhof et al., 1994 ; Ott et al., 1997)** et des exopolysaccharides **(Cerning et al., 1990)** qui participent respectivement à l'élaboration de l'arôme et à la texture des yaourts.

Lorsque le pH atteint une valeur comprise entre 4,3 et 4,7 un refroidissement en deux temps (rapide jusqu'à 25°C, puis plus lent jusqu'à 5°C) est appliqué afin de stopper la fermentation. En effet l'activité des bactéries lactiques est limitée pour des températures inférieures à 10°C **(Tamime et Robinson, 1985)**

9. Conditionnement et stockage

Les yaourts conditionnés dans des pots en verre ou en plastique sont stockés en 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 **(Luquet et Corrieu, 2005 ; Paci Kora, 2004)**. Pendant le stockage les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite. Cette évolution appelée post-acidification se traduit par une légère baisse du pH surtout pendant les 2 premiers jours de stockage.

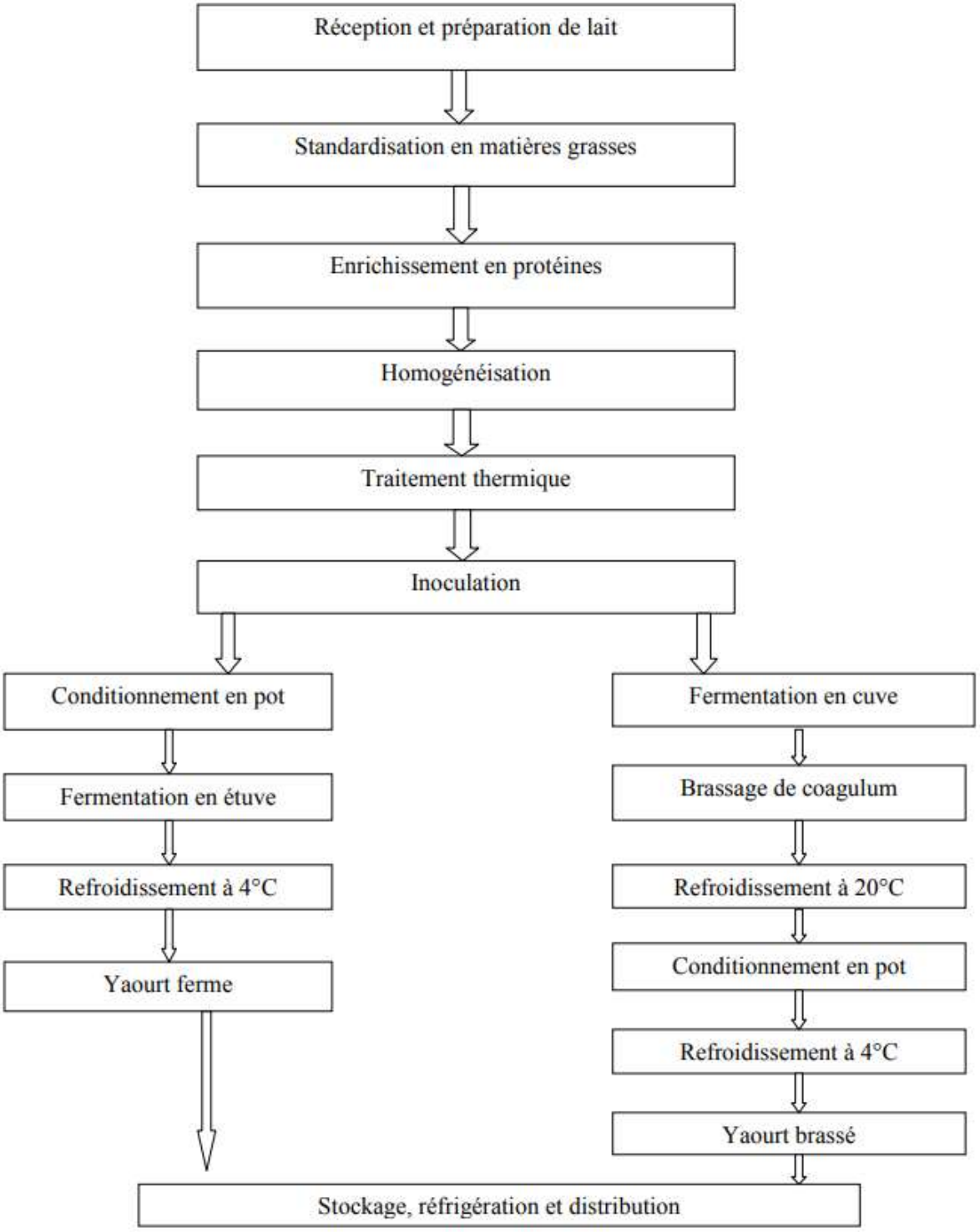


Figure I-4 : Diagramme générale fabrication de yaourt **(Chandan et O'Rell, 2006).**

I.2 Généralités sur les plantes étudiées

I.2.1 Blé

I.2.2 Historique et origine

Depuis la naissance de l'agriculture, le blé est la base de la nourriture de l'homme

(Ruel, 2006), c'est une espèce connue depuis la plus haute antiquité, dont il constitue la base alimentaire des populations du globe **(Yves et Buyer, 2000*)***. Pendant plusieurs siècles, il a été vénéré comme un dieu et associé à la pluie, l'agriculture et la fécondité

(Ruel, 2006).

La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie, de l'Iraq, et la bordure Ouest de l'Iran **(Feldman et Sears,1981 ; Mouellef, 2010)**. C'était à une époque où l'homme pratiquait déjà la cueillette et faisait ses débuts comme agriculteur. Cette période coïncidait avec un épisode climatique sec, aboutissant à l'arrêt du mode de vie de 'chasseur-cueilleur', et engendrant la domestication progressive des plantes, associée à la création des premières communautés villageoises **(Wadley et Martin, 1993 in Ouanzar, 2012)**.

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité. La saga du bléa compagne celle de l'homme et de l'agriculture, sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans. La plus ancienne culture semble être le blé dur dans le croissant fertile de la Mésopotamie **(Feillet, 2000)**.

Léon Ducellier (1878-1937) en particulier, parcourant le blé fit au début du siècle le recensement d'une flore mal connue. Il découvrit et analysé les nombreuses variétés, qui peuplaient les champs cultivés, recueillit les échantillons les plus caractérisés, les plus productifs, les plus résistants à la sécheresse ou à quelques maladies. Les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs **(Henry et Buyser, 2001)**.

I.2.3 Classification botanique du blé

Le blé dur est une monocotylédone de la famille des graminées. La classification du genre Triticum connu plusieurs controverses. Le nombre exact d'espèces du genre Triticum n'est pas définitivement déterminé puisqu'il existe de nombreuses propositions de classification dont les

unes considèrent certains taxons comme des espèces, alors que les autres les considèrent comme des sous-espèces **(Khalighi etal.,2008).**

Le blé dur est classé selon **Prats (1960), Crête (1965) et Feillet (2000)** comme suit :

-Embranchement :	Angiospermes
-Sous embranchement :	Spermaphytes
-Classe :	Monocotylédones
-Ordre :	Glumiflorales
-Super ordre :	Commélini florales
-Famille :	Gramineae (Poacae)
-Tribu :	Triticeae
-Sous tribu :	Triticinae
-Genre :	Triticum
-Espèce :	TriticumdurumDesf.

I.2.3.1 Structure histologique du grain de blé

Les grains de blé sont des fruits, appelés caryopses. Ces derniers sont de formes ovoïdes, possèdent sur l'une de leurs faces une cavité longitudinale "le sillon" et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils "la brosse". Le caryopse est constitué de 03 parties :

a) Les enveloppes

Les enveloppes donnent le son en semoulerie, elles sont d'épaisseur variable et sont formées de 3 groupes de téguments soudés :

-Le péricarpe ou tégument du fruit constitué de 3 assises cellulaires :

- Epicarpe, protégé par la cuticule et les poils.

- Mésocarpe, formé de cellules transversales.

- Endocarpe, constitué par des cellules tubulaires**.**

• Le testa ou tégument de la graine constituée de 2 couches de cellules.

• L'épiderme du nucelle appliqué sur l'albumen sous-jacent**.**

b) L'albumen

Principalement amylacé et vitreux chez le blé dur, possède à sa périphérie une couche à aleurone riche en protéines, lipides, pentosanes, hémicelluloses et minéraux

c) L'embryon

L'embryon comporte :

• Le cotylédon unique ou scutellum riche en lipides et protéines.

• La plantule plus ou moins différenciée :

- La radicule ou racine embryonnaire protégée par le coléorhize.

- La gemmule comportant un nombre variable de feuilles visibles, enfermées dans un étui protecteur : la coléoptile. (**Godon et Willm, 1991) (figure I.4).**

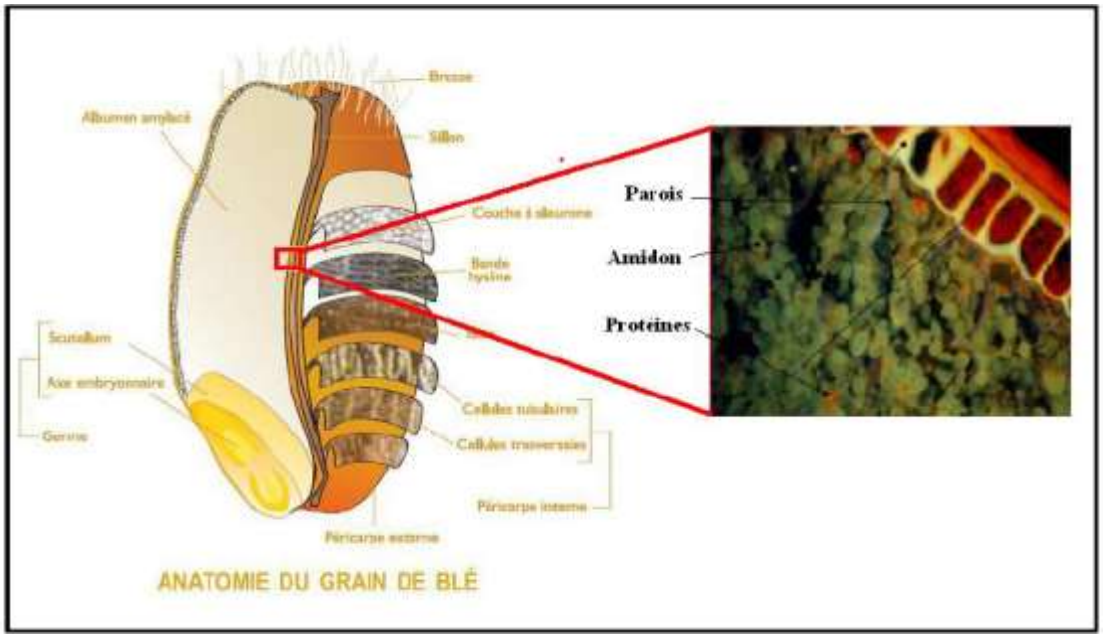


Figure I-5: Coupe longitudinale présentant les constituants du grain de blé dur**(Paul, 2007)**.

I.2.3.2 Composition chimique des différentes parties du grain de blé

Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15%) selon les variétés et les conditions de culture), les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques% seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines.**(Feillet, 2000) (tableau I.4).**

Tableau I-4: Composition chimique du grain de blé **(Feillet, 2000)**

Nature des composants	Teneur (%ms)
Protéines	10-15
Amidon	67-71
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucre libre	2-3
Lipides	2-3
Matières minérales	1,5-2,5

I.2.3.3 Effet sur la sante

Les antioxydants présentes dans le son et dans le germe du blé comme les compose phénolique acide phénolique et le flavonoïde. Il est riche aussi en alkylresoreinol et caroténoïdes.

Le blé est riche en fibre alimentaires, il contient majoritairement des fibres insolubles, celle-ci représentent 75% en fibres alimentaires du germe et plus de 90% dans le son.

Une source de vitamine E, vitamine du groupe B, en fer, magnésium, phytostérol, phosphore et potassium.

Toutes ces caractéristiques apportent des nombreux bienfaits pour la santé humaine tel que :

- Protection contre les maladies cardiovasculaires
- Bonne fonctionnement intestinale et colon

- Source d'énergie

I.2.4 Blé germé

I.2.4.1 Historique et origine

Dans toutes les grandes civilisations, au moment de leur période d'expansion, les graines germées ont été utilisées, procurant à tout une vitalité et une vigueur assurant le développement de la société. Lorsqu'une civilisation commence à aller vers son déclin, les habitudes alimentaires s'alourdissent et les graines germées tombent en désuétude.

Au tout début du christianisme, les communautés des esséniens étaient répandues dans tout le Moyen Orient. Gardiens de traditions anciennes de sagesse et de sante, les Esséniens étaient des thérapeutes qui, bien que vivant parfois en plein désert, jouissaient d'une sante remarquable grâce à leur connaissance des lois de la vie et à leur utilisation, sur le plan alimentaire, des graines germées. **(Christian Tal Schaller, 2007, p.16)**

La germination du blé est une pratique très ancienne utilisée surtout dans les pays de l'Est (Chine, Japon) **(Plaza et al. 2003).** C'est une méthode naturelle qui peut être utilisée pour améliorer les propriétés nutritionnelles, fonctionnelles et sensorielles des grains **(Gan et al. 2017).**

Figure I-6 :photo réelle de blé germé

I.2.4.2 Utilisation de blé germe dans l'industriel agroalimentaire

Sur un plan technologique, il est nécessaire de considérer la germination comme un bioprocédé permettant non seulement de dégrader les molécules de réserve (protéines, amidon) mais aussi la formation d'enzymes germinatives. Par exemple, l'enzyme alpha-amylase joue un rôle primordial en technologie céréalière. L'incorporation de cette enzyme contenue dans le blé

germé lors la fabrication de spaghettis n'a pas modifié les paramètres sensoriels texturaux et la conservation du produit fini **(Dexter et al. 1990).** La teneur relativement faible en humidité de la pâte et la perte rapide d'humidité dans les spaghettis pendant les premiers stades de séchage limitent l'action de l'alpha-amylase présente dans les germes de blé, pendant le traitement des spaghettis, indépendamment de la procédure de séchage.

La farine de blé germé a montré un effet prononcé sur l'absorption d'eau, la stabilité de la pâte et la production de CO_2 **(Kaur et al. 2002).** L'incorporation de farine de blé germé induit un changement de propriétés rhéologiques de la pâte, notamment une augmentation de la capacité de levée de la pâte **(Afify et al. 2016 ; Marti et al. 2017).** A l'opposé, **(Lorenz et Valvano 1981)** ont obtenu un effet négatif de la germination sur la qualité des farines : les gâteaux à base de farine de blé germé étaient peu volumineux, avaient un trempage au centre, un grain grossier et une texture ferme **(Lorenz et Valvano 1981**). Il est donc nécessaire d'ajuster non seulement la quantité de farine à base de blé germé, mais aussi le temps de fermentation afin d'obtenir une pâte et un pain de qualité **(Sekhon et al. 1995).** L'addition de farine de blé germé jusqu'à 10% de niveau a amélioré le développement de la pâte et les propriétés de libération gazeuse de la farine sans avoir d'effet négatif significatif sur le volume du pain **(Kaur et al. 2002)**. L'incorporation de farine à base de blé germé à hauteur de 20% dans du pain a permis d'augmenter la qualité nutritionnelle du pain en augmentant la teneur en protéines en particulier, la quantité de peptides et de polypeptides et en diminuant la teneur en amidon **(Świeca et al. 2017).**

D'autre part, Liu et al. (2017) ont mis en exergue que l'utilisation de farine de blé germé lors de la fabrication de tortillas a permis d'améliorer les performances de cuisson du produit et d'obtenir une meilleure apparence, une plus grande acceptabilité du consommateur et une plus longue durée de vie de la tortilla. Étant donné que la germination conduit à une augmentation de la porosité du grain, cette propriété de grains germés et séchés peut-être exploitée pour développer des produits à cuisson rapide.

En dépit de leur fort intérêt nutritionnel, les graines germées présentent un risque microbiologique considérable. Par ailleurs, pour regagner la confiance des consommateurs, la réglementation européenne a évolué en mars 2013, renforçant la traçabilité et les garanties sanitaires des graines germées (règlement d'exécution (UE) no 208/2013). De même, aux Etats Unis, en 2017 la Food and Drug Administration (FDA) a proposé un projet de lignes directrices pour l'industrie, relatives à la culture, à la récolte, à l'emballage et à la conservation de produits destinés à la consommation humaine pour les opérations de germination. Les opérateurs

produisant des graines germées doivent désormais s'efforcer de mettre en place des mesures additionnelles de gestion de sécurité des denrées alimentaires et en particulier des graines germées.

I.2.4.3 Propriétés et intérêt nutritionnel

Au cours de la germination, plusieurs modifications ont lieu suite à une dégradation de certaines macromolécules, transport de quelques éléments vers d'autres emplacements et synthèse de nouveaux métabolites **(Lorenz et D'Appolonia 1980)**. Ainsi, la germination du blé conduit à une dégradation de l'amidon et à la libération d'oses simples, notamment du glucose **(Panfil et al. 2014)** sous l'action de l'α-amylase **(Singh et al. 2001 ; Aoki et al. 2006 ; Fardet 2010).** En revanche, Koehler et al. (2007) ont reporté une dégradation des protéines de gluten au cours de la germination. Durant les premiers stades de la germination, la dégradation des gluténines est prédominante, alors que des temps de germination plus longs sont nécessaires pour dégrader les gliadines **(Michalcová et al. 2012)**.

Par ailleurs, la germination du blé a mené à améliorer la composition vitaminique, notamment en vitamine C **(Yang et al. 2001 ; Bakhoj et al. 2003 ; Plaza et al. 2003)**, en vitamine E et en β-carotènes **(Yang et al. 2001 ; Plaza et al. 2003)**, ainsi qu'en folates **(Koehler et al. 2007).** Le blé germé est également caractérisé par une richesse en minéraux (Mg, Ca, Fe, Na, K et P) **(Ozturk et al. 2012)**. La biodisponibilité de minéraux tels que le calcium, le fer et le zinc peut être dès lors augmentée par la germination **(Donkor et al. 2012 ; Hübner et Arendt 2013).** Brandolini et Hidalgo (2012) ont rapporté que les principaux constituants minéraux du germe de blé sont le potassium, le magnésium, le calcium, le zinc et le manganèse, dans l'ordre décroissant (**tableau I.5)**. Enfin la germination permet de diminuer la teneur en facteurs antinutritionnels comme les tanins **(Fardet 2010)** et les phytates, solubles dans l'eau **(Bohn et al. 2008 ; Kumar et al.2009)**, contribuant ainsi à une meilleure biodisponibilité des éléments minéraux **(Dziki et Laskowski 2009).**

Tableau I-5 : Effet de la germination sur la composition du blé germé

Nutriments	Evolution après germination	Références bibliographiques
Protéines	Pas d'effet	Hung et al. 2011
	Augmentation	Mak et al. 2009 ; Sighkornart et al. 2013 ; Hung et al. 2015
Acides aminés libres	Augmentation	Hung et al. 2011
Albumine/Globuline	Augmentation	Koheler et al. 2007
Gluten	Diminution	Koheler et al. 2007
Lipides	Pas d'effet	Hung et al. 2011 ; Sighkornart et al. 2013
Cendres	Augmentation	Hung et al. 2011 ; Hung et al. 2015 ; Ozturk et al. 2012
	Diminution	Ariyama et Khan 1990 ; Sighkornart et al. 2013
Fibres	Augmentation	Hung et al. 2011 ; Koheler et al. 2007
β Glucanes	Diminution	Sighkornart et al. 2013
Arabinoxylanes (solubles)	Pas d'effet	Singkhornart et al. 2013
Amidon	Augmentation	Hung et al. 2011
Sucres réducteurs	Augmentation	Sighkornart et al. 2013
Polyphénols totaux	Augmentations	Alvarez-Jubete et al. 2010 ; Hung et al. 2010 ; Hung et al. 2011 ; Panfil et al. 2014
Acide ferrulique Acide vanillinque	Augmentation	Yang et al. 2001
Activité anti-oxydante	Augmentation	Alvarez-Jubete et al. 2010 ; Hung et al. 2010 ; Hung et al. 2011
α-tocophérol	Augmentation	Yang et al. 2001 ; Ozturk et al. 2012
	Diminution	Plaza et al. 2003
β-caroténe	Augmentation	Yang et al. 2001
Vitamine A	Augmentation	Plaza et al. 2003
Vitamine E	Augmentation	Yang et al. 2001
	Diminution	Plaza et al. 2003
Vitamines B1,B2, B6	Augmentation	Plaza et al. 2003
Vitamine C	Augmentation	Yang et al. 2001 ; Plaza et al. 2003
Folates	Augmentation	Koheler et al.2007; Hefni & Witthoft 2011; Hefni & Witthoft 2012
Acide phytique	Pas d'effet	Singkhornart et al. 2013

I.2.5 Caroube

I.2.5.1 Historique et origine

Le caroubier dont l'origine semble être l'Est de la méditerranée est domestique depuis le néolithique 4000 ans avant J.C, et sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C. **(Batlle et Tous, 1997 ; Gharnit, 2003, Berrougui, 2007)**. Il était connu dans le proche orient et les îles de la Méditerranée. En Egypte les pharaons ont utilisé la farine du fruit pour rigidifier les bandelettes des momies (XVIIe Siècle avant J.C).Le caroubier a d'abord été propagé par les grecques, puis par les Arabes et les Berbères de l'Afrique du Nord, en Grèce et en Italie, en Espagne et au Portugal, ensuit il a été introduit en Amérique du Sud, du Nord et en Australie par les Espagnols, actuellement le caroubier se trouve aussi aux Philippines, en Ian, en Afrique du sud et en Inde **(Berrougi, 2007).**En Espagne, et dans d'autres pays méditerranéens, elle est utilisée comme substitut du cacao pour la fabriquer du chocolat (dont elle a un peu le goût). En Tunisie et en Egypte, notamment, on tire de la pulpe des caroubes un sirop et on fait des boissons désaltérantes très appréciées **(Rejeb,2006)**. En Algérie, la farine de caroube est utilisée pour faire du couscous aux Etats- Unis, mélangée à la farine de blé, elle donne un pain très recherché **(Rejeb, 2006).**

I.2.5.2 Classification botanique

Le nom scientifique du caroubier, Ceratoniasiliqua est dérivé du mot grec ‘‘Keras’’ signifiant petite corne et le nom d'espèce‘‘siliqua’’désigne en latin une silique ou gousse, en allusion à la dureté et la forme de la gousse. Cette espèce appartient au genre Ceratonia de la sous-famille des caesalpinioïdeae, de la famille des Fabaceae (légumineuses), qui fait partie de l'ordre des Fabales (rosales), classe des Magnooliopsida**(Boudy, 1950).**Le genre Ceratonia appartient à la famille des légumineuses, ordre des Rosales, sous-famille des Caesalpinioideae. **(Quezel et Santa, 1962), (tableau I.6).**

Tableau I-6: Classification taxonomique du genre Ceratonia**(Sbay H., 2008).**

Règne	**Plantae**
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliosida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rosales
Famille	Legumineuses
Sous-famille	Caesalpinioideae
Sous-tribu	Ceratoniinae
Genre	Ceratonia

I.2.5.3 Composition chimique et valeur nutritive

La pulpe de gousses de caroubier est très riche en sucre (48 à 72%) en particulier : le sucrose (65 à 75%) **(Petit et al., 1995)**, le fructose (3 à 8%) et le glucose (3 à 5%) (Avallone et al., 1997), ce qui lui confère un goût très sucré **(Biner et al., 2007)**. Mais pauvre en protéines (1-2%) et en lipides (0.5- 0.7%). Selon (Ayaz et al., 2007), les acides aspartique, glutamique, l'alanine, la leucine et la valine représentent 57% des acides aminés totaux de la pulpe. Cette dernière contient également une teneur très élevée en fibres (27-40%) et une quantité non négligeable en tanins et en polyphénols (16 à 20%) **(Makris et al.,2004).** Par ailleurs, la pulpe est une bonne source de minéraux (K, Ca, Na, Fe et de Mg) **(Matthausa et al., 2001)** et de vitamines **(Makris et al., 2004),(tableau I.7).**

Tableau I-7:composition chimique de la caroube**(Avallone et al.,1997).**

La pulpe 90%	**La graine 10%**
Glucides 48 à 72%	L'enveloppe tégumentaire (cuticule) 30-33%
Protéines 1 à 2%	
Matières grasses 0,5 à 0,7%	
Cellulose et hémicellulose18%	L'endosperme (albumen) 42-46%
Minéraux (Ca, Mg, k, P)	
Pectines et fibres 4,2 à 9,6%	L'embryon (germe) 23-25%
Cendres 1,5à 2,4%	
Polyphénols 16à 20%	

I.2.5.4 Utilisation de la caroube

Deux produits différents tirés du caroubier sont utilisés dans l'industrie alimentaire : la farine et la gomme.

