

Université Abdelhamid Ibn Badis

Mostaganem

Faculté des Sciences

de la nature et de la vie



جامعة عبد الحميد بن باديس

مستغانم

كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

Mlle BOUALAOUI Rahma

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES ALIMENTS

THÈME

**Effet d'ajout de l'extrait aqueux de *Mentha piperita*. L
sur la qualité d'un yaourt étuvé au cours de la
conservation.**

SOUTENU PUBLIQUEMENT LE/...../2020.

DEVANT LE JURY :

Encadreur : M. AIT S AADA. D

M.C.A

U. Mostaganem

Président : M. BEKADA A.M.A

Professeur

C.U. de Tissemsilt.

Examineur : Mme AIT CHABANE.O

M.C.B

U. Mostaganem

Invitée : Mme. GUEMIDI. C

Doctorante

U. Mostaganem

Thème réalisé au laboratoire de Technologie Alimentaire et Nutrition- Université de Mostaganem.

Année universitaire : 2019/2020.

Remerciements :

Avant tout, je remercie Allah le tout puissant et le tout miséricordieux, de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à bon terme ce travail.

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail de fin d'études et à l'élaboration de ce modeste mémoire.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude au promoteur de ce mémoire : Monsieur, AIT Saada Djamel, maître de conférences classe A à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie - MOSTAGANEM, d'avoir accepté de m'encadrer ; je le remercie infiniment pour sa grande patience, ses encouragements, son aide et ses conseils judicieux, durant la réalisation du présent travail.

Mes remerciements s'adressent également à mon co-encadreur Mme AIT CHABANE .O. MCB à l'université de Mostaganem ainsi qu'à Mme GHEMIDI .C. Doctorante, pour leurs disponibilités, générosités, conseils précieux et pour toutes les orientations qui nous ont apporté durant la réalisation de ce projet.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche et d'avoir examiné ce travail tout en l'ayant enrichi par leurs propositions

Sentiment de gratitude, je tiens à l'exprimer pour tous les enseignements exerçant au département d'agronomie.

Merci vivement à tous et à toutes.

Dédicaces :

Je tiens à dédier ce modeste travail:

A mes très chers parents pour leur amour, patience, encouragements et
surtout pour leurs sacrifices, que Allah les protège.

A mes frères et mes sœurs

A tout ma famille et mes amis

A toute la promotion C.Q.A 2019/2020

Résumé :

Cette étude expérimentale vise à déterminer l'effet de l'extrait aqueux de *Mentha x pipérита* L. , sur la qualité d'un lait fermenté type yaourt étuvé au cours de sa conservation à 4 °C. Pour réaliser cet objectif, on a suivi l'impact de l'ajout de l'extrait aqueux de la partie aérienne de la plante récolté à Ouargla - Algérie à différentes doses sur l'évolution des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques des produits expérimentaux au cours des périodes de fermentation et de post acidification. L'extrait de la plante objet de l'étude a été obtenu par macération à l'eau pendant 6 h suivie d'une évaporation sous vide. Des essais d'incorporations de l'extrait pur de menthe à 0, 2 et 4 % ont été effectués dans des préparations en triples essais de laits fermentés type yaourt étuvé. Les différentes mesures et contrôles ont porté sur : Dosage des polyphénols totaux, dosage des flavonoïdes, pH, acidité, viscosité, dénombrement des germes (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*), Adhésivité, Cohésivité et fraîcheur. Les résultats paramétriques ont subi une analyse de variance et une comparaison des moyennes selon le test de Newman et Keuls ; alors que les données organoleptiques non paramétriques ont été traitées statistiquement par le test de Friedman.

La menthe poivrée s'avère très riche en composés phénoliques et pauvre en constituants flavonoïdes.

Les composés bioactifs contenus dans l'extrait aqueux ont dévoilé un effet inhibiteur remarquable sur la croissance des germes lactiques spécifiques du yaourt : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Cet effet antimicrobien a engendré une baisse notable de l'acidité, de la viscosité et des qualités rhéologiques des laits fermentés expérimentaux additionnés à une dose sévère de 4% d'extrait aqueux de menthe poivrée.