- La farine de caroube est obtenue en séchant, torréfiant et moulant les gousses débarrassées de leurs graines **(Yousif et Alghzawi, 2000)**. Elle est utilisée dans l'industrie agro-alimentaire comme additif (E410) pour les glaces, les pâtisseries, les aliments diététiques, notamment comme remplaçant de cacao **(Bengoechea et al., 2008).**

La caroube, contrairement à son homo logue le cacao, ne contient ni théobromine, ni caféine, deux alcaloïdes à l'action excitante sur l'organisme. Elle est naturellement sucrée **(Bengoechea et al., 2008).**

- La gomme de caroube provient, quant à elle, de la mince enveloppe brune qui recouvre les graines. Elle contient un endosperme blanc et translucide qui agit comme épaississant E411 **(Dakia et al., 2007)**. Elle est utilisée surtout dans l'industrie alimentaire, mais aussi dans d'autres industries (textile, pharmacie, cosmétique) (**Santoset al., 2005 ; Bouzouita et al., 2007).**
- Les caroubes sont également utilisées dans l'alimentation des animaux **(Lizardoet al., 2002 ; Silanikove et al., 2006)**

I.2.6 Le Lin

I.2.6.1 Historique et origine

Le lin, est une plante de famille des linacées, fut l'une des premières plantes cultivées par l'homme. Des traces de son existence datant de 8000 ans avant J.C. Il a été découvert dans des sites archéologiques à Tell Abu Hureya en Syrie. Cette plante était largement implantée en Egypte et en Europe ou elle a été utilisée pour fabriquer du papier et des tissus durant plusieurs siècles **(Chatain et al., 2016)**.Le nom botanique, Linumusitatatissum a été donné par Linnaeus en 1857 dans son livre Species Plantarum**(Jhla et Hall, 2010).**

I.2.6.2 Classification botanique

Le lin du nom Latin Linumusitatissimum signifie « le plus utile » (en anglais Flax, en arabe El-katan) est une plante herbacée annuelle qui appartient à la famille des Linacées. **(Beroual et al., 2013).**

La famille des Linaceae est géographiquement répandue avec environ 3000 espèces dans le monde entier. Cette famille est positionnée dans le royaume des plantes comme suit dans le **tableau I.8** :

Tableau I-8: Classification du lin**(Diedrecbsen et Ricbards, 2003)**

Division	Pteridophyta
Sous division	Angiosperme
Classe	Dicotyledoneae
Sous classe	Rosidae
Ordre	Geraniales
La famille	*Linaceae*
Tribu	Linoideae
Genre	*Linum*
Espèce	*Usitatissimum* L

I.2.6.3 Structure des graines

La graine de lin possède une microstructure caractéristique chaque tissu ayant une fonction physiologique propre. L'amande est protégée contre les pathogènes et les contraintes mécaniques par le tégument. Celle-ci est composée du spermoderme et de l'épiderme, **(figure I.6)**. Différentes assises cellulaires composent le tégument, en partant de l'intérieur vers l'extérieur (Kadivar,2001) :

1. Une couche de pigments, contenant les tanins responsables de la couleur de la graine (Endosperme)
2. Deux assises cellulaires de fibres longitudinales et transverses(spermoderme)
3. Une couche de cellules rondes (spermoderme)
4. Une assise mucilagineuse, contenant le mucilage est située sur la couche la plus externe de la graine de lin (épiderme).

L'amande de la graine est composée de l'embryon, de deux cotylédons plats et de l'endosperme. Dans l'amande sont contenues les macromolécules de réserves (protéines, lipides et glucides **(Daun et al., 2003)**. Au cours de la germination, ces composés seront dégradés pour permettre la croissance de l'embryon et le développement de la future plante.

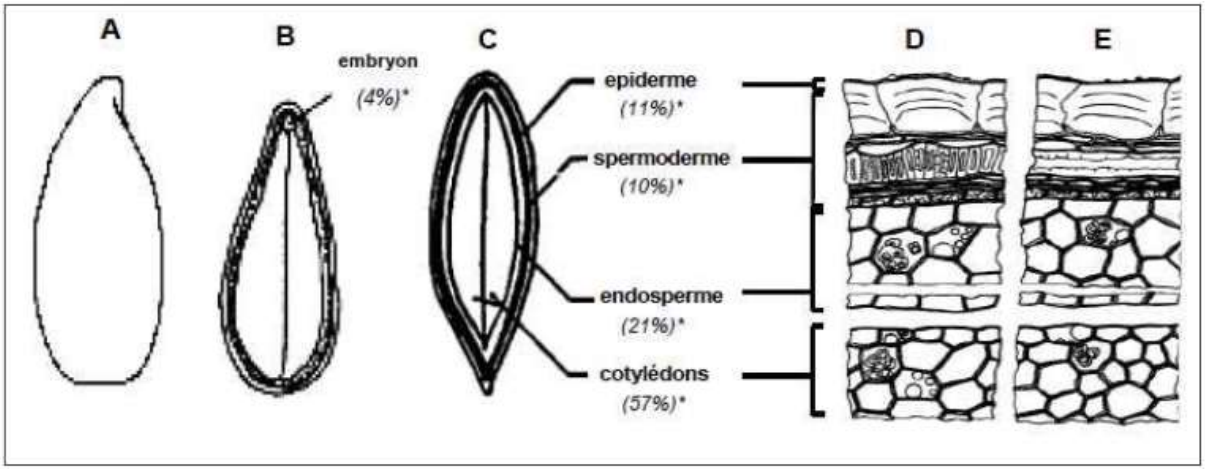


Figure I-7: Représentations schématiques (A), section longitudinale (B, C), et les assises cellulaires (en coupe transversale (D), en coupe longitudinale E) de la graine, avec les pourcentages massiques (*) des fractions**(Daun et al.,2003).**

I.2.6.4 Composition de la graine de lin

Le graine de lin est riche en lipides, essentiellement l'acide α-linolénique. Sa composition chimique varie considérablement entre les variétés et dépend aussi des conditions de l'environnement dans les quelle la plante est cultivée **(Daun et al.,2003).**

La graine de lin contient environ 40% de lipide, 30% de fibres alimentaires, 20% de protéine, 460-520 Kcal/100g d'énergie et faible quantité d'amidon **(Marie-Claude,2011).**

Les téguments sont composés majoritairement de polyphénols et de composés glucidiques(mucilage), alors que l'embryon est composé majoritairement d'huile et de protéine **(Lepiniecetal.,2006 ; Venglatetal.,2011)**. Le **tableau I.9** montre le taux de chaque composant contenu dans la graine de lin.

Tableau I-9: Composition chimique des grains de lin**(Coskuner et Karababa, 2007).**

Humidité	Protéines	Lipides	fibres	cendres
4-8%	20-25%	30-40%	20-25%	3-4%

I.2.6.5 Utilisation des graines de lin

I.2.6.5.1 Incorporation dans l'alimentation humaine

L'ajout de graines de lin à une formulation alimentaire représente un excellent choix dans l'amélioration de la valeur nutritive et la texture des aliments, et ajoutent une saveur de noix. Elles peuvent être utilisées dans une variété d'applications **(Malcolmson, 2012).** Le lin a trouvé une place de choix dans l'alimentation moderne avec l'avènement des régimes riches en AGP **(Chen et al., 1994)**. Il existe plusieurs façons de manger ces graines : moulues, sous forme d'huile ou ajoutée aux produits de la boulangerie **(Bernacchia et al.,2014)**

a) **Applications des graines de lin entières**

Les graines de lin entières peuvent être utilisées dans du gruau de grains entiers, ou saupoudrées sur les salades, petits pains, muffins, bagels, et pains avant la cuisson pour leur donner un aspect agréable et croquant **(Morris, 2003)**. Contrairement aux idées reçues, les graines de lin entières n'apportent aucun bienfait à l'organisme. En effet, les ALA et les fibres sont contenues à l'intérieur de la graine, que seul un broyage préalable permet de libérer ces composés **(Bleu-Blanc-Cœur.,2016)**

b) Applications des graines de lin moulues

Les graines de lin moulues sont disponibles en différentes grosseurs selon le fabricant **(Lipilina et Ganki, 2009)**. L'ajout des graines de lin moulues aux boissons fait augmenter la viscosité créée par la haute teneur en matières grasses et à l'absorption de l'eau libre en raison de sa teneur élevée en fibres **(Malcolmson et al., 2000).**

c) Application de la farine de lin

La farine de lin disponible sur le marché, est produite après l'extraction d'huile. Elle contient des niveaux élevés de lignanes, de protéines et de fibres **(Manthey et al., 2002)**. Elle est généralement associée à une autre farine, telle que la farine de blé ou de froment qui agissent comme un buvard et permettent une meilleure conservation des ALA **(Bleu-Blanc-Cœur, 2016).**

I.2.6.5.2 Incorporation des grains de lin dans l'alimentation animale

Dans les filières animales, la graine de lin a également ajoutée aux rations de bovins laitiers, de porcs et aux volailles pour but de fournir des aliments (produits laitiers, œufs, jambon, et viandes) enrichis naturellement en ALA **(Labalette et al., 2011).** Le lin est intégré aux rations animales sous plusieurs formes : graines entières, suppléments d'huile, coques ou sous forme de farine. La fraction fine obtenue comme sous-produit du décorticage pourrait être un ingrédient potentiel dans l'alimentation animale **(OomahetMazza, 1998).**

I.2.6.5.3 Lin à usage industriel

Chaque partie de la plante de lin est utilisée commercialement, directement ou après traitement. La graine fournit une huile riche en ALA, protéines digestibles et lignanes. Il est également utilisé pour fabriquer des peintures, des vernis, encres d'imprimerie, savons et de nombreux autres produits **(Halligudi, 2012)**

II. Présentation de l'usine

II.1 Objectifs

L'usine de Rouïba est une annexe de la laiterie et fromagerie de Boudouaou qui produit deux denrées alimentaires : le lait de consommation en sachet de 1L avec une capacité de production moyenne de 200 000 sac par jour et le yaourt avec une capacité de 5000 à 6000 boite chaque 3 jours.

II.1.1 Fiche technique des produits :

- Lait : Le produit est un lait partiellement écrémé pasteurisé et conditionné dans un sachet de volume d'un litre.
- Yaourt aromatisé : le produit est un yaourt aromatisé de plusieurs gout (ananas, fraise, banane, vanille, citron, fruits des bois, abricot) à base de lait cru (lait de vache entier) pasteurisé et conditionné dans des pots alimentaires de volume de 100 g ou de 125 g.
- Yaourt fruité : Le produit est un yaourt aux fruits de plusieurs gout (ananas, fraise, banane, vanille, citron, fruits des bois, abricot) à base de lait cru (lait de vache entier) pasteurisé et conditionné dans des pots alimentaires de volume de 100 g

II.1.2 Schéma de production :

La production quel que soit de lait ou de yaourt a été automatique.

II.1.2.1.1 Matériel utilisé pour la préparation du lait et leur caractéristique

• Mélangeur : 43 sacs de la poudre de lait (26 % de matière grasse) + 33 sacs de la poudre de lait (0% de matière grasse) aspiré et mélangé avec 16200L d'eau.

• Cuve mélangeur : sert pour mélanger le lait.

• Tank de stockage du lait recombiné avant pasteurisation : capacité de 20 000L avec un agitateur et un système de refroidissement.

• Pasteurisateur : avec des températures variable et automatiques coté froid (4˚-12˚) coté chaud (75˚-88˚)

• Tank de stockage de lait pasteurisé après pasteurisation : capacité de 20 000L avec deux agitateurs et un système de refroidissement.

• Machines de conditionnement : ils présentent huit têtes pour la distribution du lait pasteurisé dans les sachets de consommation de 1 litre.

Après le conditionnement le produit est mis dans les cajous désignes (stériliser et bien nettoyer) pour la commercialisation.

II.1.2.2 Matériel utilisé pour la préparation de yaourt et leur caractéristique

• Tank Mélangeur : pour mélanger le lait cru, la poudre de lait (26 % de matière grasse), la poudre de lait (0% de matière grasse), l'eau et le sucre.

• Pasteurisateur : avec des températures variable et automatiques coté froid (4˚- 12˚) coté chaud (75˚-88˚).

• Tank de stockage et d'ensemencement des ferments : capacité de 5000 L avec deux agitateurs et un système de refroidissement

• Machine de conditionnement automatique : elle fait le conditionnement de yaourt (deux systèmes différents pour le yaourt aromatisée et fruité).

• Stockage de produit fini : il se fait dans deux types de chambres (froides ou chaudes) selon les types de yaourt.

II.1.2.3 Clean in place (CIP) ou nettoyage en place

Les étapes de production du yaourt sont déjà mentionnées dans la partie bibliographique, donc on se focalise ici au nettoyage en place qu'est réalisée après chaque production.

Le CIP est un système automatique de nettoyage et de désinfection des installations industrielles. Cette étape de nettoyage se mis en place juste la fin de production et de conditionnement de notre produit, elle touche : les tanks de préparation et de stockage de yaourt, le pasteurisateur, la machine de conditionnement et la tuyauterie du yaourt. Elle passe par plusieurs étapes de nettoyage en utilisant la Soude Caustique et l'Acide Nitrique avec des concentrations spécifiques. (Figure

II.1.2.3.1 Les étapes de nettoyage

a) Prélavage :

Évacuation de la tuyauterie à l'eau chaude à une température de 80˚C

b) Lavage alcalin :

A un but d'assuré l'élimination de toutes traces de la matière organique en utilisant de la Soude Caustique NAOH à une température de 75˚-90˚C pondant 15 minutes.

c) Rinçage de la soude :

Pour éliminer tous traces de la soude en utilisant l'eau de température ambiante pondant 10 minutes.

d) Lavage acide :

A un but d'assuré l'élimination des dépôts des minéraux et neutraliser le milieu basique (traces de soude) en utilisant de l'Acide Nitrique (HNO3) à une température entre 90˚et 75˚ Pondant 15 minutes.

e) Rinçage d'acide :

Au but d'éliminer les traces d'acide nitrique en utilisant l'eau à température ambiante

f) Désinfection :

À bute de détruire la flore résiduelle dans les conduits et les cuves en utilisant un désinfectant approprié.

g) Rinçage final :

A un but d'assuré Assuré d'éliminer les traces de désinfectant et la propreté de l'installation.

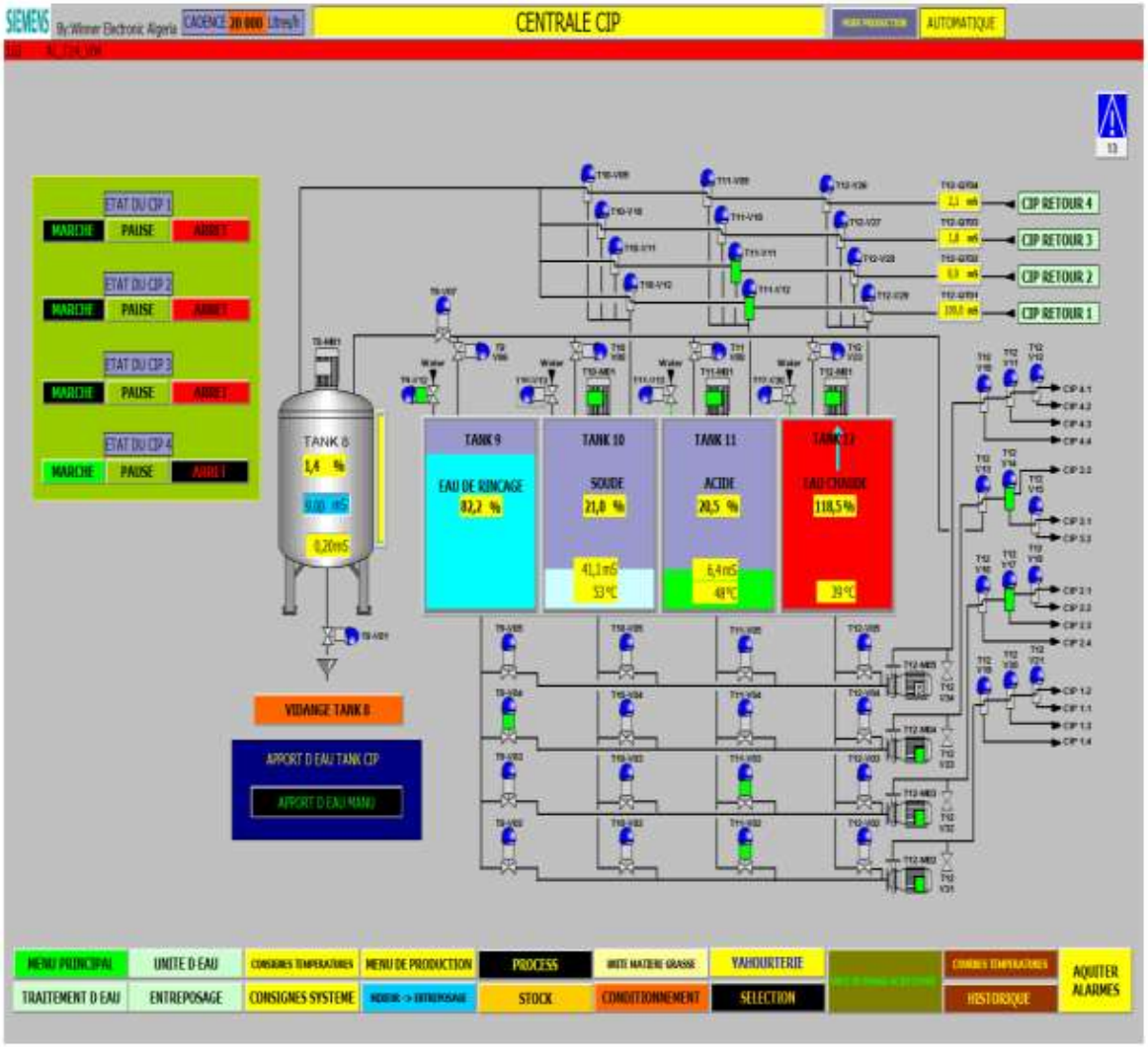


Figure II-1: CIP

L'intégralité de notre étude a été réalisée au niveau du laboratoire a l'unité LFB (laiterie fromagerie de boudouaou) et laboratoire de la faculté de technologie de Boumerdès dans la période 06/ 03 /2022 – 12 /05 /2022.

II.2 Matériels

Tout le matériel et appareillage utilisés sont mentionnés dans le tableau suivante :

Tableau II-1: matériels et appareillages

Matériels	
Verreries et autres matériels	Becher Pipette gradué Eprouvette gradué Burette + support Pissette Fiole jaugée Entonnoir Spatule Bocaux en verre de 210 ml Boite de pétri Pipette pasteur Table a essai + support Tamis
Réactifs/solutions	Phénolphtaléine NaOH N/9 Bouillon
Végétal, Biologique où Microbiologique	Graine de lin Graine de blé Fruit de caroube Graine de blé germe Lait fermenté Gélose de culture MRS Gélose de culture M17
Appareillages	Balance Agitateur et agitateur vortex PH mètre Etuve Viscosimètre (Visco basic plus) Bain marie Thermomètre Viscosimètre (Viscotester VT 550) Plaque chauffante Broyeur

II.3 Matériel végétal

Le matériel végétal que nous avons utilisé pour l'incorporer au yaourt pendant la fermentation se manifeste dans la farine de caroube et les graines de céréales à savoir le blé, la chia et le lin, l'objectif est de tester leurs effet prébiotiques vis-à-vis les bactéries lactiques et d'étudier leurs effets symbiotiques pendant la fermentation. Ces produits ont été utilisées sous forme de poudre après les avoir broyés dans un broyeur à hachoir Blender (Waring)et tamisés afin d'obtenir des poudres à granulométrie plus au moins homogènes, nous avons obtenue trois fractions de poudres issues de trois tamis de porosités 800 µm, 500µm et 160µm. Avant d'obtenir les différentes farines (poudres), la matière première a subi quelques traitement préliminaires particulier :

II.3.1 Traitement de matière première

II.3.1.1 Caroube

a) Récolte

La caroube était cultivée du caroubier de la résidence universitaire Bayou Halima de Boumerdès, en mois d'avril. Nous avons cultivé les gousses matures de couleur brune.

b) Lavage

Les fruits de caroube ont été lavés soigneusement avec l'eau de robinet puis égouttés et séchés à l'air ambiant.

c) Séparation les pulpes des graines

Cette séparation a été faite en coupent les gousses dans le sens vertical à l'aide d'un couteau**.**

d) Torréfaction de la pulpe de caroube

La pulpes de la caroube a été séchées dans une étuve à une température de 130°C pendent 30mn, cette opération permet de stabiliser les activités biochimiques de la pulpe, de développer les aromes caractéristiques et lui révéler une couleur stable.

Après ces opérations la pulpe de caroube a été broyée et tamisée.

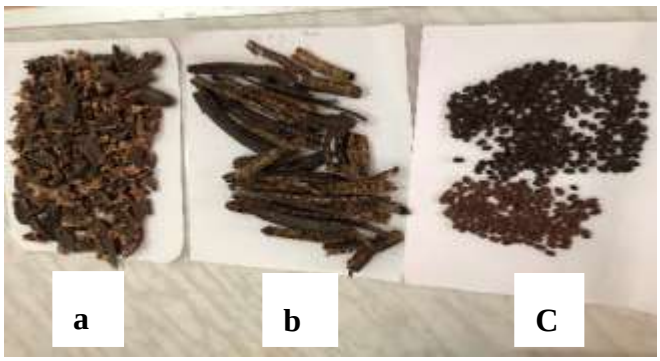


Figure II-2 : Pulpe et gaines séchés: a) Gousses, b) pulpe, c) graines

II.3.1.2 Blé et lin

Les graines ont été achetés chez l'herboriste de la région de Boumerdès.

a) Nettoyage

Les graines ont été mises sur une table pour éliminer les impuretés et des corps étrangers, puis broyées et tamisées.

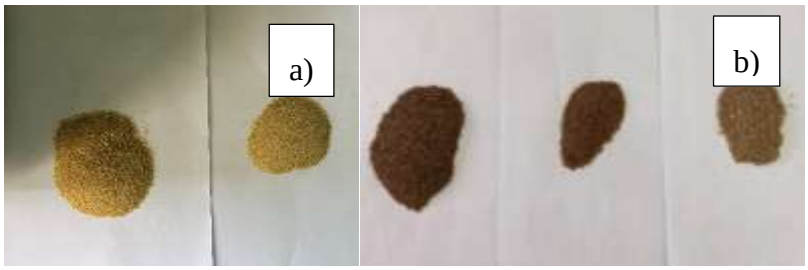


Figure II-3 : a)Blé après tamisage ,b) Lin après tamisage

b) Stockage

Les différentes fractions de poudres tamisées ont été stockées dans des boites.

II.3.1.3 Blé germé

a) Nettoyage

Les graines ont été mise dans une table pour éliminer les impuretés et des corps étrangers.

b) Procède de germination

Les graines ont été immergées dans l'eau pendant 8 heures, afin de les hydrater, puis elles sont rincées avec de l'eau et mises dans des flacons fermés avec un tissu en voile pour permettre la circulation de l'air, ils sont lancés dans un endroit chaud ; l'hydratation est répétée toutes les 8 heures. Ce processus est répété jusqu'à germination.

Figure II-4 : Blé après germination

c) Blanchiment

Le blanchiment des graines germés ont été faites en bain marie à une température de 93°C pendant 5mn, au but d'arrêter la germination des graines.

Figure II-5: Blanchiment au bain marie

d) Séchage

Les graines ont été séchée dans une étuve à une température de 130°C pendant 2heures, puis broyées et tamisées.

II.4 Elaboration des échantillons

L'élaboration des échantillons était à la base du lait fermenté produit à LFB et ramené au laboratoire, avant d'incorporer les prébiotiques (céréales et caroubes), la température du lait fermenté était d'abord ramenée à 43°C, puis le lait est réparti dans des récipients de 210 ml qui contenaient chacun 150 ml du produit ; les farines étant incorporées en raison de 2,5% et 5% pour chaque fraction. Ensuite les bocaux ont été incubés dans une étuve à 44°C pendent 4h, puis réfrigérés à 4°C, à la fin nous avons obtenu 16 échantillons du yaourt étuvé ensemencées par différentes doses de farines :

Produits	**Fraction 160µm**		**Fraction 500µm**	
Lin	**2,5%**	**5%**	**2,5%**	**5%**
Caroube				
Blé				
Blé germe				

II.5 Analyses physico-chimiques des yaourts obtenus

II.5.1 Mesure du pH

Le pH ou potentiel hydrogène mesure l'activité chimique des ions hydrogènes H+ en solution. Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution.

Cette méthode décrit l'acidité ionique du produit à analyser, son principe consiste à introduire l'électrode du PH-mètre dans le produit après réglage de la température et étalonnage de l'appareil. La lecture se fait directement sur le pH-mètre. **(AFNOR ,1985)**

Pour mesurer le pH de nos échantillons une prise d'essai de 20ml du yaourt mise dans un bécher et portée à température ambiante, l'électrode du pH-mètre est introduite dans le produit, après stabilisation du résultat ce dernier est enregistré.

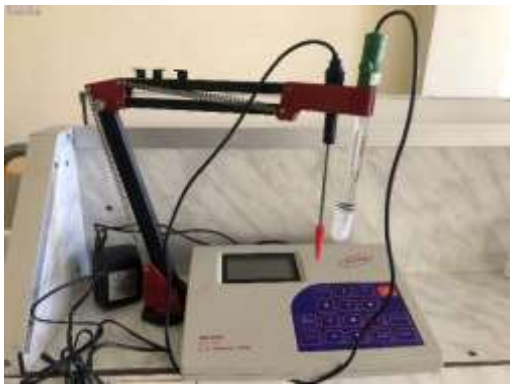


Figure II-6 : pH-mètre

II.5.2 Mesure de l'acidité

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

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

Pour mesure l'acidité de nos échantillons il était pris 20ml de yaourt puis ajoute 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine ensuit titre avec le NaOH N/9 jusqu'au virage à la rose pâle et à la fin lire la chute de burette.

Expression des résultats

L'acidité s'exprime en équivalent d'acide lactique. Le degré Dornic (°D) correspond à 0.01g d'acide lactique par litre de produit. Pour un yaourt le degré Dornic doit être a >70°D. (Décret n°88-1203 du 30 décembre 1988).

Les résultats sont exprimés selon la relation suivante :

$$°D = V \times 10$$

°D : Acidité Dornic.

V : Le volume en millilitre de la soude utilisée.

Figure II-7: Titrage

II.5.3 Mesure de la synérèse

La prise en gel est donc suivie d'une phase d'égouttage de la caille. Elle est appelée synérèse et correspond à l'expulsion active d'une partie du lactosérum par contraction du gel. La phase active est associée à un processus passif résultat de la perméabilité du coagulum, durant lequel une autre partie du lactosérum s'en échappe (walstra). L'aptitude d'un gel laitier à la synérèse résulte principalement de la richesse en caséine de lait (Pearse et Mackinlay,1989).

Donc la contraction spontanée des particules d'un gel se traduit généralement par la diminution du volume de la masse solide et l'expulsion progressive du liquide de constitution.

La synérèse est exprimée en ml, une séparation entre le gel et la partie solide a été faite à l'aide de pipette puis ont été mise dans l'éprouvette avec papier filtre, attendre la filtration totale et puis note le volume.

II.5.4 Etude rhéologique

La rhéologie est la science qui étudie la déformation et l'écoulement des corps sous l'influence de contraintes qui leur sont appliquées. On appelle sollicitation la force qui s'exerce sur un corps ; les contraintes sont les forces (F) s'exerçant sur un élément de surface ds rapporté à l'air de cet élément de surface (τ=F/ds) ; on nomme contrainte tangentielle (shear stress...) la projection de la contrainte appliquée à un élément de surface sur le plan de cet élément de surface ; le terme de déformation s'applique à la modification des distances mutuelles de différents points d'un corps ; la dérivée de la déformation par rapport au temps est appelée vitesse de déformation;

lorsqu'elle agit en tangentielle, on parle souvent de vitesse de cisaillement (souvent notée γ et exprimée en s-1)(Stoltz, 2019)

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).

II.5.4.1 Mesure de la viscosité

Le principe de mesure de la viscosité est d'appliquer une force de mouvement à un produit en mettant en rotation un mobile de taille fixe. La résistance du produit au mouvement de rotation du mobile est enregistrée à l'aide d'un ressort spiralé interne, puis convertie en unité viscosimétrique.

Prise de 50ml d'échantillon de yaourt ont été mise en bécher dans lequel o introduit la tige de rotation (R6 et R5) du viscosimètre (viscosimètre rotatif Fungilab) à une vitesse de 100RPM. Les résultats sont affichés sur l'appareil en mPa/s.

Figure II-8 : Viscosimètre FUNGILAB S.A.

II.5.4.2 Etude du comportement d'écoulement

L'étude de l'écoulement des produits a été réalisée dans un viscosimètre Thermo Scientific *HAAKE Viscotester 550*, ce dernier est un viscosimètre rotationnel dédié aux applications de

contrôle qualité qui mesure précisément, rapidement et en toute simplicité la viscosité et le comportement d'écoulement des matériaux de test liquides et semi-solides.

Une vitesse rotationnelle est prédéfinie et la résistance à l'écoulement de l'échantillon est mesurée - ceci signifie que le couple qui maintient la vitesse définie est proportionnel à la viscosité. Toutes les informations finales sur la viscosité, la contrainte de cisaillement et le taux de cisaillement sont calculées à partir du couple requis, la vitesse définie et des facteurs de géométrie du cône, plan, ou cylindre de mesure. Les résultats sont affichés numériquement et peuvent être imprimés simultanément.

Figure II-9 : Viscosimètre HAAKE Viscotester 550

Les tests de rhéologie ont été réalisés à l'aide d'un rhéomètre rotatif à contrainte impose avec module a cylindres coaxiaux.

Un protocole fixé, établi précédents lors des travaux sur le yaourt (Koskoyet Kilic, 2004), a été appliqué pour la préparation des échantillons.

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 bocal de yaourt a été délicatement mélangé à l'aide d'une petite cuillère. La température des échantillons est ajustée à14°C et est maintenue constante tout au long de l'analyse. L'échantillon de yaourt (30 ml) est placé dans l'espace entre le cylindre interne et le cylindre externe. Les échantillons sont restés dans le système pendant 5mn, avec une température constante.

Les mesures rhéologiques sont effectuées par balayage en contrainte et sous régime harmonique.

Un test à vitesse de cisaillement contrôlée a été également effectué afin de déterminer les courbes et le type d'écoulement des quatre yaourts.

La vitesse a été variée linéairement de 0 à 500 s-1 pendant 5 min (courbe croissante), puis dans le sens inverse de 500 jusqu'à 0 s-1 (courbe décroissante) pendant 5 min. les résultats sont affichés dans le logiciel sous forme des points dans un graphe.

II.5.5 Test de stabilité

Le test de stabilité est réalisé dans un laboratoire pour assurer que le produit ne présente pas des modifications d'aspect, des variations anormales de PH et d'acidité, afin d'assurer qu'aucun développement microbien ne sera observé dans le produit.

Ce test a été réalisé après 28 jours (DLC des yaourts), toutes les analyses physico-chimiques et microbiennes ont été réalisées pour assurer la qualité organoleptiques et hygiéniques de notre produit.

II.5.6 Test sensorielle (Etude statistique par méthode de Kramer)

L'analyse sensorielle est une étude systématique des réponses humaines aux propriétés physico-chimiques des aliments. Cette approche est indispensable à l'évaluation de la qualité d'un produit alimentaire. Elle peut être un outil d'aide à la maitrise de la qualité et la formulation de produits transformés. Elle consiste à analyser les propriétés organoleptiques des produits par les organes des sens : la vue, le toucher, l'ouille, l'odorat et le goût. (Amellal, 2008).

L'objectif de notre évaluation sensorielle est de déterminer la qualité organoleptique des produits et leurs acceptabilités par le consommateur. Le test comprend :

- **L'examen visuel :**

C'est le premier contact avec le produit. Les dégustateurs doivent d'abord juger les yaourts sur la texture, la couleur, puis noter les appréciations dans des colonnes prévues à cet attribut.

- **L'examen olfactif :**

La deuxième étape consiste à sentir les yaourts et déterminer l'arôme caractéristique ou l'ingrédient prédominant. L'odorat permet d'anticiper le goût et l'acidité de l'aliment.

- **L'examen gustatif :**

C'est l'étape principale de la dégustation et qui permet de juger le goût et l'acidité des yaourts pour donner l'avis sur l'acceptabilité ou non des produits finis. Il a été demandé aux dégustateurs de goûter les yaourts (codés) dans l'ordre de noter toute appréciation au fur et à mesure de la dégustation. Nous avons programmé une séance de dégustation pour 15 panélistes, durant laquelle nous avons expliqué les axes principaux de cette analyse, afin de remplir les fiches de dégustation qui ont été mises dans une échelle hédonique (voir annexe). Les résultats ont été interprétés par le test de Kramer (Kramer, 1961) au seuil de probabilité de 5%.

II.5.7 Analyse microbiologique

II.5.7.1 Dénombrement et isolement des bactéries lactiques

Pour dénombrer les bactéries lactiques nous avons utilisés les milieux gélosé MRS et M17.

Les tubes d'essaies ont été lavés à l'eau courante, puis lavées rincés à l'eau distillée et placés dans le support, chaque tube a été rempli par 9ml d'eau physiologique contenant 0,9% de Nacl, puis stérilisé, tout le matériel utilisé a été stérilisé.

Des séries des dilutions décimales des échantillons du yaourt ont été effectuées dans la solution d'eau physiologique stérile. Les milieux de cultures de dénombrement et d'isolement ont été ensemencés par 1 ml de dilution 10^{-3} , puis incubées à 37 °C .

- ***Streptococcus thermophilus*** : Le dénombrement des germes a été réalisé par culture d'une prise de dilution sur un milieu de culture sélectif « M17 » incubé à 37°C pendant 24h.
- ***Lactobacillus bulgaricus*** : Le dénombrement des germes été effectué par culture d'une prise de dilution sur un milieu de culture sélectif « MRS » incubé à 37°C pendant 72h.

Figure II-10 : Préparation de dénombrement

III. Résultats et discussions

III. 1. Variation du pH pendant la fermentation en présence des prébiotiques.

Les figures suivantes représentent la variation du PH dans les yaourts enrichis par les céréales et par la caroube pendant la fermentation, les prises d'essais ont été prises toutes les heures.

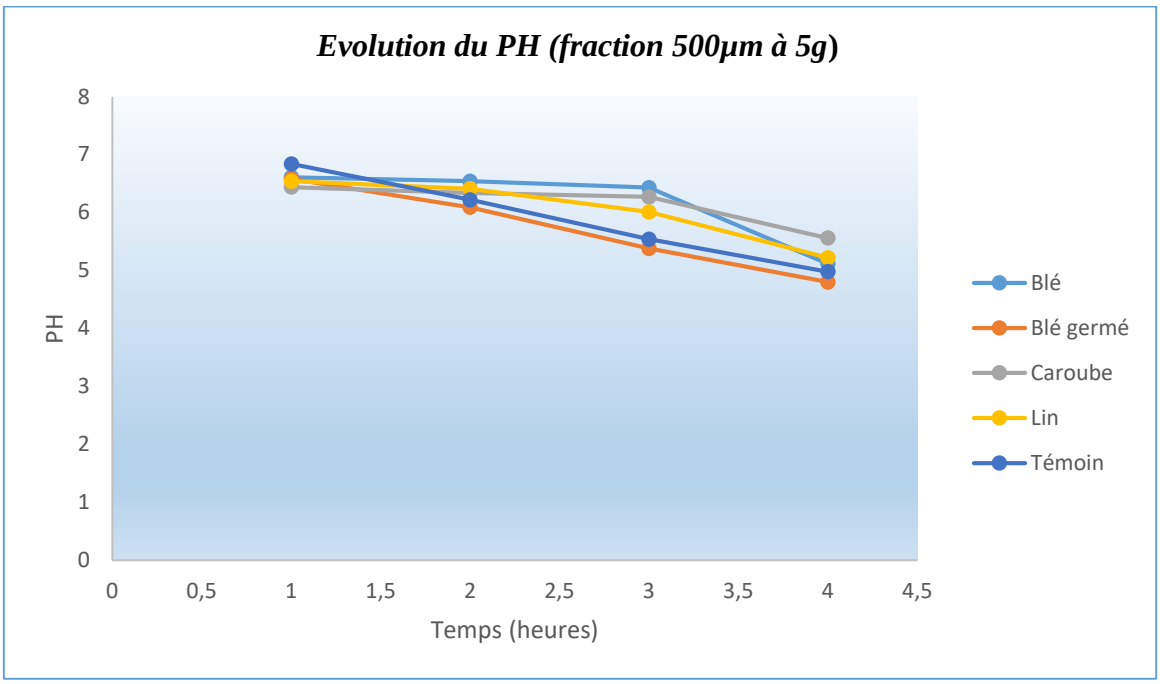


Figure III-1 : Evolution du PH fraction 500µm à 5g

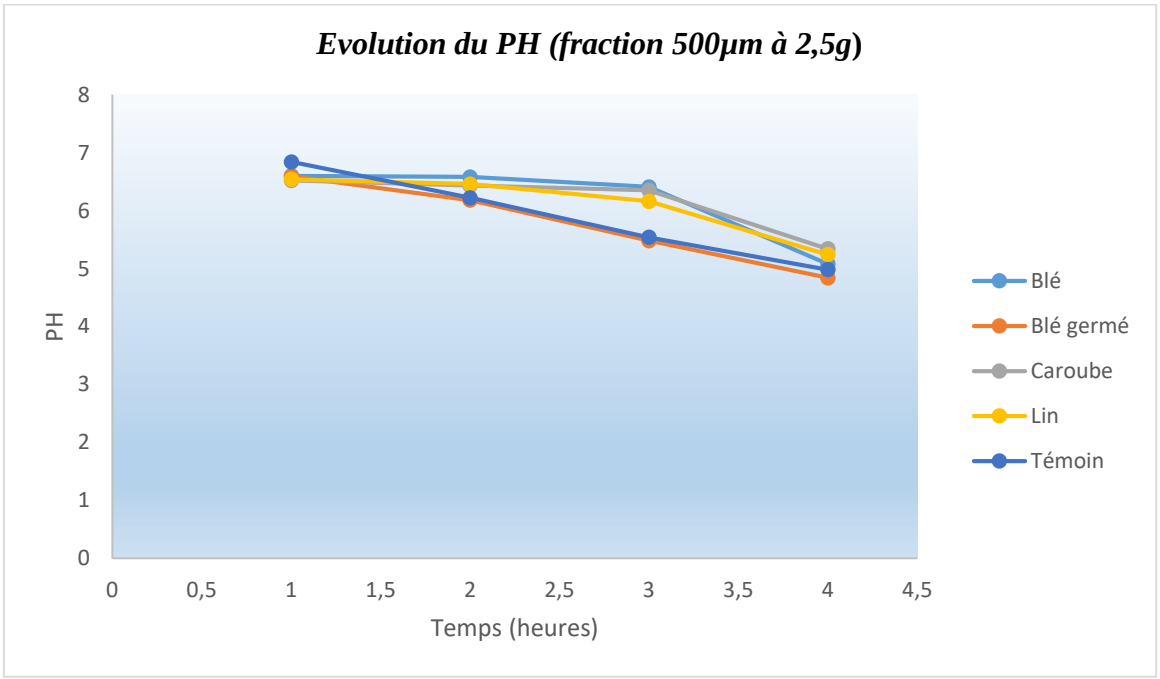


Figure III-2 : Evolution du PH fraction 500µm à 2.5g

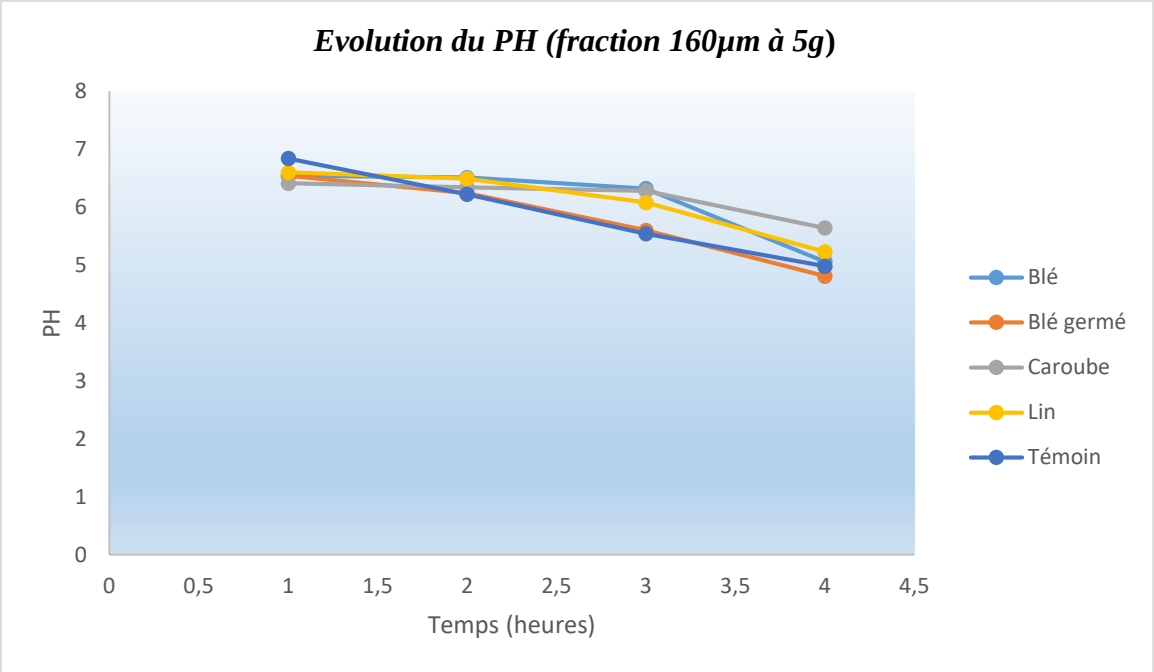


Figure III-3 : Evolution du PH fraction 160µm à 5g

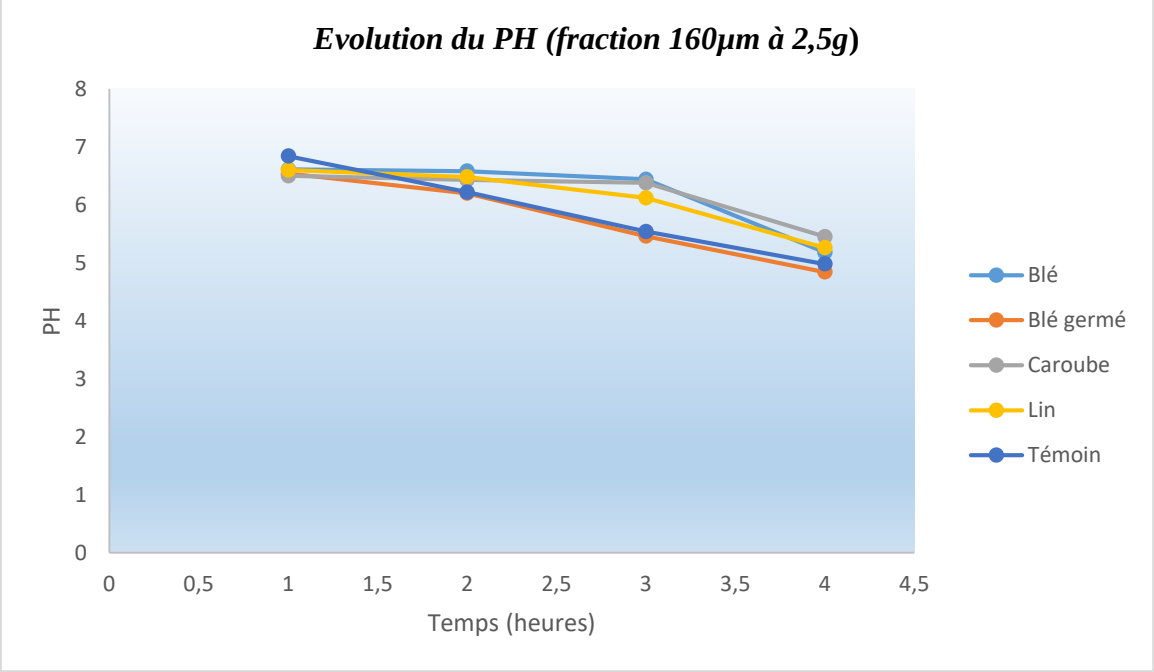


Figure III-4 : Evolution du PH fraction 160µm à 2.5g

Les bactéries associées dans la préparation du yaourt ont pour rôle principal d'abaisser le pH du lait au point isoélectrique la caséine de façon à former un gel ou coagulum**(Jean Pien,M.Weissmann,1938)**Après l'ensemencement du lait par les bactéries du yaourt, le PH qui était de l'ordre de 6,6-6,8 favorable au streptocoque assurant le départ de la fermentation lactique, il diminue et l'acidité, l'acidité se développent et devient défavorable au développement des streptocoque qui sont alors relayé par les lactobacilles qui poursuivent leurs activités fermentaires jusqu'à un PH plus bas environ qui varie de 4,6-4,8.

La majorité des yaourts enrichis par les graines n'ont pas montré une variation significative dans l'évolution du pH au cours du temps, sauf les échantillons enrichis par le blé germé qui montre une variation significative par rapport aux autres échantillons ainsi que par rapport au témoin, ce qui nous laisse supposer que l'activité bactérienne a peut-être augmenté en présence du blé germé.