Il est, toutefois , possible d'incorporer l'extrait aqueux de *Mentha pipérита* L à une faible dose de 2 % et fabriquer un lait fermenté alicament ayant tous les critères physicochimiques et organoleptiques d'un yaourt étuvé.

Mots clés : *Mentha pipérита*, yaourt étuvé, extrait aqueux, effet antimicrobien, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*.

Abstract

This experimental study aims to determine the effect of the aqueous extract of *Mentha x piperita* L on the quality of a fermented milk like yoghurt steamed during its conservation at 4°C. To achieve this objective, we followed the impact of the addition of the aqueous extract of the aerial part of the plant harvested in Ouargla - Algeria at different doses on the evolution of the physico-chemical, microbiological and organoleptic parameters of the experimental products during the fermentation and post-acidification periods. The extract of the plant under study was obtained by maceration with water for 6 hours followed by vacuum evaporation. Tests of incorporation of the pure mint extract at 0, 2 and 4% were carried out in triple trial preparations of fermented milks such as steamed yoghurt. The various measurements and controls were carried out on : Dosage of total polyphenols, dosage of flavonoids, pH, acidity, viscosity, germ count (*Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*), Adhesiveness, Cohesiveness and freshness. The parametric results underwent an analysis of variance and a comparison of the means according to the Newman and Keuls test; while the non-parametric organoleptic data were statistically processed by the Friedman test.

Peppermint was found to be very rich in phenolic compounds and poor in flavonoid constituents.

The bioactive compounds contained in the aqueous extract revealed a remarkable inhibitory effect on the growth of the yoghurt-specific lactic germs: *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. This antimicrobial effect led to a notable decrease in the acidity, viscosity and rheological qualities of the experimental fermented milks when added to a severe dose of 4% aqueous extract of peppermint.

It is, however, possible to incorporate the aqueous extract of *Mentha piperita* L at a low dose of 2% and manufacture an alicamentous fermented milk having all the physicochemical and organoleptic criteria of a steamed yoghurt.

Key words: *Mentha piperita*, steamed yoghurt, aqueous extract, antimicrobial effect, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*.

المخلص

تهدف هذه الدراسة التجريبية إلى تحديد تأثير المستخلص المائي للجزء العلوي من نبات النعناع الفلفلي (*Mentha x pipérta* L) المحصول في ولاية ورقلة - الجزائر على جودة الحليب المخمر من نوع اللين أثناء تخزينه لمدة 21 يوم في درجة حرارة 4 درجة مئوية.

تم الحصول على هذا المستخلص المائي عن طريق نقع النبات في الماء لمدة 6 ساعات ثم القيام بتبخير الماء. تم تقييم مدى فاعلية هذا المتخلص النقي من خلال دمج بنسبة 0, 2 و 4 % في المستحضرات اللبنية الثلاثية التجريب، ثم قياس تطور العوامل الكيميو-فيزيائية، الميكروبيولوجية و الحسية المتمثلة في: القياس الكمي للبوليفينول، القياس الكمي للفلافونويد، الحموضة، اللزوجة، عدد الجراثيم (*Lactobacillus bulgaricus* و *Streptococcus thermophilus*)، الالتصاق، التماسك و النضارة. خضعت النتائج المعيارية لتحليل التباين و مقارنة المعدلات وفق اختبار "Newman و Keuls" في حين تمت معالجة البيانات الحسية غير المعيارية احصائيا بواسطة اختبار "friedman".

أظهرت النتائج التجريبية أن النعناع الفلفلي غني بالمركبات الفينولية و فقير من حيث مكونات الفلافونويد. كما أظهرت أن إضافة مستخلص الفينول في الحليب المخمر كان له تأثير مضاد لنمو بكتيريا اللين (S.t و L.b)، مما تسبب في انخفاض مستوى الحموضة، اللزوجة و جودة الانسيابية خاصة في الالبان المحضرة ب 4 % من مستخلص النعناع النقي و مع ذلك فمن الممكن استخدامه بجرعات منخفضة (2%) من أجل تحضير حليب مخمر مع جميع المعايير الكيميائية، الفيزيائية و الحسية للين.