III.1 Evolution de l'acidité en présence des prébiotiques

Les figures ci-dessous représentent l'évolution de l'acidité des yaourts enrichis en graines de céréales et en caroube en fonction du temps exprimés degrés Dornic (°D)

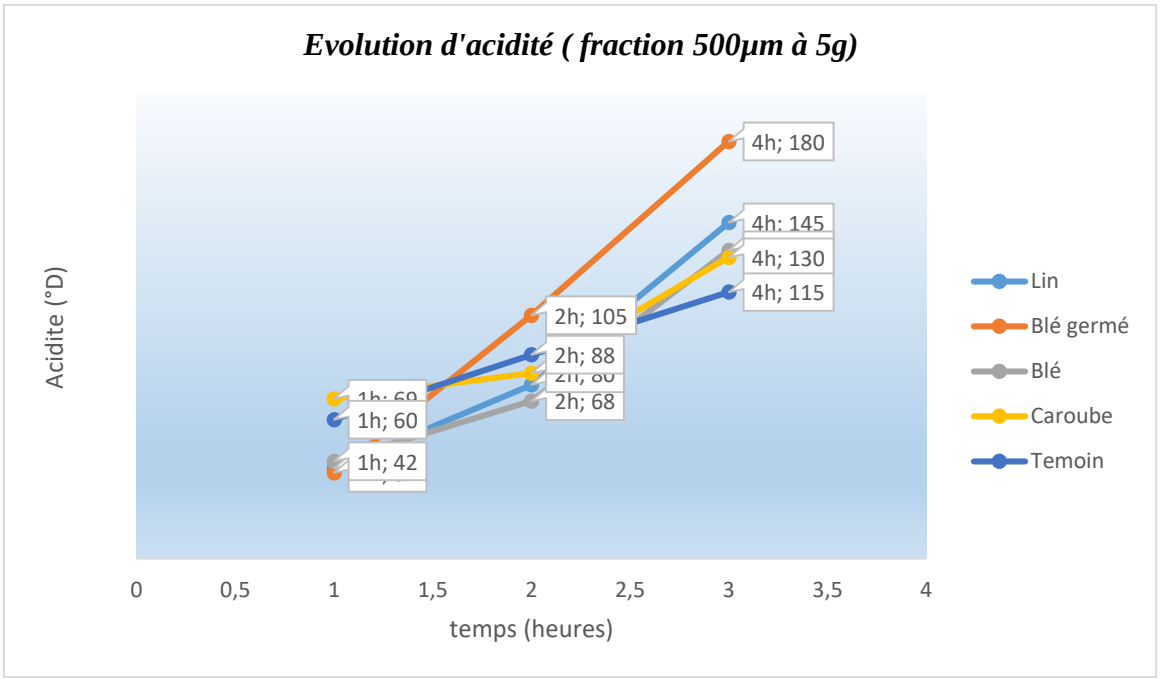


Figure III-5 : Evolution d'acidité fraction 500µm à 5g

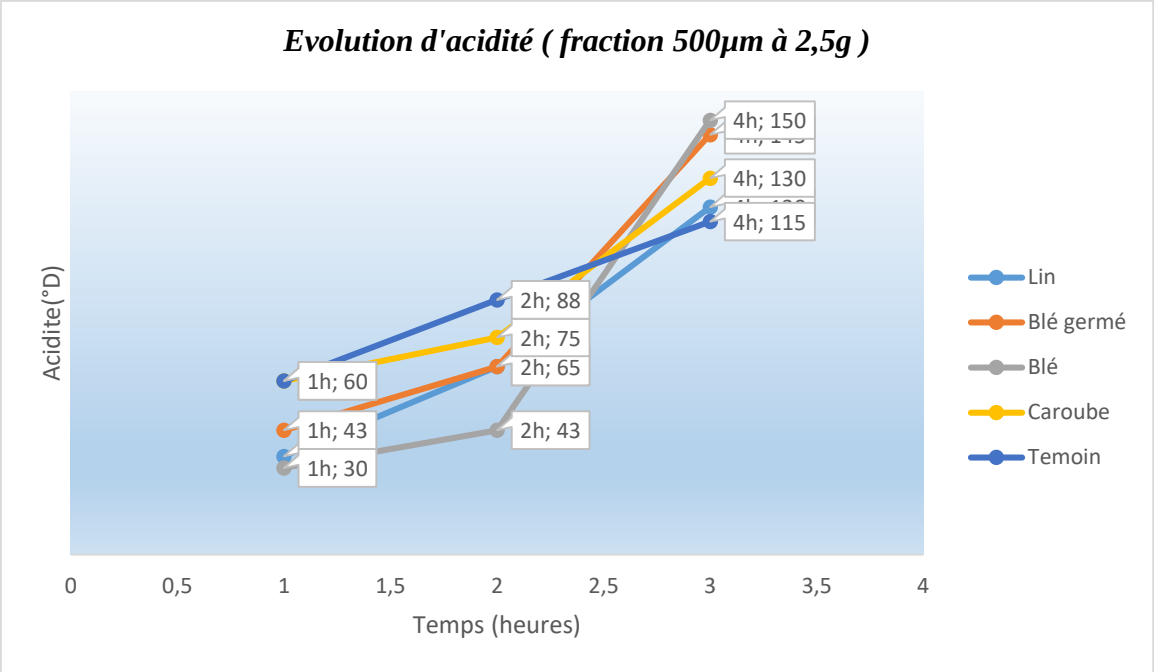


Figure III-6 : Evolution d'acidité fraction 500µm à 2.5g

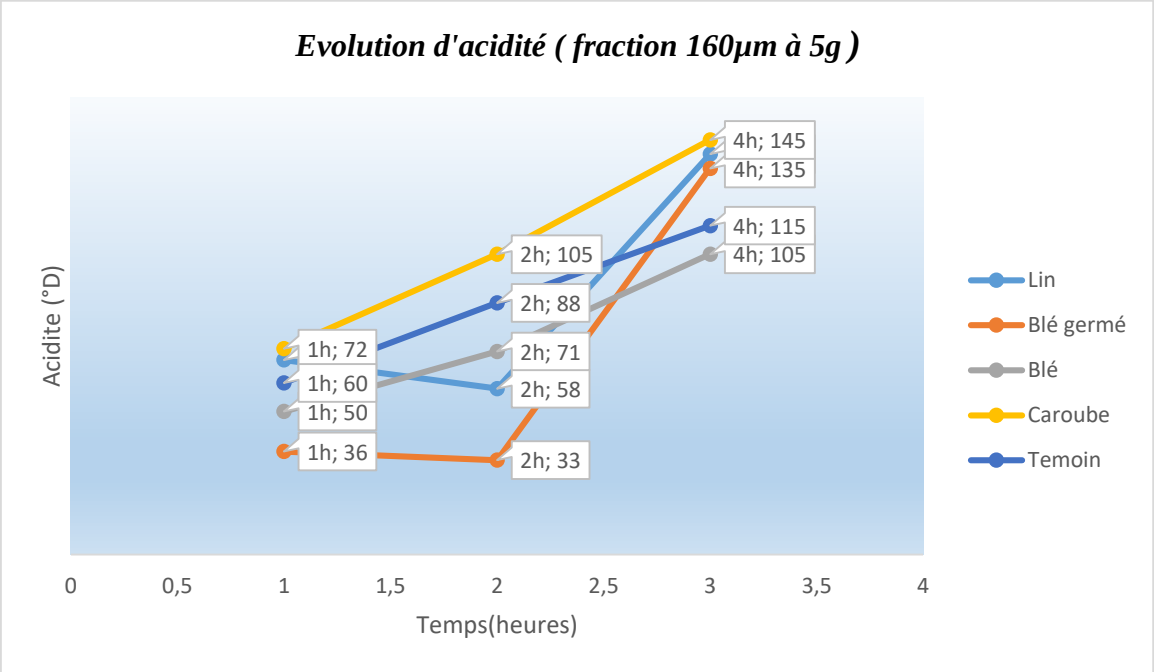


Figure III-7 : Evolution d'acidité fraction 160µm à 5g

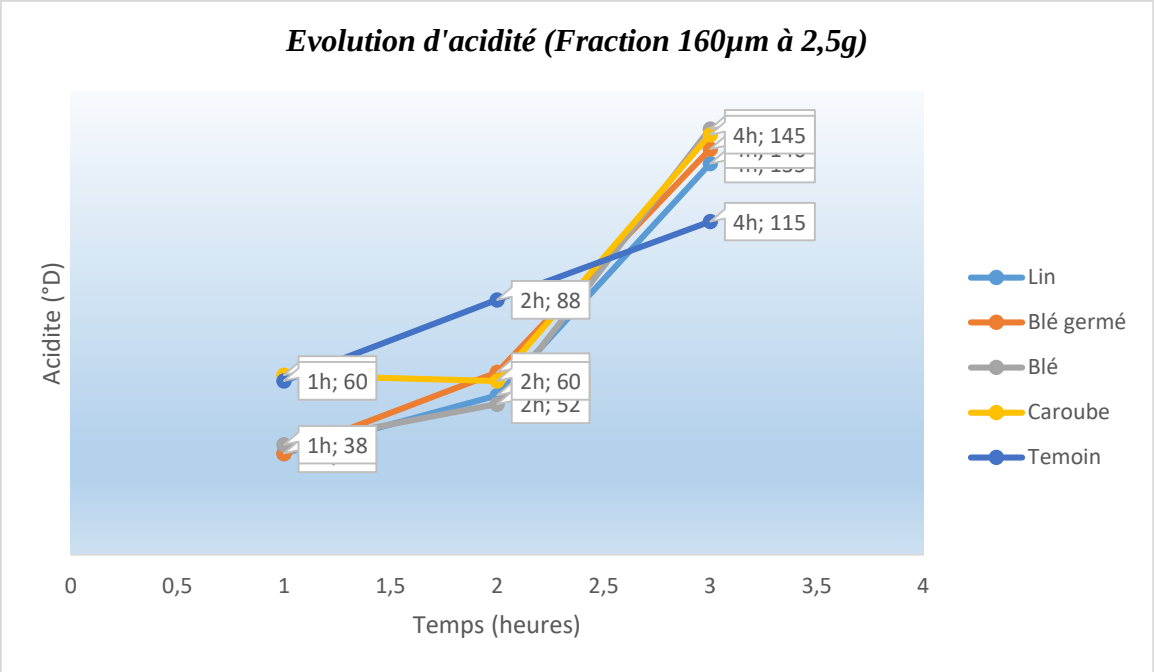


Figure III-8 : Evolution d'acidité fraction 160µm à 2.5g

D'prés le décret (Décret n°88-1203 du 30 décembre 1988) dise que les yaourts doivent avoir une quantité supérieure à 0,7g d'acide lactique pour 100g lors de consommation, les figures 5, 6, 7, et 8 montrent l'évolution de l'acidité des échantillons en fonction du temps :

- Après 1heure de temps l'acidité étant stable c'est peut-être la phase de latence, cette phase est la période de l'accoutumance des souches bactériennes avec le milieu.

- Entre 2heures et 3heures on perçoit la croissance de l'acidité qui commence avec diminution du pH (figures ci-dessus), donc la population microbienne est en plein croissance, c'est la phase du comportement exponentiel. Au bout de ce temps nous avons remarqué que les échantillons enrichis par les grains le lin ont déjà coagulé. Nous suggérons que ce comportement peut avoir deux hypothèses :

- La première est la coagulation à cause des mucilages présents dans le graines qui ont la capacité de gonfler dans un milieu humide et ont aussi des propriétés émollientes ;
- La deuxième c'est que les graines ont accélérés la fermentation lactique dans les souches bactériennes de par leurs richesses en fibres et en sucres.

- Entre 3heures et 4heures, on remarque un moment de stagnation dans l'acidité du yaourt qui est complétement gélifié (coagulé) ce qui fait que la fermentation est achevée.

- Nous avons constaté que tous les échantillons ont une acidité élevée comparativement au témoin. Notamment le blé germé à la fraction 500 µm dont l'acidité a atteint 180°D.

III.2 Synérèse

La figure ci-après représente le taux de synérèse dans les yaourts enrichis en graines de lin et en blé germé exprimés en millilitres de la phase sérique libérée par 150g d'échantillon

Figure III-9 : Taux de synérèses

La libération spontanée du lactosérum, connue sous le nom de synérèse, est considérée comme l'un des paramètres les plus importants indiquant la qualité du yaourt. C'est un défaut visible majeur, apparaissant sous forme d'accumulation de lactosérum à la surface des gels de yaourts, et peut nuire à l'acceptabilité du produit par le consommateur (Purwandari et.al., 2007).

L'aptitude d'un gel laitier à la synérèse résulte principalement de la richesse en caséine de lait (Pearse et Mackinlay,1989). Donc la contraction spontanée des particules d'un gel se traduit généralement par la diminution du volume de la masse solide et l'expulsion progressive du liquide de constitution.

Le taux la plus élevé a été constaté dans les yaourts a base des graines de lin à fraction contenant 5 g lin à de 160µm (35ml) et à la fraction contenant 5 g de lin à 500µm (20ml).

Par contre la quantité de lactosérum est presque négligeable dans les échantillons à base de blé germé, on suppose décrire ce phénomène par trois hypothèses :

- soit la fermentation lactique qui a été plus rapide en présence des graines.
- Il est probable que s'est dû à l'activité enzymatique des protéases des graines qui restent actives même après séchage

- Comme nous supposons aux propriétés gélifiantes des graines riches en polysaccharides, surtout que nous avons remarqué que la synérèse est plus considérable dans les yaourt enrichis par les grains de lin dont la taille est petite (160µm), d'où la surface spécifique est plus grande donc un échange de matière plus considérable.

III.3 Mesure de la viscosité après 24 heures

La figure suivante représente la viscosité dynamique dans les yaourts enrichis en graines et en caroube exprimés en Mili pascal par secondes.

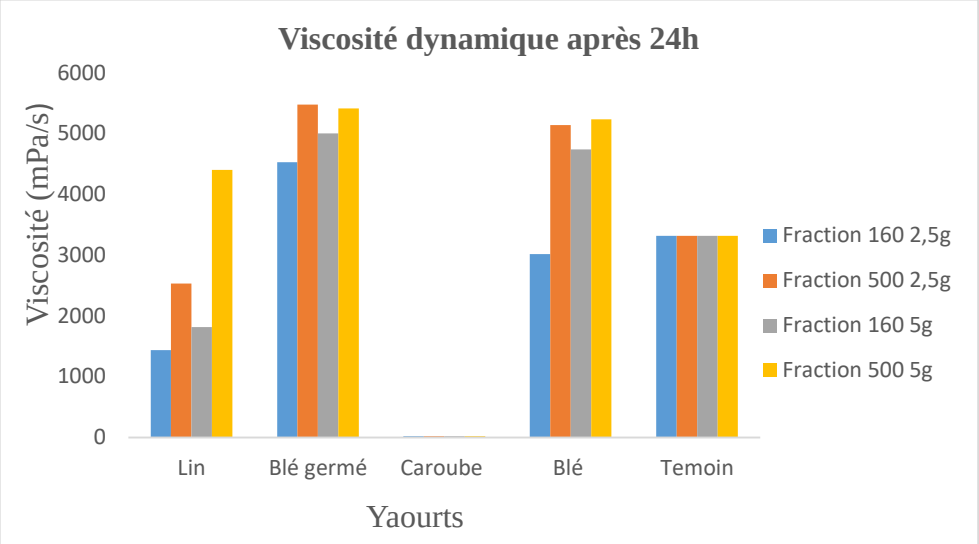


Figure III-10 : Graphe de la viscosité après 24 heures

La viscosité d'un fluide définit son comportement d'écoulement, c'est-à-dire sa capacité à un écoulement uniforme et sans turbulence. La viscosité d'un fluide est influencée par différents facteurs est notamment la température.

Dans notre étude on peut noter une différence dans la viscosité entre le témoin et les autres yaourts enrichis au graines et on caroube.

- Le lait fermenté additionné par la caroube est resté liquide, il n'a pas eu lieu de contraction de gel, le produit obtenu est un lait fermenté savourisé (type L'ben).

- Le yaourt du lin est le moins ferme, sa viscosité est la plus basse, à l'exception de celui additionné par 5g de lin à 500µm de granulométrie dont la viscosité est supérieure à celle du témoin.

- Le yaourt du blé est très ferme par rapport au témoin et sa viscosité est plus élevé.

- En fin nous observons une différence remarquable dans la viscosité entre le yaourt témoin et celui du blé germé, les gels de ces derniers sont beaucoup plus fermes que le témoin.

III.4 Etude d'écoulement

Les figures ci-dessous représentent l'étude rhéologique dans les yaourts enrichis en graines.

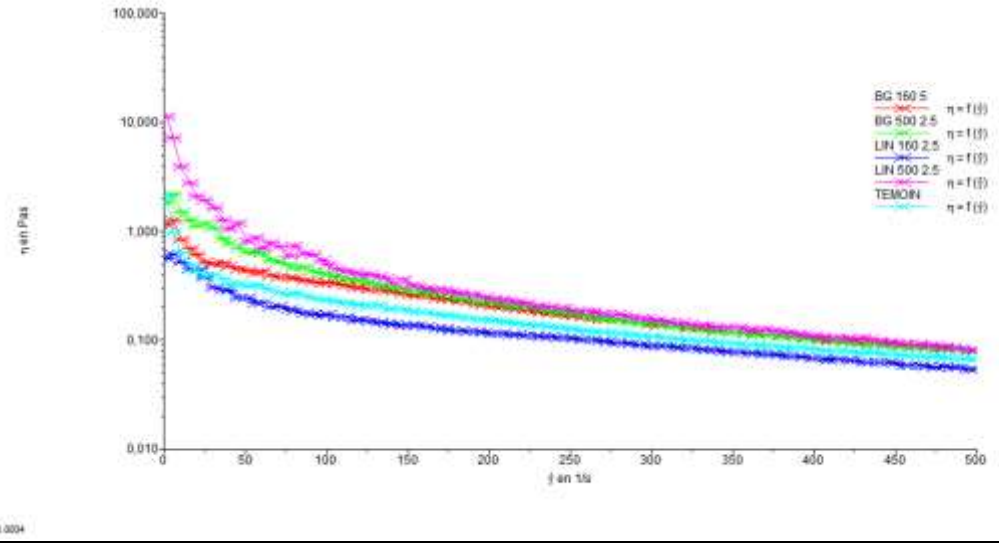


Figure III-11 : Rheogramme de la viscosité (courbe de viscosité)

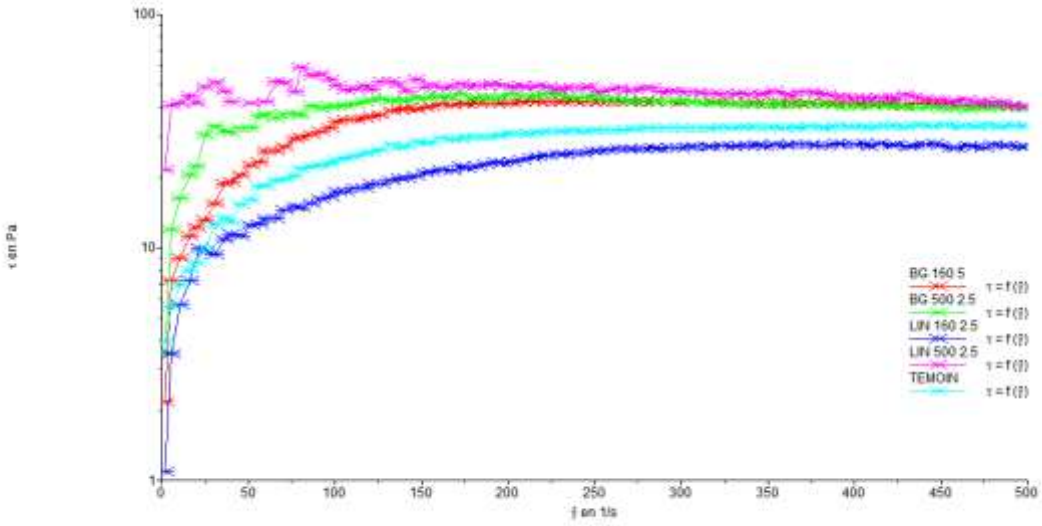


Figure III-12 : Rheogramme de la contrainte (courbe d'écoulement)

Le comportement rhéologique du yaourt est influencé par les additifs et les procédés de fabrications. 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(Lait) à un gel viscoélastique à déstructuration non réversible.

Le yaourt est un fluide rhéofluidifiant non newtonien, le comportement rhéologique du yaourt est non newtonien, ce qui veut dire que la viscosité du produit dépend de la vitesse de cisaillement ou de la contrainte exercée. Quand la contrainte augmente, la vitesse de cisaillement augmente donc la viscosité diminue, sa déformation commence lorsqu'une force est exercé.

Pour la courbe de contrainte on peut constater un comportement d'un fluide rhéofluidifiant viscoplastique (fluide a seuil de type Bingham) pour les yaourts enrichis au graines de lin à de fraction de 500µm dans le pourcentage de 2.5%, c'est que ça veut dire qu'il se n'écoule pas qu'à partir d'une certaine contrainte appelé seuil. Autrement dit lorsqu'ils sont soumis à une contrainte faible, leur viscosité est tellement forte, qu'ils ne peuvent pas s'écouler spontanément à une échelle acceptable.

Cette analyse a été faite 26 jours après la production des yaourts et d'une façon générale les graines ajoutées ont amélioré la viscosité en comparativement au témoin au témoin sauf le cas du lin a fraction 160µm à raison de 2.5% dont la viscosité était plus faible par rapport au témoin.

III.5 Test de stabilité

Après 28 jours de conservation des échantillons à 4°C, les tests de stabilités ont été faites, les résultats sont représentés par les graphes des figures suivantes :

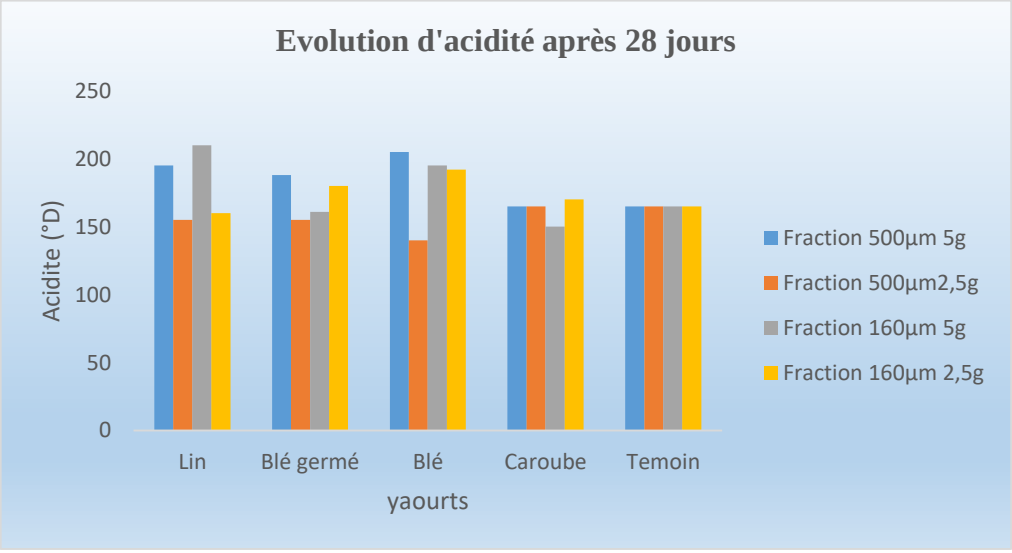


Figure III-13 : Evolution d'acidité après 28 jours

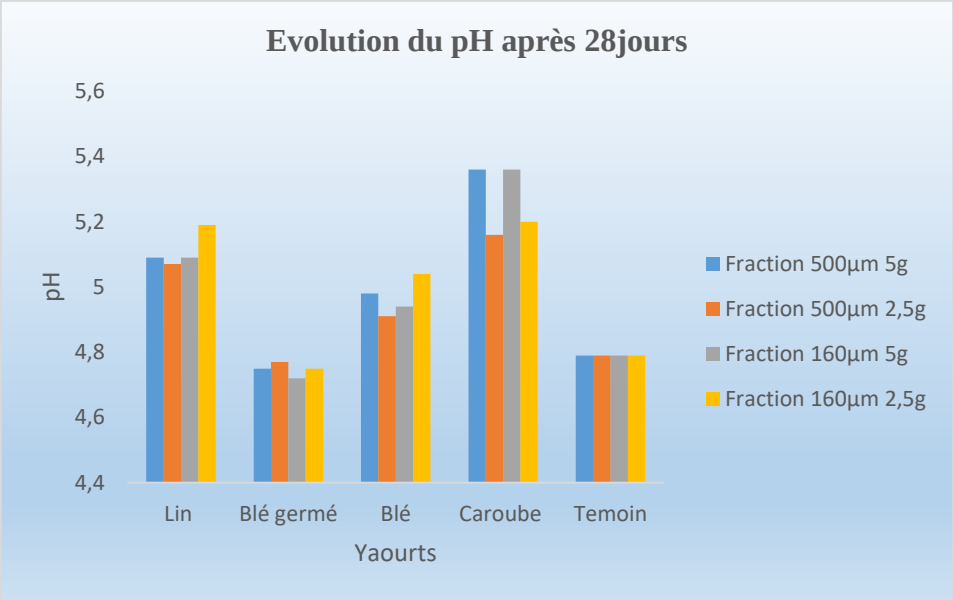


Figure III-14 : Evolution du PH après 28 jours

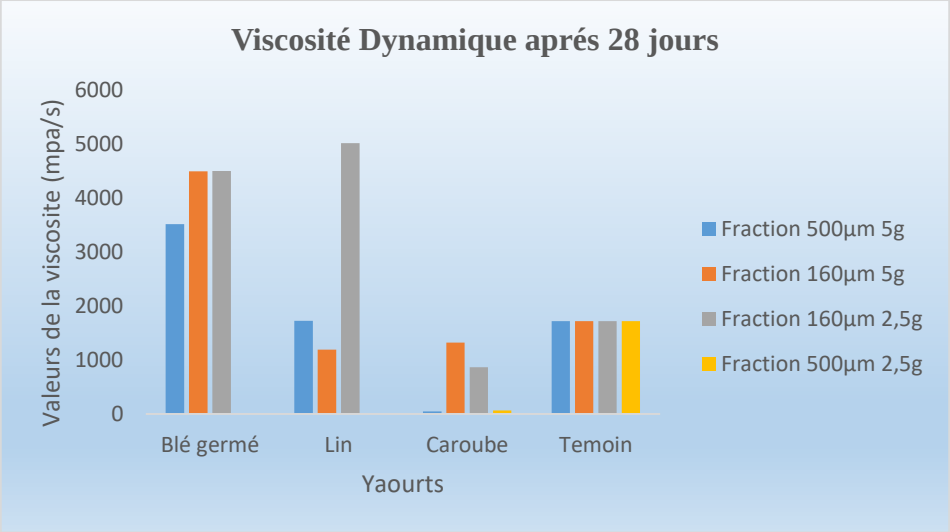


Figure III-15 : Viscosité dynamique après 28 jours

1. L'acidité :

Après 28 jours passés, la mesure de l'acidité dans les différents échantillons a révélé une augmentation importante de cette dernière, par exemple le minimum d'acidité obtenue est de l'ordre de 140°D au lieu de 105°D au début de production et 210°D au maximum au lieu de 180°D observée après 4 heures de fermentation. L'augmentation de l'acidité est observée dans tous les échantillons à l'exception du yaourt de germe de blé dont l'acidité n'a pas varié.

2. Le PH :

Un abaissement de pH important a été observé dans presque tous les échantillons. Le pH a atteint 2 dans certains échantillons et reste stable dans le yaourt du blé germé.

3. Viscosité :

La viscosité a été le paramètre ou il y a plus de changements après 28 jours de conservation :

La viscosité du yaourt du lin a diminué presque de moitié, par contre la viscosité du yaourt de la caroube (de toutes les doses et fractions) a été améliorée remarquablement ; la viscosité qui était à 16 mPa/s dans toutes les échantillons ont augmenté jusqu'à 1322.6mPa/s, c'est un changement tellement incroyable et aussi intéressant pour des études au future.

La viscosité tu témoin a aussi diminué presque de moitié ; par contre la viscosité du yaourt du blé germé est restée stable dans certains échantillons et a légèrement diminué dans d'autres.

III.6 Analyses microbiologiques

Après 24 heures d'incubation des plages de colonies indénombrables ont été observées sur les géloses M17 et MRS (Annexe). Il nous semble que boites de pétri ensemencées par le yaourt du lin et de blé germé sont les plus condensées par les microorganismes, de cette faite on estime que les yaourts du lin et du blé germé sont les plus peuplés par les bactéries lactiques.

III.7 Evaluation sensorielle

Le **tableau III-1** résume le test sensoriel de chaque attribut, basé sur la somme des rangs :

La couleur des échantillons L', L", L, L", B', B'‘ et B' est presque identique (**figure III.16**), aucune différence significative n'a été observée au seuil de 0,05% (somme des rangs compris entre 55 et 95). Par ailleurs les panelistes ont évalué positivement les échantillons par rapport au témoin dont la moyenne des scores est de 3,68 à 6,15 pour les échantillons et 0,95 pour le témoin.

Tant à la rugosité des échantillons L', L", L, L", B', B'‘ et B' est presque identique (**figure III.17*)***, aucune différence significative n'a été observée au seuil de 0,05%. Par ailleurs les panelistes ont évalué positivement les échantillons par rapport au témoin dont la moyenne des scores est de 3,54 à 5,15 pour les échantillons et 1,02 pour le témoin.

L'homogénéité des échantillons L', L", est presque identique (**figure III.18*)***, aucune différence significative n'a été observée au seuil de 0,05%. Par contre une différence significative est observée entres les autres échantillons.

Aucune différence significative dans l'acidité des échantillons L', L" L'et L" n'est observée au seuil 0,5%, ces échantillons sont significativement différents des échantillons T, B', B" B' et B" qui semblent plus appréciés par les panélistes (**figure III.19**).

Tableau III-1 : Moyenne des scores (MS) et somme des rangs (SM) pour chaque attribut.

Echantillons	**Couleur**		**Rugosité**		**Homogénéité**		**Acidité**		**Gout sucré**		**Astringence**		**Fermeté**		**Onctuosité**	
	M.S	**SR**	**MS**	**SR**	**MS**	**SR**	**MS**	**SR**	**MS**	**SR**	**MS**	**SR**	**MS**	**SR**	**MS**	**SR**
L' (500)	5,15	77,33	5,15	77,34	3,46	51,99	4,31	64,68	6,23	93,53	4,39	65,89	8,89	133,46	7,29	109,35
L" (500)	3,68	55,33	3,22	48,34	3,66	54,99	4,44	66,68	5,3	79,53	2,85	42,89	8,49	127,46	6,69	100,35
L' (160)	5,08	76,33	4,62	67,34	4,62	69,33	4,77	71,68	4,36	64,53	3,45	51,89	9,03	135,46	6,35	95,35
L"(160)	4,35	65,33	3,22	48,34	4,93	73,99	5,31	79,68	5,23	78,53	3,99	59,89	7,09	106,46	7,15	107,35
T	0,95	14,3	1,02	15,34	1,33	19,99	1,44	21,68	8,83	132,53	0,99	14,89	20,68	165,46	10,49	157,35
B' (500)	5,29	79,4	3,08	46,34	2,26	33,99	2 ,71	40,68	8,5	127,53	2,39	35,89	9,89	148,46	9,55	143,35
B"(500)	4,88	73,3	2,08	31,34	1,88	27,99	2,57	38,68	8,16	122,53	1,59	23,89	8,89	133,46	9,89	148,35
B'(160)	5,68	85,3	2,55	38,34	2,06	30,99	1,84	27,68	7,83	117,53	1,79	26,89	9,69	145,46	10,22	153,35
B"(160)	6,15	92,3	3,54	28,34	1,79	26,99	1,57	23,68	7,56	113,53	1,52	22,89	11,09	166,46	10,35	155,35

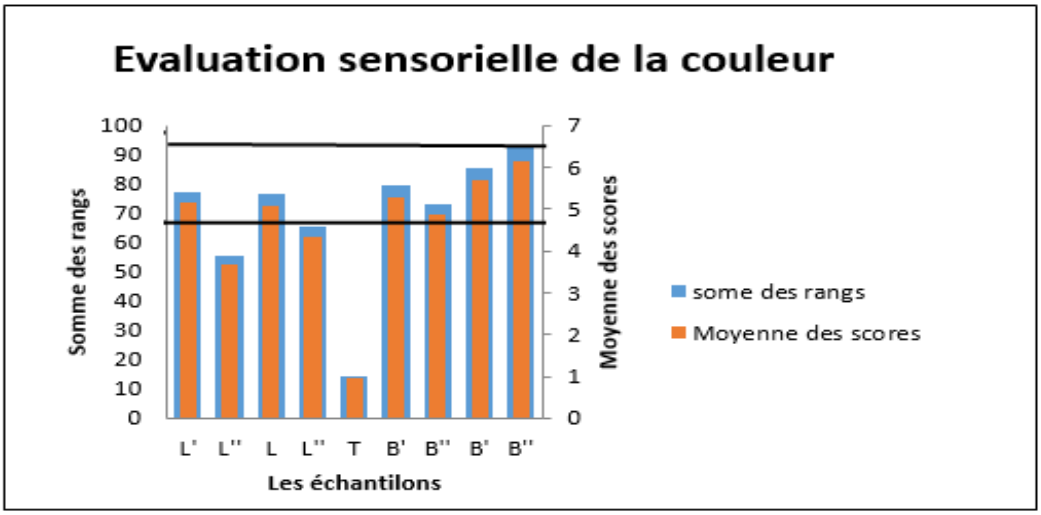


Figure III-16: Evaluation sensorielle de la couleur

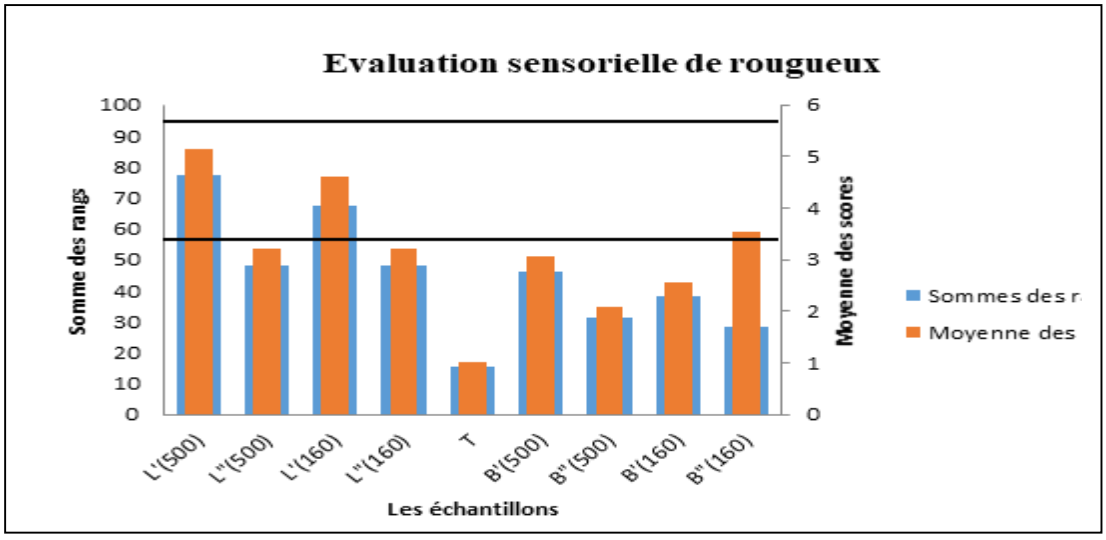


Figure III-17 : Evaluation sensorielle de la rugosité

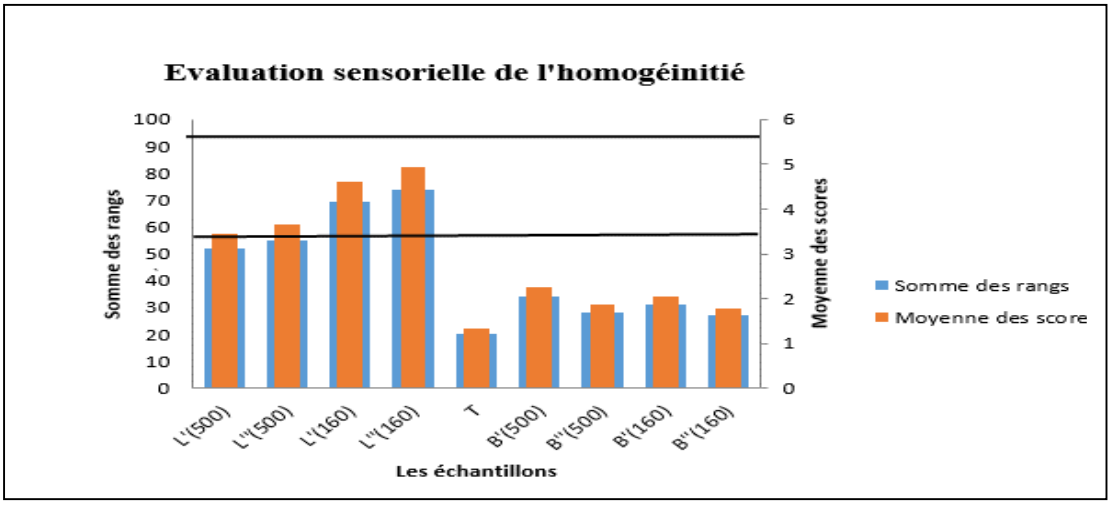


Figure III-18 : Evaluation sensorielle de l'homogénéité

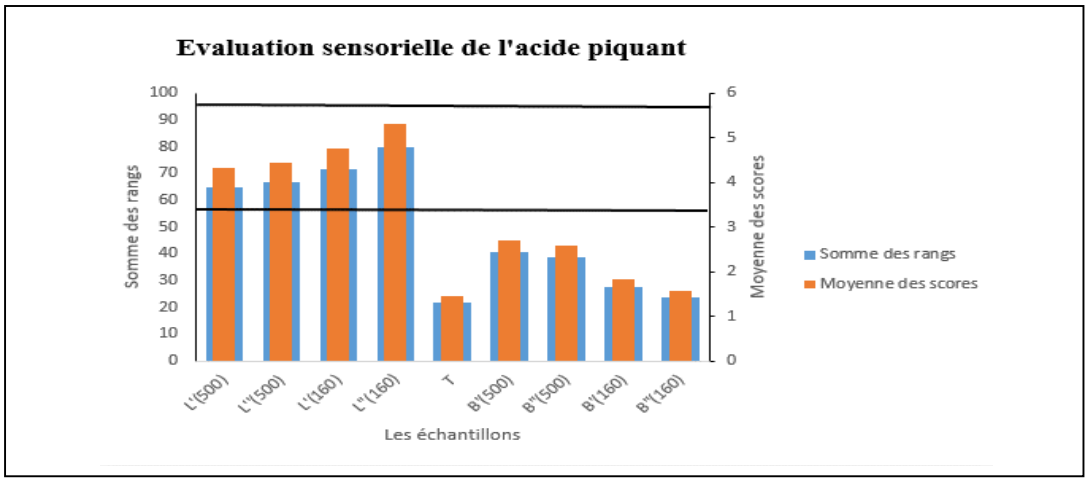


Figure III-19 : Evaluation sensorielle de l'acidité piquante

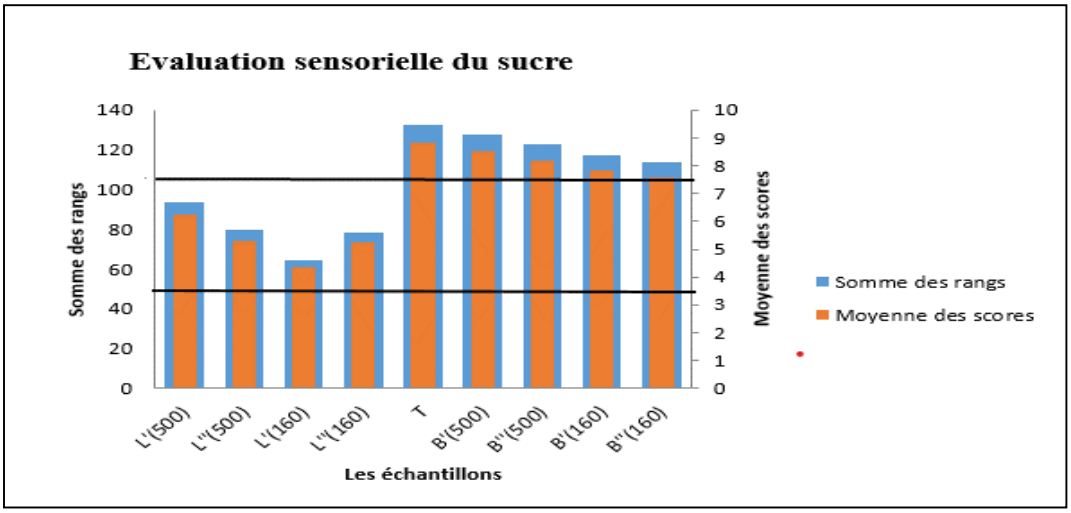


Figure III-20 : Evaluation sensorielle du gout sucré

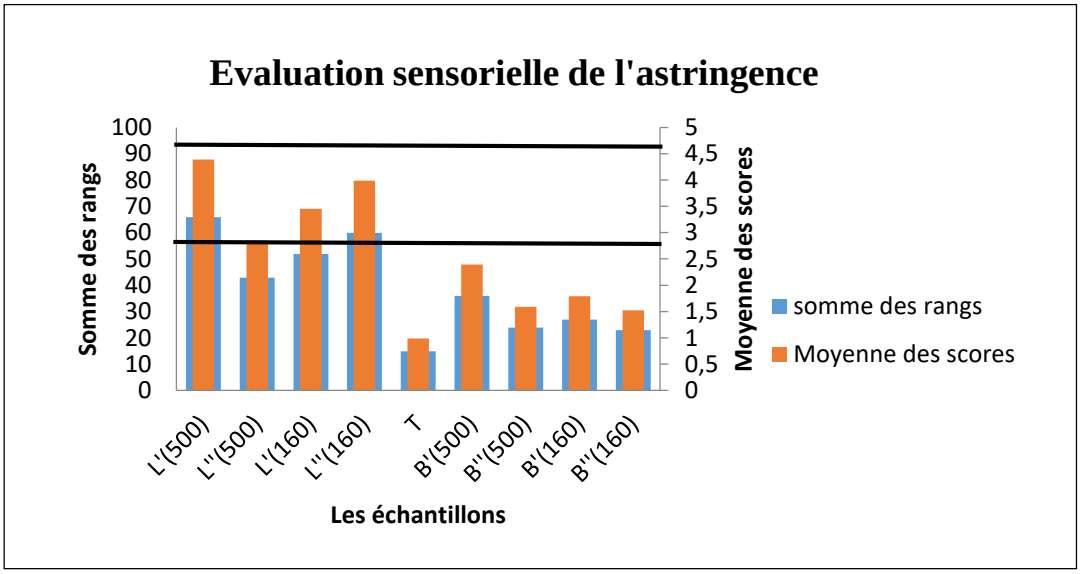


Figure III-21 : Evaluation sensorielle de l'astringence

L'intensité du gout sucré est différente entre les yaourts du lin et les yaourts du blé germé (**figure III.20*)***, à un seuil de probabilité de 0,5%, les yaourts du blé et le yaourt témoin sont jugés positivement vis-à-vis le gout sucré

Quant à l'astringence des échantillons est significativement différente (**figure III.21**) à un seuil de 0,5%, à l'exception des échantillons L' (500) et L" (160) . La moyenne des scores montre que les yaourts du lin sont lus astringents par rapport aux autres yaourts.

La différence est significative dans la fermeté des échantillons (**figure III.22**), au seuil de 0,05% (somme des rangs compris entre 49 et 101). Par ailleurs les panelistes ont évalué positivement les échantillons par rapport au témoin dont la moyenne de score est 20,68. Autrement dit les panélistes ont jugé que les yaourts de céréales sont plus fermes d'après leurs moyennes de score qui est en dessous de 20,68.

Sur le plan onctuosité, les échantillons L', L", L, L", B', B'‘ et B' ne sont pas identiques (**figure III.23*)***, une différence significative a été observée au seuil de 0,05% (somme des rangs compris entre 49 et 101). Par ailleurs les panelistes ont évalué positivement l'onctuosité des yaourts du blé dont la moyenne des scores varie e 9,22 à 10,35.

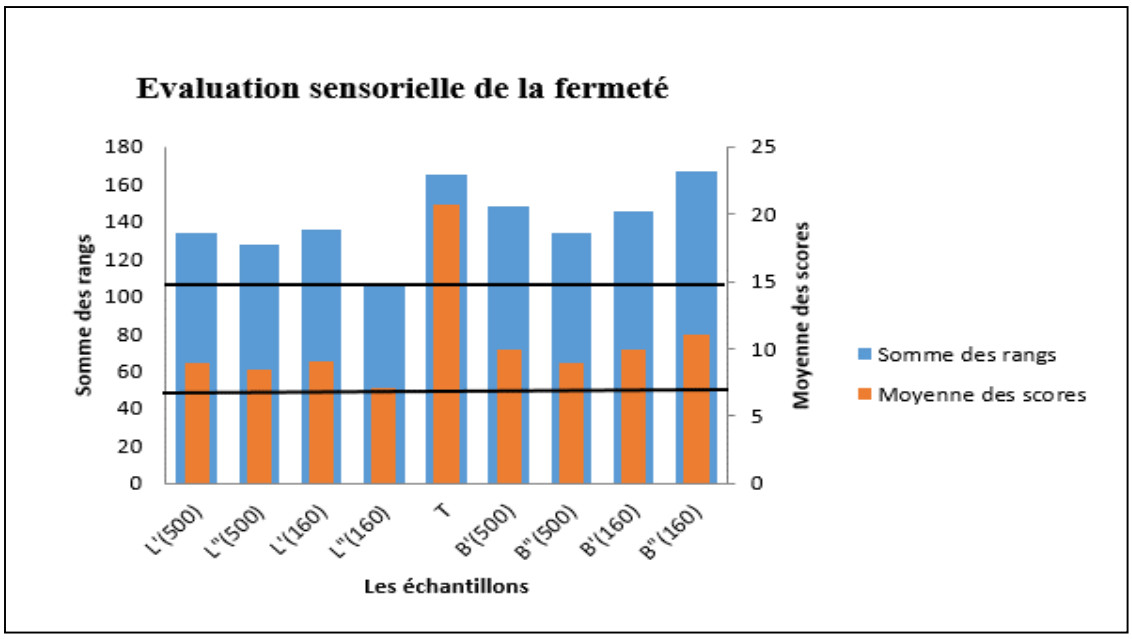
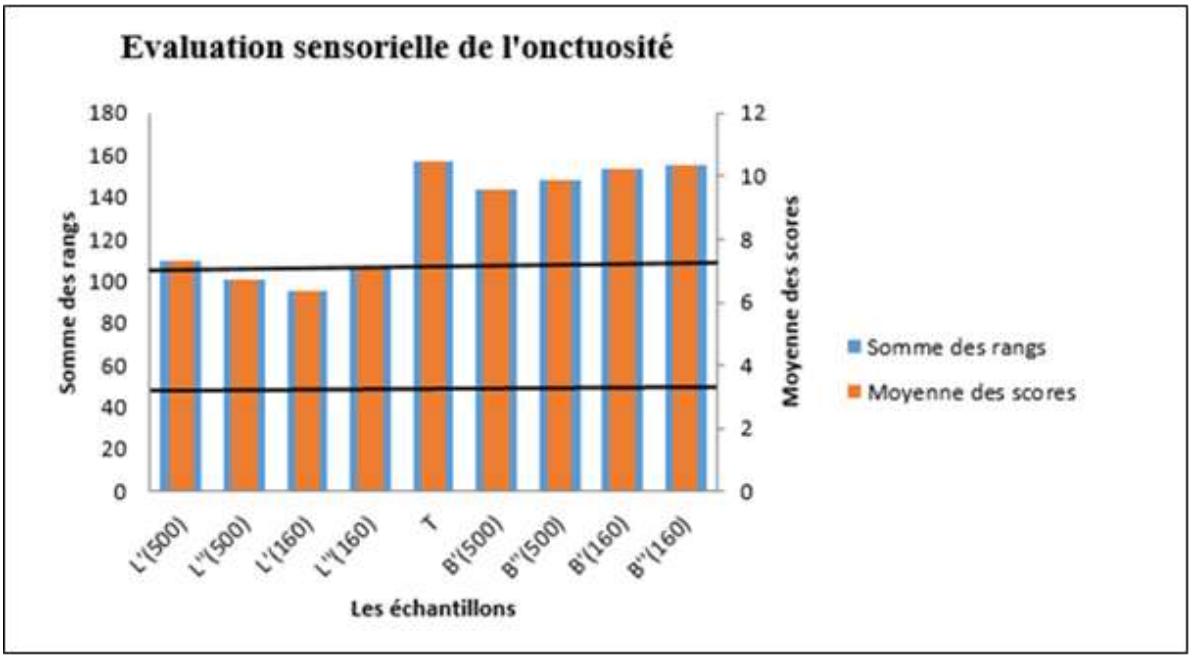
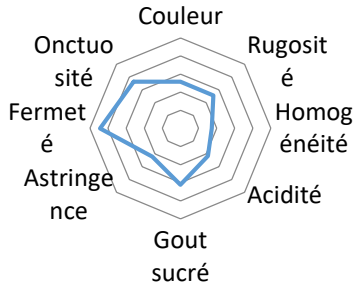


Figure III-22 : Evaluation sensorielle de la fermeté

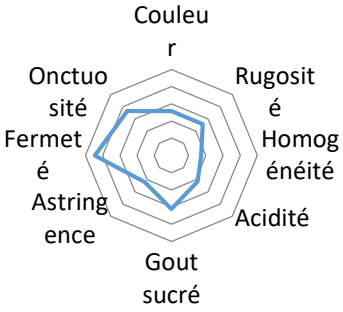


FigureIII-23 : Evaluation sensorielle de l'onctuosité

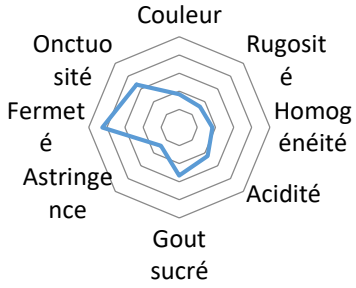
Le profil sensoriel (**figure III.24**) représenté par l'étoile d'araignée, montre que le lin se caractérise par une bonne fermeté et onctuosité par rapport au témoin, cela est observé dans tous les échantillons du lin. Quant au yaourt du blé germé en plus la fermenté et l'onctuosité, ils se caractérisent par leur gout sucré prononcé.



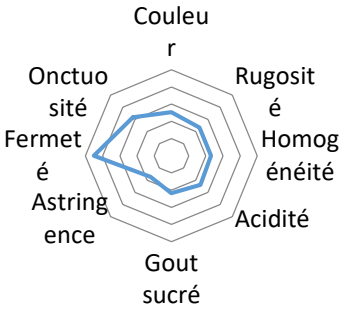
Lin (500), 2,5 g



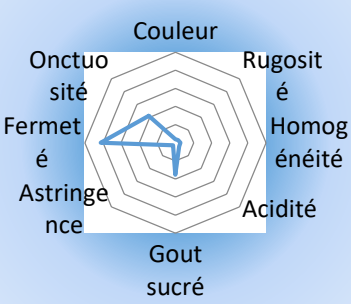
Lin (500), 5 g



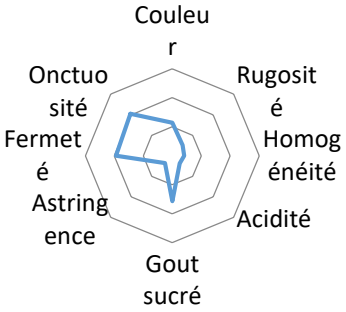
Lin (160), 2,5 g



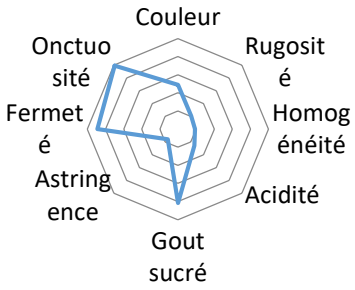
Lin (160), 5g



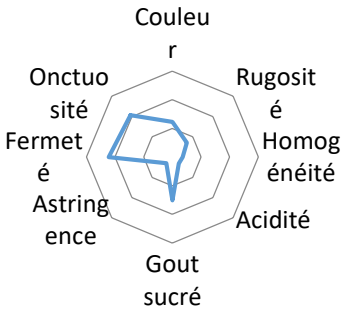
Témoin



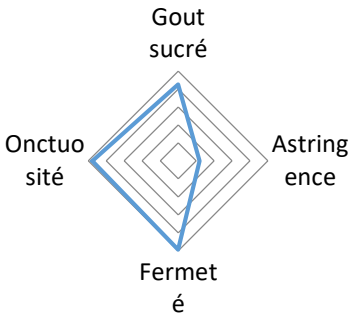
Blé germé (160), 5g



Blé germé (500) 2,5g



Blé germé (160), 2,5 g



Blé germé (500), 5g

Figure III-24 : Profil sensoriel des différents échantillons

IV. CONCLUSION

Notre travail rentre dans le cadre d'une étude de recherche sur l'addition des farines de lin, blé, blé germé et caroube dans le yaourt afin de tester leurs propriétés prébiotiques pendant la fermentation du yaourt. L'objectif était de voir l'influence que les prébiotiques apportent sur l'activité des souches bactériennes présentes dans le yaourt c'est-à-dire leurs symbiotisme.

L'effet symbiotique (prébiotique-probiotique) améliore l'activité microbienne notamment dans le tractus intestinal. En revanche, chaque farine ajoutée attribue ses propriétés physico-chimiques et nutritionnelles au produit fini.

Basé sur les résultats trouvés expérimentalement, nous pouvons dire que les farines étudiées ont une influence sur la fermentation lactique, surtout les poudres de lin et de blé germé relativement au témoin.

A la lumière des résultats des tests microbiens, physico-chimiques et rhéologiques, on a observé une multiplication très élevée des lactobacilles dans le milieu de culture gélose MRS par rapport au témoin, des acidités plus élevées et des pH plus bas vis-à-vis au témoin, ce qui nous fait penser que le but de notre travail a été acquit.

Cette recherche ne constitue qu'une initiation au sujet, des essais complémentaires seront nécessaires pour pouvoir confirmer les performances mises en évidence.

Les perspectives de ce travail sont l'étude de l'activité microbienne des ferments isolés in vitro en présence des prébiotiques afin d'élaborer de nouveaux ferments.

D'autre part cette étude ouvre des perspectives liées à ces prébiotiques ajoutés :

- Pour la caroube, l'étude nous ouvre une perspective à exploiter cette plante qui vient de gagner l'espace dans l'industrie : Les échantillons enrichis par la caroube ressemblaient à une boisson fermenté (type L'ben), après 28 jours de la production, aucun changement n'a été observé dans le pH et dans l'acidité, par contre sa viscosité a augmenté d'une façon considérable ;
- Pour le lin une perspective à approfondir sur ses qualités de mucilage, ainsi que sa qualité émolliente, puisque nous avons obtenu un coagulum après 2 heures en présence des poudres de ces graines avec une libération considérable en lactosérum, ce qui nous laisse suggérer par hypothèse qu'à sa présence les caséines sont précipité rapidement ;

- Approfondir l'étude sur les graines germées et leurs utilisations, puisque lorsqu'ils sont germés ses propriétés deviennent plus intéressantes.

V. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- **Ait-Belgnaoui A., 2006**. Influence d'un traitement probiotique (Lactobacillus farciminis) sur les altérations de la sensibilité viscérale liées au stress : rôle de la barrière épithéliale colique.INRA, 5pp : 3-152.
- **Angelov M., Kostov G., Simova E., Beshkova D., Koprinkova-Hristova., 2009**. Oxygen influence in the mutual metabolism of St. thermophilus and Lb. bulgaricus in yogurt starter cultures, http://www.revue-genie-industriel.info/ (in press).
- **Adolfsson, O., Meydani, S. N., & Russell, R. M. (2004).** Yogurt and gut function. The American journal of clinical nutrition, 80(2), 245-256.
- **Afify A E M, Abbas M S, El-Lattefi B M A, Ali A M (2016)** Chemical, Rheological and Physical properties of Germinated Wheat and Naked Barley. International Journal of ChemTech Research 9:521-531.
- **Aoki N, Scofield G N, Wang X-D, Offler C-E, Patrick J-W, Furbank R-T (2006)** Pathway of Sugar Transport in Germinating Wheat Seeds. Plant Physiol 141:1255–1263.
- **Ariyama T, Khan K (1990)** Effect of laboratory sprouting and storage on physicochemical and breadmaking properties of Hard Red Spring Wheat. Cereal Chem 67:53-58.
- **Ayaz F.A., Torun H., Ayaz S., Correia P.J., Alaiz M., Sanz C., Gruz J.I. and Strand M.(2007)** Determination of Chemical Composition of Anatolian Carob Pod (Ceratonia siliqua L.): Sugars, Amino and Organic Acids, Minerals and Phenolic Compounds, Food Qual. 30, 10401055.
- **Avallone R., Plessi M., Baraldi M. et Monzani A. (1997)**. Determination of chemical composition of carob (Ceratonia siliqua): protein, fat, carbohydrates, and tannins. Journal of food composition and analysis, 10, pp: 166-172.
- **ANSES, (2011),** Rapport d'expertise collective : actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. pp327

- **Amellal H., 2008**. Aptitude technologiques de quelques variétés communes de dattes : Formulation d'un Yaourt Naturellement Sucré et Aromatisé. Thèse de doctorat, Université M'hamed Bougara-Boumerdes, Faculté des sciences, 165 p
- **AFNOR, 1985.** Contrôle de la qualité des produits laitiers. Analyses physiques et chimiques, 3 ème ed. Paris : AFNOR, 321 p.
- **ANSES, 2008.** Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail

B

- **Betoret, N., Puente L., Díaz M. J., Pagán M.J., García, M. J., Gras M.L., Martínez-Monzó J. and Fito P., 2003**. Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. Journal of Food Engineering.,56pp : 273-277.
- **Bergamaier, D. (2002).** Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de Lactobacillus rhamnose RW-959M dans un milieu à base de permeat de lactosérum (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat, Université de Laval, Canada). 152p.
- **Béal C. et Sodini I., 2003.** Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, Doc., 315p.
- **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.
- **Bakhoj S, Flint A, Tetens I (2003)** Lower glucose-dependent insulinotropic polypeptide (GIP) response but similar glucagon-like peptide 1 (GLP-1), glycaemic, and insulinaemic response to ancient wheat compared to modern wheat depends on processing. Eur J Clin Nutr. 57: 1254–1261.
- **Brandolini A, Hidalgo A (2012)** Wheat germ: not only a by-product. Int. J. Food Sci. Nutr 63:71-74.
- **Bohn L, Meyer A, Rasmussen S (2008)** Phytate: Impact on environment and human nutrition. A challenge for molecular breeding. J Zhejiang Univ Sci B. 9:165-191.
- **Battle. et Tous J., 1997**. Caroub tree. Ceratoniasiliqua L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops ». 17. Institue of plant Genetic and crops Plant Resarch. Médicinales, Maghreb Canada Express Vol. 5, N°9.

- **Berrougui H., (2007**), le caroubier (Ceratoniasiliqua L.), une richesse nationale aux vertus Gatersleben/International Plant ressourcesInstitue. Rome. Italy.97
- **Boudy P., 1950**. Economie forestière Nord-Africain (tome II) : Monographie et traitement des essences forestières. Ed. Larose, Paris, 443-445
- **Biner B.,Gubbuk H., Karhan M., Aksu M. et Pekmezci M. (2007).** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (Ceratonia siliquaL.) in Turkey. Food Chemistry 100, pp : 1453–1455.
- **Beroual, K., Maameri, Z., Halmi, S., Benleksira, B., Agabou, A., & Hamdi-Pacha,Y. (2013).** Effects of Linum usitatissimum L. ingestion and oil topical application on hair growth in rabbit. Int. J. Med. Arom. Plants, 3(4), 459-463
- **Bernacchia, R., Preti, R., & Vinci, G. (2014).** Chemical composition and health benefits of flaxseed. Austin J Nutri Food Sci, 2(8), 1045
- **Bleu-Blanc-Cœur, 2016,** Bleu-Blanc-Cœur, http://www.bleu-blanc-coeur.org, dernière consultation le 21 février 2017
- **Bogue, J., Collins, O., Troy, A.J., 2017**. Market analysis and concept development of functional foods. In: Nair, S., Bagchi, Debasis (Eds.), Developing New Functional Food and Nutraceutical Products. Academic Press, San Diego, pp. 29–45 (Chapter 2).
- **Bottazzi V. et Battistotti B., 1972.** Montescani. Influence des souches seules et associes de Lb.bulgaricus et St. thermophilus ainsi dans le yaourt. Le Lait, vol.52, pp.295-305.
- **Bosnea, L.A.; Kopsahelis, N.; Kokkali, V.; Terpou, A.; Kanellaki, M. (2017)** Production of a novel probiotic yogurt by incorporation of *L. casei* enriched fresh apple pieces, dried raisins and wheat grains. food andbioproductsprocessing102 (2017) 62–71

C

- **Chandan R C. (2004),** Dairy: Yogurt. In: JS Smith, YH Hui (Eds), Food Processing: Principles and Applications. pp. 297–328.

- **Cherry, S., & Sour Cherry Processing Andres, C. (1987).** Fruit flavored concentrates provide food flavour systems. Food Process., USA, 48(3), 24-26.
- **Cerning J., Buillanne C., Landon M., 1990.** Comparaison of exocellular polysaccharide production by thermophilic lactic acid bacteria. Science des aliments, vol.10, pp.443-451.
- **Crête P. 1965** : Précis de botanique .Tome II, systématique des angiospermes .2 ème édition, Paris : 11-38.
- **Christian Tal Schaller .2007:** Les graines germées sante vitalité beauté 2007 éditions LANOR, Paris, p16.
- **Chandan,R C, O'Rell,K R.(2006),** Principales of yogurt processing, in manufacturing yogurt and fermented Milks, R Chandan, C. White, A. Kilara, and Y .H. Hui,Eds, p192.
- **Chatain, C., Jacquier, J. P., Pralong, P., & Leccia, M. T. (2016**). Flaxseed allergy: Review upon a case report. REVUE FRANCAISE D'ALLERGOLOGIE, 56(7-8), 562-566.
- **Coşkuner, Y., & Karababa, E. (2007).** Some physical properties of flaxseed (Linum usitatissimum L.). Journal of food Engineering, 78(3), 1067-1073.
- **Coussot P., Grossiord J.L., 2002**. Comprendre la rhéologie, EDP Sciences, France, 220 p.Cui W., Mazza G., Biliaderis C.G., 1994. Chemical structure, molecular size distributions and rheological properties of flaxseed gum. Journal of Agricultural and Food Chemistry., vol.42, pp.1891–1895.
- **Cayot P., Fairise J.F., Colas B., Lorient D., Brile G., 2003.** The improvement of rhéological properties of firm acid gels by skim milk heating is conserving after stirring. Journal of Dairy research, vol.70, n.4, pp.423-431.

D

- **Driessen F.M., et Kingma F., 1982**. Stand houders J. Evidence that Lactobacillus bulgaricus in yogurt is stimulated by carbon dioxide produced by Streptococcus thermophilus, Netherland Milk Dairy Journal, vol.36, pp.135-144.
- **Dunne C., Omahony L., Murphy L., Thornton G., Morrissey D., Ohalloran S., Feeney M.,Flynn S., Fitzgerald G., Daly C., Kiely B., O'sullivan G. C., Shanahan**

F. and Collins J. K.,2001. In vitro selection criteria for probiotic bacteria of human origin: correlation with in vivo findings. Am. J. Clin. Nutr., 73 pp: 386-392.

- **Driessen F., 1981**. In Mixed Culture Fermented. In. Les produits laitiers 2eme ed., Jeantet R.,Croguenec T., Mahaut M., Shuck P., Brule G. Ed. Tec & Doc. Paris.
- **Driessen F.M., et Kingma F., 1982**. Stand houders J. Evidence that Lactobacillus bulgaricus in yogurt is stimulated by carbon dioxide produced by Streptococcus thermophilus, Netherland Milk Dairy Journal, vol.36, pp.135-144.
- **Dexter J, Matsuo R, Kruger J (1990)** The Spaghetti-Making Quality of Commercial Durum Wheat Samples with Variable a-Amylase Activity. Cereal Chem 67:405-412.
- **Donkor O N, Stojanovska L, Ginn P, Ashton J, Vailjevic T (2012)** Germinated grains – Sources of bioactive compounds. Food Chem 135: 950–959.
- **Dziki D, Laskowski J (2009)** Study to analyze the influence of sprouting of the wheat grain on the grinding process. J Food Eng 96:562–567.
- **Daun J., Barthet V., Chornick T., Duguid S., 2003.** Structure, composition, and variety development of flaxseed. dans: Flaxseed in Human Nutrition, Second Edition. Eds. Thompson L.U. and Cunnane S. C., AOCS Pess, Champaign, Illinois, USA, pp.1-40.
- ***Diedrecbsen et Ricbards, 2003.*** Cultivated flax and the genus Linum L.: Taxonomy and germplasm conservation , Flax 1st edition .
- **Dakia P.A, B.Wathelet and M. Paquot, (2007**), Isolation and chemical evaluation of carob (Ceratonia siliqua L.) seed germ Food Chemistry Vol. 102, N° 4, pp. 1368-1374.

E

- **Eck A. et Gillis J.C., 1997.** Le fromage–de la science à l'assurance-qualité. Eck A., Gillis J. (Eds.). Lavoisier. New York.
- **RAPPORT DE LA DIXIEME SESSION DE LA COMMISSION MIXTE FAO/OMS DU CODEX ALIMENTARIUS Rome, 1–11 juillet 1974,** COMITE MIXTE FAO/OMS D'EXPERTS GOUVERNEMENTAUX SUR LE CODE DE PRINCIPES CONCERNANT LE LAIT ET LES PRODUITS LAITIERS

F

- **Fatih Yildiz. (2010).** Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products, Taylor and Francis Group Includes bibliographical references and index. ISBN 978-1-4200-8207-4
- **FAO. (1975).** Norme FAO. II
- **Fuller R., 1989.** Probiotics in man and animals. J. Appl .Bacteriol., 66 pp:365-78.
- **FAO/ OMS, 2001**.World Health Organization. Evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria: 34.
- **Farnworth E.R., 2008. Kefir**: from folklore to regulatory approval. J. Nutraceuticals Funct. Med. Foods, 1 pp: 57-68.
- **Farkye N.Y et Imafidon G.I., 1995**. Thermal denaturation of indifenous milk enzymes. In Heat-induced changes in milk, 2nd Ed. pp. 331-345. ed. Fox, P.H., International Dairy Federation,Brussels.
- **Feldman M., ER. Sears. 1981**. The wild gene resources of wheat. Sci. Am.244 : 98–109.
- **Feillet P., (2000).** Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.
- **Feillet P. 2000:** Le grain de blé, composition et utilisation, INRA éditions : 308 p.
- **FDA Food and Drug Administration (2017)** Draft Guidance for Industry: Compliance with and Recommendations for Implementation of the Standards for the Growing, Harvesting, Packing, and Holding of Produce for Human Consumption for Sprout Operations https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/ucm510578.htm. Accessed 22/02/2017.
- **Fardet A (2010)** New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? Nutr Res Rev 23:65–134.

- **Kadivar M., 2001**. Studies on integrated processes for the recovery of mucilage, hull, oil and protein from Solin (low linolenic acid flax). phD, University of Saskatchewan, Saskatoon,Saskatchewan, Canada, p. 177.

G

- **Gosta, F. (1995),** Manuel de transformation du lait. Ed. Tetra packs. 424p.
- **Griffiths, J. C. (2005).** Coloring foods & beverages. Food technology. 59 (5), 38–44.
- **Guarner F., Perdigon G., Corthier G., Salminen S. and Koletzko B., 2005**. "Should yoghurt cultures be considered probiotic?", Br .J .Nutr. Jun., 93(6) pp:783-6.
- **Gaucheron, F. (2011).** Milk and dairy products: a unique micronutrient combination. Journal of the American College of Nutrition, 30(sup5), 400S-409S.
- **Godon B., Willm C.L., (1991).** Les industries de première transformation des céréales. Coll. Agro. Alimentaire. Lavoisier. Pp. 78 – 91.
- **Gan R.-Y, Lui, W-Y, Wu K, Chan C-L, Dai S-H, Sui Z-Q, Corke H (2017)** Bioactive Compounds and Bioactivities of Germinated Edible Seeds and Sprouts: An Updated Review. Trends Food Sci Technol 59: 1-14.
- **Gharnit N., (2003).** Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (ceratoniasiliqua L.) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-Ouest du Maroc). Th. Doc en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.
- **Grossiord J.L., Couarraze G., 2000.** Initiation à la rhéologie. 3ème édition. Tec & Doc Lavoisier, 300p.
- **Gmeiner M, Kneifel W, Kulbe KD, Wouters R, De Boever P, Nollet L, Verstraete W (2000)** Influence of a synbiotic mixture consisting of Lactobacillus acidophilus 74-2 and a fructooligosaccharide preparation on the microbial ecology sustained in a simulation of the human intestinal microbial ecosystem (SHIME reactor). Appl Microbiol Biotechnol 53:219–223

H

- **Holzapfel W. H., Haberer P., Snel J., Schillinger U. and Huis-Veld H. J., 2001.** Overview of gut flora and probiotics. Int. J. of Food Micr., 41 pp :85-101.
- **Holt, J G, Krieg, N R, Sneath, P H A, Staley, J T, Williams, S T. (1994**), Manual of Determinative Bacteriology, 9th edition, Williams & Wilkins, Baltimore.
- **Heaney, R. P. (2000).** Calcium, dairy products and osteoporosis. Journal of the American College of Nutrition, 19(sup2), 83S-99S.
- **Henry Y., De Buyser J,. (2001**). L'origine des blés. In : Belin.Pour la science (Ed.). De la graine à la plante.bEd. Belin, Paris, pp. 69-72.
- **Hübner F, Arendt E K (2013)** Germination of cereal grains as a way to improve the nutritional value: a review. Crit. Rev Food Sci. Nutr 53 :853-861.
- **Hung P V, Maeda T, Yamamoto S, Morita N (2011)** Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat. J Sci Food Agric 92: 667–672. DOI 10.1002/jsfa.4628.
- **Hung P V, Maeda T, Morita N (2015)** Improvement of nutritional composition and antioxidant capacity of high-amylose wheat during germination. J Food Sci Technol. DOI 10.1007/s13197-015-1730-6.
- **Hung V P, Hatcher D W, Barker W (2010)** Phenolic acid composition of sprouted wheats by ultra-performance liquid chromatography (UPLC) and their antioxidant activities. Food Chem 126:1896–1901.
- **Hefni M, Witthöft C (2011)** Increasing the folate content in Egyptian baladi bread using germinated wheat flour. LWT- Food Sci and Technol 44:706-712.
- **Hefni M, Witthöft C (2012)** Effect of germination and subsequent oven-drying on folate content in different wheat and rye cultivars. J Cereal Sci 56:374-378.
- **Halligudi N. (2012),** Pharmacological properties of flax seed: Review Hygeia: journal for drugs and medicines, 4 (2): 70-77.

I

- **Izquierdo E., 2009.** Les protéines bactériennes entant que biomarqueurs de l'activité probiotique. Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg : 8-141.
- **Imhof R., Glättli H., Bosset J.O., 1994.** Volatile organic aroma compounds produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, vol.27, pp.442-449.

J

- **Jeantet R, Croguennec T, Mahaut M, Shuck P, Brule G. (2008),** Les produits laitiers 2eme éd. Ed. Tec et Doc. Paris. pp. 22-32.
- **Juillard V., Desmazeaud M.J., Spinnler H.E., 1988**. Demonstration of urease activity in Streptococcus thermophilus. Canadian Journal of Microbiology, vol.34, pp.818-822.
- **Juillard V., Helinck S., Flambard B., Foucaud C., 1998**. Richard J. Amino acid supply of Lactococcus lactis during growth in milk. Recent Research Developpement in Microbiology, vol.2, pp.233-252.
- **Jhala, A. J., & Hall, L. M. (2010).** Flax (Linum usitatissimum L.): current uses and future applications. Aust. J. Basic Appl. Sci, 4(9), 4304-4312.
- **Jean Pien, M. Weissmann. (1938**). La determination du pH des caseines lactique.le lait, INRA Editions 1938,18 (175), pp455.

K

- **Kosikowski, F. V., & Mistry, V. V. (1997).** Cheese and fermented milk foods. Volume 1: origins and principles. Cheese and fermented milk foods. Volume 1: origins and principles. (Ed. 3).
- **Kosikowski F.V., 1982.** Cheese and Fermented Milk Foods. 2nd edn, F.V Kosikowski and associates, New York, USA.
- **Kalab M., Emmons D.B., Sargant A.G., 1976**. Milk gel structure V: Microstructure of yoghurt as related to the heating of milk. Milchwissenschaft, vol.31, pp.402-408.

- **Khalighi M., Arzani A. et Poursiahbidi M. A. 2008**: Genetic diversity in Triticum ssp and Aegilops ssp. using AFLP markers. African Journal of Biotechnology Vol. 7, N0 5: 546-552.
- **Kaur K, Singh N, Singh H (2002)** Studies on the effect of skim milk powder, sprouted wheat flour, and pH on rheological and baking properties of flour. Int J of Food Prop 5 :13-24.
- **Koehler P, Hartmann G, Wieser H, Rychlik M (2007)** Changes of Folates, Dietary Fiber, and Proteins in Wheat as affected by germination. J. Agric. Food Chem. 55:4678-4683.
- **Kumar V, Sinha A K, Makkar H P S, Becker K (2009) Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. Food Chem 120:945–959.**
- **Koehler P, Hartmann G, Wieser H, Rychlik M (2007)** Changes of Folates, Dietary Fiber, and Proteins in Wheat as affected by germination. J. Agric. Food Chem. 55:4678-4683.
- **Koksoy A., Kilic M. 2004.** Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran.Food Hydrocolloids, vol.18, pp.593-600
- **Klaenhammer TR, Kullen MJ (1999)** Selection and design of probiotics. Int J Food Microbiol 50(1–2):45–57

L

- **Luquet F.M. & Carrieu G. (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Techniques et documentation. Lavoisier (Ed.), Paris. 307.
- **Lilly D. M. and Stillwell R. H., 1965.** Probiotics: Growth-Promoting Factors Produced by Microorganisms. Science, pp : 147-747.
- **Leahy S. C., Higgins D. G., Fitzgerald G. F. and Van Sinderen D., 2005**. Getting better with bifidobacteria. Journal of Applied Microbiology, 98 pp: 1303-1315.
- **Lapointe-Vignola, C. (2002).** Science et technologie du lait: transformation du lait. Presses inter Polytechnique.

- **Luquet F.M. et Carrieu G., 2005.** Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Techniques et documentation. Ed. Lavoisier, Paris. 307p.
- **Loones A., 1994.** Laits fermentés par les bactéries lactiques. In Bactéries lactiques: Aspects fondamentaux et technologiques. Vol. 2. De Roissart, H. & Luquet, F. M. (Ed.), Lorica, Uriage, pp.135-154.
- **Lorenz K, Valvano R(1981)** Functional Characteristics of Sprout Damaged Soft White Wheat Flours. J Food Sci 46:1018-1020.
- **Liu T, Hou G G, Cardin M, Marquart L, Dubat A (2017)** Quality attributes of whole-wheat flour tortillas with sprouted whole-wheat flour substitution. LWT-Food Sci Technol 77 :1-7.
- **Lorenz K, D'Appolonia B (1980)** Cereal sprouts: Composition, Nutritive value, Food applications. Crit Rev Food Sci. Nutr 13:353-385.
- **Labalette, F., Landé, N., Wagner, D., Roux-Duparque, M., & Saillet, E. (2011).** La filière lin oléagineux française: panorama et perspectives. Oléagineux, Corps gras, Lipides, 18(3), 113-122.
- **Lepiniec, L., Debeaujon, I., Routaboul, J. M., Baudry, A., Pourcel, L., Nesi, N., & Caboche, M. (2006).** Genetics and biochemistry of seed flavonoids. Annu. Rev. Plant Biol., 57, 405-430
- **Lipilina E & Ganki V. J Foodservice. (2009)** ; 20(1):52-59. American Institute of Baking. Wellness in Baking Short Course, August 3-7, Manhattan, KS. 18.

M

- **Margoles A. and Garcia L., 2003**. Characterisation of a bifidobacterium strain wish acquired resistance to cholate: A preliminary study. International Journal of Food Microbiology, 80 pp : 191–198.
- **Matilla-Sandholm T., Myllärinen P., Crittenden R., Mogensen G., Fondén R. and Saarela M., 2002**. Technological challenges for future probiotic foods. International Dairy Journal, 12 pp: 173-182.

- **Macouzet M. et Champagne C. P., 2007.** Les bactéries probiotiques : innovations et tendances de développement technologique. Bioveille, pp :4-16.
- **Menrad K., 2003**. Market and marketing of functional food in Europe. Journal of Food Engineering, 56 pp : 181-188.
- **Marteau P. et Seksik P., 2005.** Probiotiques et alicaments in Bactéries lactiques et probiotiques.De Luquet F.M. et Corrieu G. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris : 256-260.
- **Mahaut M., Jeantet R., Brulé G., Schuck P., 2000**. Les produits industriels laitiers. Techniques et documentation. Ed. Lavoisier, Paris. pp.26-40.
- **Mottar J., Bassier A., Joniau M., Baert J., 1989**. Effet of heat-induced association of whey proteins and casein micelles on yogurt texture. Jounal of Dairy Science, vol.72, pp.2247-2256.
- **Mouellef A., (2010).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (T. durumDesf.) au stress hydrique. Mémoire magister Université Constantine 82 pages.
- **Marti A, Cardone G, Nicolodi A, Quaglia L, Pagani M A (2017)** Sprouted wheat as an alternative to conventional flour improvers in bread-making. LWT-Food Sci Technol 80:230-236.
- **Michalcová E, Potocká E, Chmelová D & Ondrejovic M (2012)** Study of wheat protein degradation during germination. J Microbiol Biotechnol Food Sci 1: 1439-1447.
- **Mak Y, Willows R D, Roberts T H, Wrigley C W, Sharp P J, Copeland L (2009)** Germination of Wheat: A Functional Proteomics Analysis of the Embryo. Cereal Chem. 86:281–289. DOI:10.1094/CCHEM-86-3-0281.
- **Makris D. P., et Kefalas P. (2004).** Carob pods (Ceratonia siliqua L.) as a source of polyphenolic antioxidant. Food Technology Biotechnology 42, p: 105- 108.
- **Matthausa B. (2001).** et Özcan M, Lipid evaluation of cultivateda nd wild carob (Ceratonia siliqua L.) seed oil growing in Turkey. Scientia Horticulturae 130, pp: 181–184.
- **Manthey F. (2002)**, Proceedings of the 59th Flaxseed Institute of the United States, 14-20.

- **Malcolmson L. (2000),** Am Oil Chem Soc J, 77:235-238.1. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine Dietary Reference Intakes for Vitamins the National Academies Press, Washington.8:860 – 865.
- **Malcolmson L. (2012),** la graine de lin - un grain ancien, riche en bienfaits pour la santé et En avantages culinaires, p1
- **Morris, DH, 2003**. Flaxseed: A health and nutrition primer. 3rd ed, Winnipeg: Flaxseed Council of Canada.
- **Mitropoulou, G., Nedovic, V., Goyal, A., Kourkoutas, Y., 2013.** Immobilization technologies in probiotic food production. J. Nutr. Metab. 2013, 716861.
- **Madhu, A.N.; Prapulla, S.G.; Amrutha, N.; (2012)** Characterization and Antioxidant Property of Probiotic and Synbiotic Yogurts. Probiotics & Antimicro. Prot. (2012) 4:90–97

N

- **Nagpal R., Yadav H., Puniya A. K., Singh K., Jain S. and Marotta F., 2007.** Potential of probiotic and prebiotics for symbiotic functional dairy foods: an overview. International Journal of Probiotics and Prebiotics, 2 pp : 75-84.
- **Ngounou, C. J., Ndjouenkeu, R., Mbofung, C. M. F., & Noubi, L. (2003).** Mise en évidence de la biodisponibilité du calcium et du magnésium au cours de la fermentation du lait par des bactéries lactiques isolées du lait caillé de zébu. Journal of food Engineering, 57(3), 301-304.

O

- **Oliveira, C. A. F., Fernandes, A. M., Neto, O. C. C., & Fonseca, L. F. L. (2002).** Composition and sensory evaluation of whole yogurt produced from milk with different somatic cell counts. Australian Journal of Dairy Technology, 57(3), 192.
- **Ott A., Fay L. B., Chaintreau A., 1997**. Determination and origin of the aroma impact compounds of yoghurt flavor. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol.45, pp.850-858.

- **Ouanzar S., (2012).** Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (TriticumdurumDesf.).Thèse Magister, Université de Sétif, 67 p.
- **Ozturk I, Sagdic O, Hayta M, Yetim H (2012)** Alteration in α-Tocopherol, some minerals, and fatty acid contents of wheat through sprouting. Chem Nat Compd 47 (6):876-879.
- **Oomah, B. D., Mazza, G., & Kenaschuk, E. O. (1996)**. Flavonoids content of flaxseed. Influence of cultivar and environment. Euphytica, 90(2), 163-167

P

- **Passebecq, A. (1982).** Votre santé par la diététique et l'alimentation saine. Dangles Lavoisier. 176p
- **Paci Kora Enkelejda, 2004.** Physico-chemical and sensory interactions in stirred and flavored yoghurt: What are the respective impacts on theperception of texture and flavor?. Doctoral thesis.National Agricultural Institute. Paris-grignon, 205p.
- **PaciKora E., Souchon I., Latrille E., Martin N., Marin M., 2004.** Composition rather than viscosity modifies the aroma compound retention of flavored stirred yogurt. Journal of Agriculture and Food Chemistry., vol. 52, pp. 3048-3056.
- **Prats H. 1960 :** Vers une classification des graminées .Revue d'Agrostologue .Bull. Soc Bot. France : 32-79.
- **Paul C., (2007).** Céréales et alimentation : une approche globale Agriculture Environnement prairies. Coll. Sciences et Techniques agricoles. 17 ème Ed. 464p.
- **Plaza L, De Ancos B, Cano M P (2003)** Nutritional and health-related compounds in sprouts and seeds of soybean (Glycine max), wheat (Triticum aestivum.L) and alfalfa (Medicago sativa) treated by a new drying method. Eur Food Res Technol 216:138–144.
- **Panfil P, Dorica B, Sorin C, Emilian M, Ersilia A, Iosif G (2014)** Biochemical characterization of flour obtained from germinated cereals (wheat, barley and oat). Rom Biotechnol Lett 19 (5):9772-9777.

- **Plaza L, De Ancos B, Cano M P (2003)** Nutritional and health-related compounds in sprouts and seeds of soybean (Glycine max), wheat (Triticum aestivum.L) and alfalfa (Medicago sativa) treated by a new drying method. Eur Food Res Technol 216:138–144.
- **Petit, et J. M, Pinila. (1995).** Production and purification of a sugar syrup from carob pods. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 28, pp: 145-152.
- **Pearse MJ, Mackinlay AG (1989)** Biochemical aspects of syneresis: a review. J Dairy Sci 72, 1401-1407.
- **Purwandari U., Shah N. P. and Vasiljevic T., 2007.** Effects of exopolysaccharide producing strains of Streptococcus thermophilus on technological andrheologicaproperties of set-type yoghurt. International Dairy Journal, vol.17,n.11, pp.1344-1352..DOI.org/10.1016/j.idairyj.2007.01.018.

Q

- **Quezel P. et Santa. S., 1962/63** : « Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales (tome 1) ». Edition du centre national de la recherche scientifique, Paris. PP :557.

R

- **Reay Tannahill. (1988),** Food in History, Three Rivers Press, New York, pp. 27–29
- **ROUSSEAU, M. (2005).** La fabrication du yaourt, les connaissances. INRA. 9p.
- **Robinson, R. K., & Tamime, A. Y. (1993**). Manufacture of yoghurt and other fermented milks. In Modern dairy technology (pp. 1-48). Springer, Boston, MA.
- **Radke-Mitchell, L., & Sandine, W. E. (1984).** Associative growth and differential enumeration of Streptococcus thermophilus and Lactobacillus bulgaricus: a review. Journal of Food Protection, 47(3), 245-248.
- **Rasic J, Curcic R, Stojsavljevic T, Obradovic B. (1971**) , A study on the amino acids of yoghurt. Milchwis-senschaft, 26, 496-499.
- **Ruel T., (2006),** Document sur la culture du blé, édition Educagri.

- **Romano, N., Tymczyszyn, E., Mobili, P., Gomez-Zavaglia, A. 2016**. Chapter 10 - Prebiotics as protectants of lactic acid bacteria - Watson, Ronald Ross. in: Probiotics, prebiotics, and synbiotics, (Ed.) V.R. Preedy, Academic Press, pp. 155–163
- **Règlement d'exécution (UE) no 208/2013** sur les exigences en matière de traçabilité pour les germes et les graines destinées à la production de germes, Journal Officiel de l'Union européenne, 11 mars 2013.
- **Rybka S, Kailaspathy K (1995**) The survival of culture bacteria in fresh and freeze dried AB yogurts. Aus J Dairy Technol 50:3480– 3484.
- **Ramachandran L, Shah NP (2010)** Characterization of functional, biochemical and textural properties of synbiotic low-fat yogurts during refrigerated storage. LWT Food Sci Technol 43:819–827
- **Roberfroid MB (1998)** Prebiotics and synbiotics—concepts and nutritional properties. Brit J Nutr 80:197–202

S

- **Schkoda P., Hechler A. & Hinrichs J. (2001).** Influence of the protein content on structural characteristics of stirred fermented milks. Milchwissenschaft, 56, 19-22.
- **Saarela M., Lahteenmaki L., Crittenden R., Salminen S. and Mattila-Sandholm T., 2000**. Gut bacteria and health foods: the European perspective. Int. J. Food Micr., 78 pp: 99-117.
- **Sveje M., 2007.** Probiotic and prebiotics improving consumer health through food consumption.Nutracoss, sept/oct: 28-31.
- **Saxelin M., Korpela R. and Mayara-Makinen A., 2003**. Functional dairy products. Boca Raton LA, USA: CRC Press : 1-16.
- **Sanz Y., 2007.** Ecological and functional implications of the acid-adaptation ability of Bifidobacterium: a way of selecting improved probiotic strains. International Dairy Journal, 17(11) pp: 1284-1289.
- **Schmidt J L, Tourneur C, Lenoir J. (1994**), Fonction et choix des bactéries lactiques laitières. In bactéries lactiques. pp. 37-46. Ed. De Roissart, H. et Luquet, F.M., II, Lorica, paris.

- **Simova E., 2007.** Theoretical and application aspects of milk products starter cultures. Thesis. NIHFI, Plovdiv, pp. 391 (in Bulgarian).
- **Saxelin, M., Korpela, R., & Mäyrä-Mäkinen, A. (2003).** Introduction: classifying functional dairy products. In Functional dairy products (pp. 1-16). Woodhead Publishing.
- **Singh J., 1983.** Influence of heat-treatment of milk and incubation temperatures on Streptococcus thermophilus and Lactobacillus acidophilus. Milchwissenschaft, vol.38, pp.347-348.
- **Sekhon K S, Singh N, Kaur H, Nagi H P S (1995)** Improving the functional and bread making properties of sprouted Indian wheat. J. Food Process and Preserv 19: 147–160. doi:10.1111/j.1745-4549. 1995.tb00284.x
- **Świeca M, Dziki D, Gawlik-Dziki U (2017)** Starch and protein analysis of wheat bread enriched with phenolics-rich sprouted wheat flour. Food Chem 228 :643-648.
- **Singh H , Singh N, Kaur L, Saxena S K (2001)** Effect of sprouting conditions on functional and dynamic rheological properties of wheat. J Food Eng 47 :23-29.
- **Singkhornart S, Edou-ondo S, Ryu G H (2013)** Influence of germination and extrusion with CO2 injection on physicochemical properties of wheat extrudates. Food Chem 143:122–131.
- **Sbay H ., 2008** : « Le caroubier au Maroc un arbre d'avenir ». Centre de recherche forestière charia Omar Ibn Khattab, BP.763, Agdal, Rabat, Maroc. PP : 44. PP : 07-31
- **Stoltz Jean-François.** « SANG - Écoulement », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le **17 février 2019.** URL : http://www.universalis.fr/encyclopedie/sang-ecoulement.
- **Shori, A.B., 2015**. The potential applications of probiotics on dairy and non-dairy foods focusing on viability during storage. Biocatal. Agric. Biotechnol. 4 (4), 423–431

T

- **Tamime A.Y. & Robinson R.K. (1985).** Background to manufacturing practice. In

Yoghurt. Science and technology. pp. 7-90. ed. Tamime, A.Y. et Robinson, R.K.,

Pergamon Press, Paris.

- **Tamime A.Y., Robinson R.K., 2003**. Yogurt: Science and technology, CRC Press, New York, p.661.
- **Terre, S. (1986).** Propriétés technologiques nutritionnelles et physiologiques de Streptococcus thermophilus et Lactobacillus bulgaricus. Technique laitière et marketing, (1008), 26-39.
- **Tammam J.D., Williams A.G., Noble J., Lloyd D., 2000.** Amino acid fermentation in non-starter Lactobacillus ssp. isolated from Cheddar cheese, Letters in Applied Microbiology, vol.30, pp.370-374.
- **Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (1999).** Yoghurt: science and technology. Woodhead Publishing..
- **Tamime A. Y. et Robinson R. K., 1985**. Background to manufacturing practice. InYoghurt.Science and technology. Ed. Tamime, A.Y. et Robinson, R.K.,Pergamon Press, Paris.p. 7-90.
- **Teysset-Marty C., De La Torre F. & Garel J.R. (2000).** Increased production of hydrogen peroxyde by lactobacillus delbruekii ssp bulgaricus upon aeration : involvement. Applied and Environmental Microbiology, 66 (1), 262-267.
- **Terpou, A.; Bekatorou, A.; Bosnea, L.; Kanellaki, M.; Ganatsios, V.; Koutinas, A.A. (2018)** Wheat bran as prebiotic cell immobilisation carrier for industrial functional Feta-type cheese making: Chemical, microbial and sensory evaluation. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 13 (2018) 75–83
- **Tunick, M.H., Van Hekken, D.L., 2015.** Dairy products and health: recent insights. J.Agric. Food Chem. 63 (43), 9381–9388.

V

- **Varnam, A H, Sutherland, J P. (1994),** Milk and Milk Products: Technology, Chemistry and Microbiology, Chapman & Hall, London, p. 451.
- **Vuyst, L. (2000).** Technology aspects related to the application of functional starter cultures. Food Technology and Biotechnology, 38(2), 105-112.

- **Venglat, P., Xiang, D., Qiu, S., Stone, S. L., Tibiche, C., Cram, D., & Bekkaoui, F. (2011).** Gene expression analysis of flax seed development. BMC plant biology, 11(1),1-15.
- **Villaño, D., Gironés-Vilapana, A., García-Viguera, C., Moreno, D.A., 2016.** Development of functional foods. In: Galanakis, C. (Ed.), Innovation Strategies in the Food Industry. Academic Press, pp. 191–210 (Chapter 10).

W

- **Wadley G., Martin A., (1993).** The Origins of Agriculture?A Biological Perspective and New Hypothesis.Australian Biologist 6: 96-105.

Y

- **Yaygin H., 1970**. Recherches sur les températures optimales de développement de Lb. bulgaricus et St. thermophilus et influence de quelques facteurs sur leurs activités communes. Le Lait, vol.49, pp.439-445.
- **Yves,H et Buyer.J., (2000),** l'origine des blés. Pour les sciences hors série n° 26,60 - 62 pp.
- **Yang F, Basu T K, Ooraikul B (2001)** Studies on germination conditions and antioxidant contents of wheat grain. Int J Food Sci Nutr 52: 319–330.

Z

- **Zourari, A. A. J. P., Accolas, J. P., & Desmazeaud, M. J. (1992**). Metabolism and biochemical characteristics of yogurt bacteria. A review. Le lait, 72(1), 1-3

VI. ANNEXE

Fiche d'analyse utilisé pour le test sensoriel

Fiche de l'analyse des descripteurs sensoriels des yaourts (profil sensoriel)

Nom et Prénom **Date**

Un échantillon de yaourt vous est proposé. Il est demandé d'évaluer ses caractéristiques.
L'ordre dévaluation est le suivant :

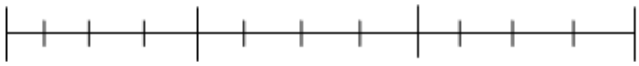
1. Aspect et Texture, 2. Odeur, arome 3. Gout et 4 onctuosité

1. Aspect et texture

Donnez une note sur l'échelle suivante sur l'aspect du yaourt.

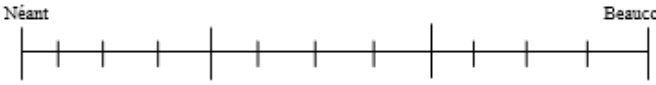
Couleur

Blanc Rouge



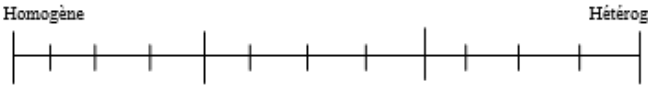
Rugueux

Néant Beaucoup



Hétérogénéité

Homogène Hétérogène

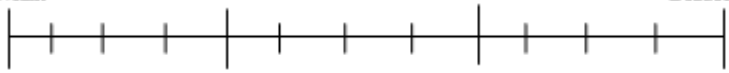


2. Odeur et arome

Flairez et notez rapidement sur l'échelle l'intensité de l'odeur du yaourt.

Poudre de lait

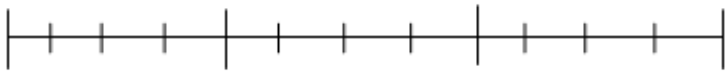
Néant Beaucoup



1 2 3 4

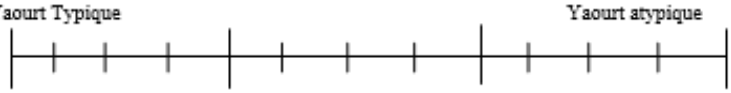
Céréale

Néant Beaucoup



Typicité

Yaourt Typique Yaourt atypique

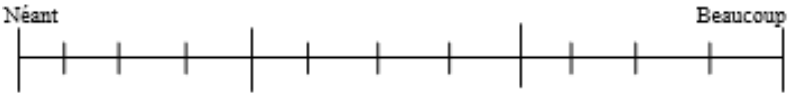


3. Gout

Gouter l'échantillon du yaourt puis évaluez les saveurs sur l'échelle suivante :

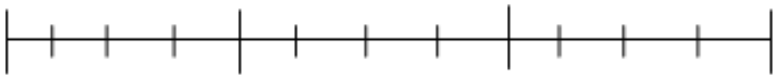
Acide piquant

Néant Beaucoup



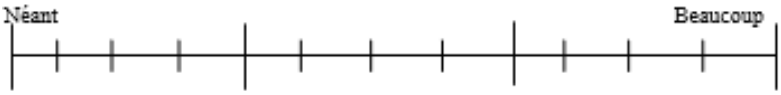
Sucré

Néant Beaucoup



Astringent

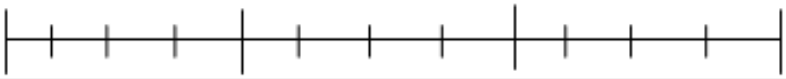
Néant Beaucoup



4. Consistance

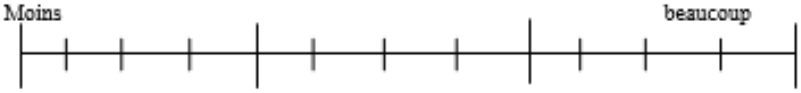
Fermeté

Moins ferme Très ferme



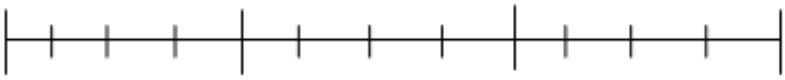
Viscosité

Moins beaucoup



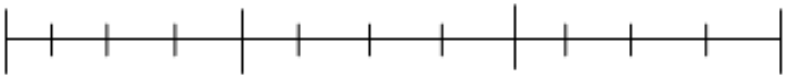
Onctuosité

Moins très onctueux

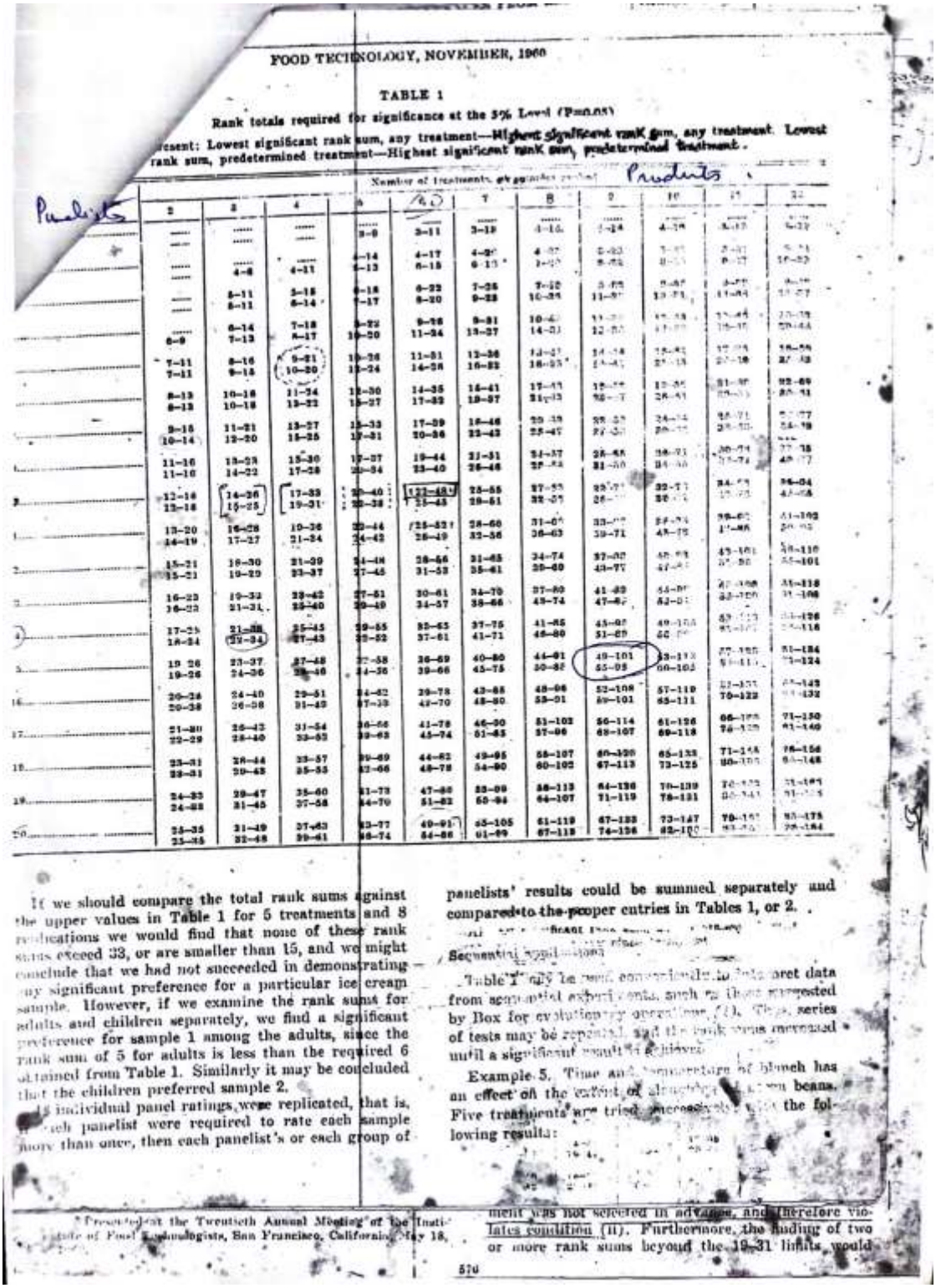


Disperse

Néant Beaucoup



Test de Friedman (Traitement statistique utilisé)



FOOD TECHNOLOGY, NOVEMBER, 1950

TABLE 1

Rank totals required for significance at the 5% Level (P=0.05)

...esent: Lowest significant rank sum, any treatment—Highest significant rank sum, any treatment. Lowest rank sum, predetermined treatment—Highest significant rank sum, predetermined treatment.

Number of treatments

Panelists

Products

Panelists	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	.....	.....	.....	.....	3-9	3-11	3-13	4-14	4-16	5-17	5-19
3	.....	.....	.....	4-14	4-17	4-20	4-23	5-26	5-29	6-31	6-34
4	.....	4-8	4-11	4-13	5-15	6-18	6-21	6-24	7-26	7-29	7-32
5	.....	5-11	5-15	6-18	6-22	7-25	7-29	8-32	8-36	8-39	9-43
6	.....	6-11	6-14	7-17	8-20	8-23	9-26	9-29	10-32	10-35	11-38
7	.....	6-14	7-18	8-22	9-25	9-31	10-35	11-38	11-42	12-45	13-48
8	6-9	7-13	8-17	10-20	11-24	12-27	14-31	15-34	16-38	17-41	18-44
9	7-11	8-16	9-21	10-26	11-31	12-36	13-41	14-46	15-51	16-56	17-61
10	7-11	9-15	10-20	12-24	14-28	15-33	16-37	17-42	18-46	19-51	20-55
11	8-13	10-16	11-24	12-30	14-35	15-41	17-46	18-52	19-57	21-62	22-68
12	8-13	10-18	13-22	15-27	17-32	19-37	21-43	23-48	25-53	26-59	28-64
13	9-15	11-21	13-27	15-33	17-39	19-46	20-52	22-59	24-65	26-71	28-77
14	10-14	12-20	15-25	17-31	20-36	22-42	25-47	27-53	29-59	32-64	34-70
15	11-16	13-23	15-30	17-37	19-44	21-51	24-57	26-65	28-71	30-78	32-85
16	11-16	14-22	17-28	20-34	23-40	26-46	28-53	31-59	34-65	37-71	40-77
17	12-18	14-26	17-33	20-40	23-48	25-55	27-63	29-71	32-77	34-86	36-94
18	13-18	15-25	19-31	22-38	25-45	28-51	30-59	33-65	36-71	39-77	42-83
19	13-20	16-28	19-36	22-44	25-52	28-60	31-67	33-77	36-84	39-91	41-102
20	14-19	17-27	21-34	24-42	28-49	32-56	36-63	39-71	43-78	47-86	50-93
21	15-21	18-30	21-39	24-48	28-56	31-65	34-74	37-82	40-91	43-101	46-110
22	15-21	19-29	23-37	27-45	31-53	35-61	39-69	43-77	47-85	51-93	55-101
23	16-23	19-33	23-42	27-51	30-61	34-70	37-80	41-89	44-99	47-109	51-118
24	16-22	21-31	25-40	29-49	34-57	38-66	43-74	47-82	52-91	56-100	61-108
25	17-25	21-35	25-45	29-55	33-65	37-75	41-85	45-95	49-105	53-115	57-126
26	18-24	23-33	27-43	32-52	37-61	41-71	46-80	51-89	56-98	61-107	66-116
27	19-26	23-37	27-48	32-58	36-69	40-80	44-91	49-101	53-113	57-125	61-136
28	19-26	24-36	28-46	33-56	38-66	43-75	48-85	53-95	58-105	63-115	68-124
29	20-28	24-40	29-51	34-62	39-73	43-85	48-96	52-108	57-119	62-131	66-143
30	20-28	26-38	31-49	37-59	42-70	48-80	53-91	58-101	63-111	70-122	74-132
31	21-30	26-42	31-54	36-66	41-78	46-90	51-102	56-114	61-126	66-138	71-150
32	22-29	28-40	33-53	39-63	45-74	51-85	57-96	63-107	69-118	75-129	81-140
33	23-31	28-44	33-57	39-69	44-82	49-95	55-107	60-120	65-133	71-144	76-156
34	23-31	30-42	35-55	41-66	46-78	54-90	60-102	67-113	73-125	80-136	86-148
35	24-33	29-47	35-60	41-73	47-86	53-99	58-113	64-126	70-139	76-151	82-164
36	24-32	31-45	37-58	44-70	51-82	58-94	64-107	71-119	78-131	85-143	91-155
37	25-35	31-49	37-63	43-77	49-91	55-105	61-119	67-133	73-147	79-161	85-175
38	25-35	32-48	39-61	46-74	54-86	61-99	67-113	74-126	82-139	89-151	96-164

If we should compare the total rank sums against the upper values in Table 1 for 5 treatments and 8 replications we would find that none of these rank sums exceed 33, or are smaller than 15, and we might conclude that we had not succeeded in demonstrating any significant preference for a particular ice cream sample. However, if we examine the rank sums for adults and children separately, we find a significant preference for sample 1 among the adults, since the rank sum of 5 for adults is less than the required 6 obtained from Table 1. Similarly it may be concluded that the children preferred sample 2.

If individual panel ratings were replicated, that is, if each panelist were required to rate each sample more than once, then each panelist's or each group of panelists' results could be summed separately and compared to the proper entries in Tables 1, or 2.

Sequential ...

Table 1 may be used to test data from sequential experiments, such as those suggested by Box for evolutionary operation (1). That series of tests may be repeated, and the rank sums increased until a significant result is achieved.

Example 5. Time and temperature of blanch has an effect on the extent of sloughing of ... beans. Five treatments are tried successively ... the following results:

* Presented at the Twentieth Annual Meeting of the Institute of Food Technologists, San Francisco, California, May 18, ...

ment was not selected in advance, and therefore violates condition (ii). Furthermore, the finding of two or more rank sums beyond the 19-31 limits would

570

Codage des échantillons

Codes	Noms réelles
L'(500)	Lin 5g (fraction 500)
L''(500)	Lin 2,5g (fraction 500)
L'(160)	Lin 5g (fraction 160)
L''(160)	Lin 2,5g (fraction 160)
T	Témoin
B'(500)	Blé germé 5g (fraction 500)
B''(500)	Blé germé 2,5g (fraction 500)
B'(160)	Blé germé 5g (fraction 160)
B''(160)	Blé germé 2,5g (fraction 160)

Calculs statistiques :

La couleur

Panlistes	L'(500)	L''(500)	L'(160)	L''(160)	T	B'(500)	B''(500)	B'(160)	B''(160)	∑Rangs sujet
1	1,5	0,5	5,5	4,5	0,5	5,5	6,5	8,5	7,5	40,5
2	0,12	4,12	2,12	4,12	0,12	7,12	7,12	8,12	9,12	42,08
3	0,67	3,67	4,67	0,67	0,67	7,67	5,67	4,67	11,67	40,03
4	6	3	4	4	-1	6	8	6	4	40
5	0,45	0,45	5,45	5,45	-0,55	8,45	5,45	7,45	7,45	40,05
6	0,12	2,12	6,12	4,12	0,12	5,12	6,12	9,12	7,12	40,08
7	8,56	3,56	3,56	7,56	-0,44	3,56	4,56	10,56	7,56	49,04
8	3,34	0,34	3,34	1,34	0,34	8,34	4,34	12,34	6,34	40,06
9	7,45	5,45	8,45	-0,55	-0,55	6,55	6,55	0,45	8,45	42,25
10	7,88	5,88	5,88	5,88	2,88	6,88	3,88	3,88	5,88	48,92
11	9,33	5,33	5,33	6,33	2,33	3,33	2,33	2,33	3,37	40,01
12	7,11	5,11	5,11	6,11	2,11	2,11	3,11	2,11	3,11	35,99
13	6,55	5,55	6,55	5,55	2,55	2,55	3,55	3,55	3,55	39,95
14	9	6	6	5	2	3	3	3	3	40
15	9,22	3,22	4,22	5,22	3,22	3,22	3,22	3,22	4,22	38,98
∑Rangs de pı	77,33	55,3	76,3	65,3	14,3	79,4	73,3	85,3	92,3	
Moy des sco	5,15	3,68	5,08	4,35	0,95	5,29	4,88	5,68	6,15	

Le gout sucré

Panelistes	L'(500)	L''(500)	L'(160)	L''(160)	T	B'(500)	B''(500)	B'(160)	B''(160)	∑rangs sujet
1	6,33	4,33	6,33	5,33	12,33	6,33	6,33	8,33	6,33	61,97
2	7,55	6,55	5,55	5,55	13,55	4,55	5,55	6,55	6,55	61,95
3	6	7	5	5	9	5	7	8	10	62
4	4,23	9,23	6,23	5,23	8,23	6,23	6,23	8,23	8,23	62,07
5	5	6	4	8	11	7	5	7	9	62
6	6,45	0,45	1,45	5,45	10,45	10,45	10,45	8,45	8,45	62,05
7	4	5	3	8	9	9	9	7	8	62
8	6,56	4,56	2,56	5,56	8,56	10,56	10,56	5,56	7,56	62,04
9	8,66	4,66	5,66	5,66	7,66	4,66	7,66	8,66	8,66	61,94
10	7	6	3	5	7	12	8	8	6	62
11	8,22	6,22	4,22	3,22	6,22	10,22	9,22	8,22	6,22	61,98
12	7,66	5,66	3,66	3,66	6,66	11,66	7,66	7,66	7,66	61,94
13	5,66	4,66	3,66	4,66	7,66	11,66	8,66	7,66	7,66	61,94
14	5,66	3,66	4,66	5,66	8,66	8,66	9,66	8,66	6,66	61,94
15	4,55	5,55	5,55	2,55	6,55	9,55	11,55	9,55	6,55	61,95
∑rangs de pr	93,53	79,53	64,53	78,53	132,53	127,53	122,53	117,53	113,53	
Moy score	6,23	5,3	4,36	5,23	8,83	8,5	8,16	7,83	7,56	

L'homogénéité

Panelistes	L'(500)	L''(500)	L'(160)	L''(160)	T	B'(500)	B''(500)	B'(160)	B''(160)	∑ Rangs sujet
1	0,78	4,78	3,78	7,78	1,78	2,78	1,78	1,78	0,78	26,02
2	3,33	2,33	5,67	5,33	3,33	2,33	1,33	1,33	1,33	26,31
3	3,33	2,33	5,33	2,33	2,33	3,33	3,33	1,33	2,33	25,97
4	2,88	1,88	4,88	2,88	1,88	3,88	1,88	3,88	1,88	25,92
5	4,45	4,45	4,45	5,45	0,45	0,45	1,45	2,45	2,45	26,05
6	1,44	3,44	2,44	7,44	1,44	2,44	2,44	2,44	2,44	25,96
7	1,11	2,11	4,11	9,11	1,11	3,11	2,11	1,11	2,11	25,99
8	3,89	4,89	2,89	8,89	0,89	1,89	0,89	0,89	0,89	26,01
9	5,44	4,44	3,44	4,44	1,44	1,44	1,44	2,44	1,44	25,96
10	5	4	4	3	1	3	2	3	1	26
11	5	4	4	3	1	3	2	3	1	26
12	3,67	2,67	4,67	3,67	0,67	2,67	2,67	2,67	2,67	26,03
13	2,67	4,67	6,67	4,67	0,67	1,67	0,67	1,67	2,67	26,03
14	4,67	4,67	7,67	2,67	0,67	0,67	1,67	1,67	1,67	26,03
15	4,33	4,33	5,33	3,33	1,33	1,33	2,33	1,33	2,33	25,97
∑ Rangs de p	51,99	54,99	69,33	73,99	19,99	33,99	27,99	30,99	26,99	
moy score	3,46	3,66	4,62	4,93	1,33	2,26	1,86	2,06	1,79	

L'onctuosité

Panelistes	L'(500)	L''(500)	L'(160)	L''(160)	T	B'(500)	B''(500)	B'(160)	B''(160)	∑Rangs sujet
1	5,77	5,77	6,77	7,77	10,77	8,77	7,77	13,77	10,77	77,93
2	5	8	7	7	14	9	10	9	9	78
3	5,55	7,55	7,55	4,55	11,55	9,55	8,55	12,55	10,55	77,95
4	7,45	6,45	7,45	7,45	10,45	8,45	8,45	11,45	10,45	78,05
5	11,11	6,11	2,11	9,11	7,11	11,11	8,11	12,11	11,11	77,99
6	11,67	7,67	4,67	6,67	8,67	9,67	8,67	8,67	11,67	78,03
7	8,89	3,89	5,89	6,89	12,89	7,89	10,89	7,89	12,89	78,01
8	8	8	8	4	8	8	13	10	11	78
9	5,78	4,78	7,78	8,78	7,78	11,78	8,78	9,78	12,78	78,02
10	8,34	6,34	8,34	8,34	12,34	9,34	9,34	7,34	8,34	78,06
11	7,22	6,22	6,22	7,22	12,22	9,22	12,22	7,22	10,22	77,98
12	5,78	6,78	5,78	7,78	9,78	10,78	10,78	9,78	10,78	78,02
13	5	7	6	7	12	11	12	10	8	78
14	6,56	7,56	4,56	8,56	11,56	8,56	9,56	11,56	9,56	78,04
15	7,23	8,23	7,23	6,23	8,23	10,23	10,23	12,23	8,23	78,07
∑Rangs prod	109,35	100,35	95,35	107,35	157,35	143,35	148,35	153,35	155,35	
Moy score	7,29	6,69	6,35	7,15	10,49	9,55	9,89	10,22	10,35	

Céréale

Panelistes	L'(500)	L''(500)	L'(160)	L''(160)	T	B'(500)	B''(500)	B'(160)	B''(160)	∑Rangs sujet
1	0,12	9,12	11,12	12,12	0,12	4,12	8,12	5,12	9,12	59,08
2	2,78	6,78	8,78	9,78	0,78	7,78	7,78	7,78	6,78	59,02
3	6,22	6,22	8,22	10,22	2,22	5,22	8,22	6,22	6,22	58,98
4	6,55	5,55	11,55	7,55	3,55	5,55	6,55	7,55	4,55	58,95
5	7,22	3,22	11,22	5,22	2,22	10,22	6,22	8,22	5,22	58,98
6	3,11	5,11	9,11	3,11	2,11	9,11	9,11	10,11	8,11	58,99
7	3,67	7,67	7,67	5,67	0,67	5,67	10,67	8,67	8,67	59,03
8	4,45	5,45	9,45	8,45	0,45	4,45	11,45	7,45	7,45	59,05
9	1	9	9	10	-1	8	8	8	7	59
10	11,67	6,67	6,67	6,67	0,67	8,67	5,67	5,67	6,67	59,03
11	10,56	7,56	6,56	7,56	0,56	8,56	5,56	5,56	6,56	59,04
12	11,67	7,67	6,67	6,67	0,67	8,67	5,67	4,67	6,67	59,03
13	11,11	7,11	6,11	7,11	1,11	9,11	5,11	5,11	7,11	58,99
14	11,89	6,89	6,89	5,89	0,89	9,89	5,89	4,89	5,89	59,01
15	10,56	7,56	6,56	6,56	0,56	10,56	5,56	4,56	6,56	59,04
∑Rangs prod	102,58	101,58	125,58	112,58	15,58	115,58	109,58	99,58	102,58	
Moy score	6,83	6,77	8,37	7,5	1,03	7,7	7,3	6,63	6,83	

L'astringence

Panelistes	L'(500)	L''(500)	L'(160)	L''(160)	T	B'(500)	B''(500)	B'(160)	B''(160)	Σrangs sujet
1	2,67	3,67	0,67	7,67	0,67	1,67	1,67	3,67	0,67	23,03
2	2	1	4	7	1	4	1	1	2	23
3	1,56	1,56	6,56	4,56	0,56	1,56	2,56	1,56	2,56	23,04
4	4,33	1,33	2,33	6,33	1,33	1,33	2,33	2,33	1,33	22,97
5	5,33	3,33	3,33	1,33	1,33	4,33	1,33	1,33	1,33	22,97
6	5,89	0,89	4,89	3,89	0,89	0,89	0,89	2,89	1,89	23,01
7	3,66	3,66	4,66	1,66	1,66	1,66	1,66	2,66	1,66	22,94
8	4,66	4,66	3,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	22,94
9	6,11	3,11	2,11	3,11	1,11	2,11	1,11	1,11	3,11	22,99
10	3	2	4	4	1	4	2	2	1	23
11	3,78	3,78	3,78	3,78	0,78	2,78	1,78	1,78	0,78	23,02
12	5,67	3,67	2,67	2,67	0,67	2,67	2,67	0,67	1,67	23,03
13	4,89	2,89	3,89	4,89	0,89	1,89	1,89	0,89	0,89	23,01
14	5,56	3,56	2,56	4,56	0,56	2,56	0,56	1,56	1,56	23,04
15	6,78	3,78	2,78	2,78	0,78	2,78	0,78	1,78	0,78	23,02
∑Rangs prod	65,89	42,89	51,89	59,89	14,89	35,89	23,89	26,89	22,89	
moy score	4,39	2,85	3,45	3,99	0,99	2,39	1,59	1,79	1,52	

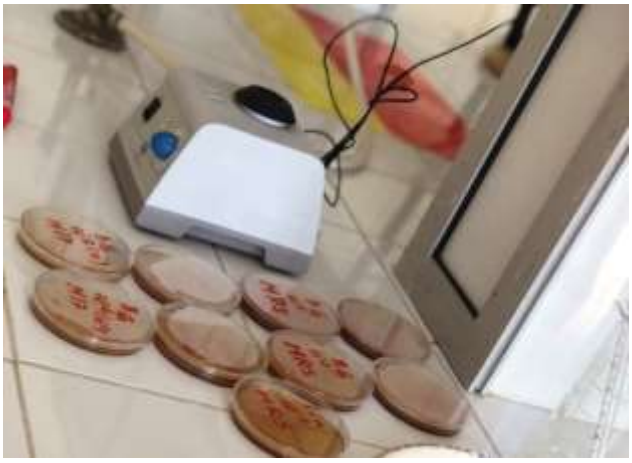
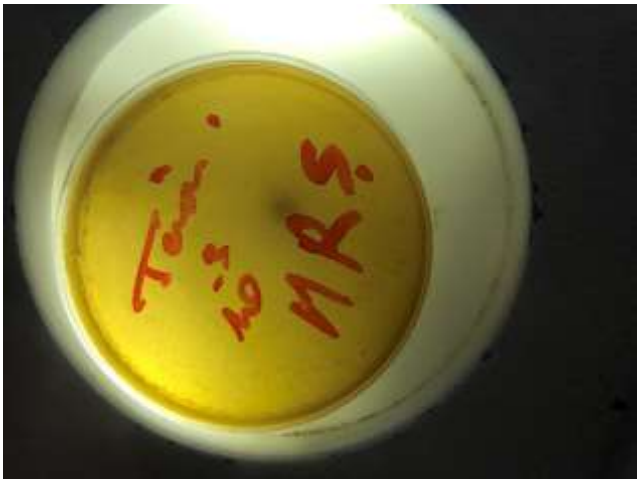
L'acidité

Panelistes	L'(500)	L''(500)	L'(160)	L''(160)	T	B'(500)	B''(500)	B'(160)	B''(160)	Σrangs sujet
	4,89	1,89	4,89	6,89	1,89	1,89	2,89	1,89	1,89	29,01
	4	4	3	6	2	2	2	2	4	29
	1,55	5,55	6,55	6,55	1,55	1,55	2,55	1,55	1,55	28,95
	3,22	4,22	5,22	3,22	3,22	5,22	1,22	2,22	1,22	28,98
	5,55	3,55	3,55	3,55	2,55	3,55	2,55	1,55	2,55	28,95
	5,33	2,33	4,33	5,33	1,33	3,33	3,33	1,33	2,33	28,97
	1,89	3,89	5,89	7,89	0,89	0,89	3,89	0,89	2,89	29,01
	3,45	5,45	6,45	8,45	1,45	1,45	0,45	1,45	0,45	29,05
	4,67	4,67	5,67	6,67	0,67	2,67	1,67	1,67	0,67	29,03
	5,56	3,56	4,56	4,56	0,56	3,56	3,56	2,56	0,56	29,04
	5,78	3,78	4,78	4,78	0,78	2,78	2,78	2,78	0,78	29,02
	4,78	4,78	3,78	3,78	0,78	3,78	3,78	1,78	1,78	29,02
	5,67	5,67	4,67	3,67	1,67	2,67	2,67	1,67	0,67	29,03
	3,89	6,89	3,89	3,89	0,89	2,89	2,89	2,89	0,89	29,01
	4,45	6,45	4,45	4,45	1,45	2,45	2,45	1,45	1,45	29,05
ΣRangs des p	64,68	66,68	71,68	79,68	21,68	40,68	38,68	27,68	23,68	29,008
moy des scor	4,312	4,44533333	4,77866667	5,312	1,44533333	2,712	2,57866667	1,84533333	1,57866667	

La fermeté

Panelistes	L'(500)	L"(500)	L'(160)	L"(160)	T	B'(500)	B"(500)	B'(160)	B"(160)	∑Rangs sujet
	9,11	9,11	9,11	6,11	12,11	9,11	8,11	11,11	10,11	83,99
	5	11	10	10	11	9	6	10	12	84
	9,56	10,56	9,56	6,56	11,56	9,56	8,56	10,56	9,56	86,04
	9,56	8,56	8,56	7,56	11,56	9,56	8,56	10,56	9,56	84,04
	9,67	8,67	9,67	4,67	10,67	10,67	9,67	9,67	10,67	84,03
	6,45	7,45	10,45	9,45	12,45	9,45	7,45	9,45	11,45	84,05
	10,33	7,33	9,33	3,33	11,33	12,33	8,33	9,33	12,33	83,97
	8	9	8	6	10	10	11	8	14	84
	8,55	7,55	7,55	8,55	10,55	9,55	10,55	10,55	10,55	83,95
	9,33	6,33	7,33	5,33	12,33	11,33	9,33	10,33	12,33	83,97
	11,33	9,33	9,33	6,33	10,33	9,33	8,33	9,33	10,33	83,97
	10,45	9,45	10,45	6,45	11,45	7,45	9,45	10,45	8,45	84,05
	8,34	7,34	9,34	7,34	10,34	10,34	10,34	9,34	11,34	84,06
	10	7	9	9	9	10	9	9	12	84
	7,78	8,78	7,78	9,78	10,78	10,78	8,78	7,78	11,78	84,02
∑Rangs des	133,46	127,46	135,46	106,46	165,46	148,46	133,46	145,46	166,46	84,1426667
Moy des scor	8,89733333	8,49733333	9,03066667	7,09733333	20,6825	9,89733333	8,89733333	9,69733333	11,0973333	

La rugosité

Panelistes	L'(500)	L"(500)	L'(160)	L"(160)	T	B'(500)	B"(500)	B'(160)	B"(160)	Σrangs sujet
	5,78	4,78	6,78	1,78	0,78	1,78	2,78	0,78	0,78	26,02
	7,11	1,11	8,11	4,11	1,11	1,11	1,11	2,11	1,11	26,99
	4,66	3,66	5,66	1,66	1,66	3,66	1,66	2,66	1,66	26,94
	2,11	6,11	3,11	4,11	2,11	3,11	2,11	2,11	2,11	26,99
	5,44	1,44	1,44	5,44	1,44	1,44	4,44	3,44	2,44	26,96
	2,33	3,33	3,33	9,33	1,33	1,33	2,33	2,33	1,33	26,97
	7,34	1,34	7,34	5,34	0,34	0,34	0,34	1,34	2,34	26,06
	1,11	7,11	8,11	2,11	1,11	3,11	1,11	1,11	2,11	26,99
	2,33	3,33	7,33	3,33	1,33	3,33	1,33	2,33	2,33	26,97
	5,89	2,89	3,89	1,89	0,89	4,89	2,89	0,89	2,89	27,01
	7,23	2,23	2,23	2,23	0,23	4,23	2,23	4,23	2,23	27,07
	4,78	2,78	2,78	1,78	0,78	4,78	2,78	4,78	1,78	27,02
	5,89	2,89	3,89	1,89	0,89	4,89	1,89	2,89	1,89	27,01
	7,67	1,67	2,67	1,67	0,67	4,67	2,67	3,67	1,67	27,03
	7,67	3,67	2,67	1,67	0,67	3,67	1,67	3,67	1,67	27,03
Σrangs des p	77,34	48,34	69,34	48,34	15,34	46,34	31,34	38,34	28,34	26,8706667
moy score	5,156	3,22266667	4,62266667	3,22266667	1,02266667	3,08933333	2,08933333	2,556	3,5425	

Denombrement et isolement des bacteries lactiques