الكلمات المفتاحية : النعناع الفلفلي , اللين, تأثير مضاد لنمو البكتيريا , المستخلص المائي, *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*

Liste des tableaux :

Tableau 1. Quantité moyenne en nutriments pour 100 g net 06 de menthe poivrée	06
Tableau2. Composition physico-chimique du yaourt 13	13
Tableau 3. Apports des différents yaourts pour un pot de 125g 14	14
Tableau 4. Critères microbiologiques du yaourt 16	16
Tableau 5. Différents types du yaourt et leurs caractéristiques 16	16
Tableau 6. Composition des laits en poudre (en %) 17	17
Tableau 7. Principaux caractères de <i>S.thermophilus</i> et de <i>L.bulgaricus</i> 20	20
Tableau 8 : Défauts de goût des yaourts. 30	30
Tableau 9. Défauts de Texture des yaourts. 31	31
Tableau 10. Défauts d'apparence des yaourts. 31	31
Tableau 11. Teneurs en en principaux composés phénoliques et flavonoïdes 44 de l'extrait aqueux, ainsi que de la matière végétale de <i>Mentha piperita</i> L	44
Tableau 12. Effet d'ajout de l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> .L 45 sur la qualité d'un yaourt étuvé au cours de la conservation	45

Liste des figures

Figure 1. Morphologie de la menthe poivrée	04
Figure 2. La menthe poivrée.....	05
Figure 3. Observation au microscope électronique de <i>Streptococcus thermophilus</i>	18
Figure 4. Observation au microscope électronique de <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	19
Figure 5. Interactions de <i>Sreptococcus thermophilus</i> et <i>Lactobacillus</i>	25
<i>bulgaricus</i> en culture mixte dans le lait.	
Figure 6. Diagramme général de fabrication du yaourt ferme et du yaourt brassé	27
Figure 7. Extraction des composés phénoliques de <i>Mentha pipérta</i> L	34
Figure 8. Dosage des polyphénols totaux.....	36
Figure 9. Dosage des flavonoïdes.....	37
Figure 10. Préparation des levains lactiques	38
Figure 11. Technologie de fabrication des yaourts expérimentaux.....	39
Figure 12. Préparation et ensemencement des dilutions décimales.....	41

Liste des abréviations :

pH : Potentiel hydrogène.

F.I.L : Fédération Internationale du lait.

°D : Degré Dornic.

°C : Degré Celcius.

Kcal : Kilo calorie.

UFC : Unité formant colonies.

ASR : Anaérobie sulfito-réducteurs.

FAO : Food Agricultural Organisation.

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne.

EPS : Exo-polysaccharides.

EAG : Equivalent acide gallique.

EQ : Equivalent quercétine.

DLC : Date limites de consommation.

MG : Matière grasse.

MS : Matière sèche.

MRS : Gélose de Man-Rogosa-Sharpe.

M17: Gélose M17 (Mannitol).

Lb : *Lactobacillus bulgaricus*.

St : *Streptococcus thermophilus*.

Tables des matières

Introduction	01
---------------------------	----

Patrie 1 : Etude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur la menthe poivrée (*Mentha pipérta* L)

1. Historique	03
2. Définition	03
3. Description botanique de l'espèce	03
4. Pays d'origine	05
5. Noms vernaculaires	05
6. Classification botanique	05
7. Composition	05
7-1. Composition chimique	05
8. Composition nutritionnelle	06
9. Propriétés pharmacologiques	06
8-1. Effets antioxydants	06
8-2. Effets insecticides	07
8-3. Effets antimicrobiens	07
8-4. Activité antifongique	08
9- Culture	08
9-1. Cycle de végétation de la menthe poivrée	08
a. Multiplication végétative	08
b. Phase reproductrice	08
9-2. Exigence de la culture de la menthe poivrée	09
a. Photopériodisme	09
b. Température	09
c. Altitude	09
d. Sol	09
e. Fertilisation	09
f. Irrigation	10
9-3. Ennemis de la menthe poivrée	10
a. Adventices	10
b. Parasites	10
9-4. Principaux pays producteurs	10
10. Utilisation	10
10-1. Utilisation thérapeutique et traditionnelles	10
a. Trouble digestif	10
b. Douleur	10
c. Infection	10
10-2. Utilisation commerciale	11
11. Toxicologie	11

Chapitre II : Généralités sur le yaourt

1. Histoire.	12
2. Définition du yaourt.	12
3. Réglementation du yaourt.	12
4. Qualités du yaourt.	13
4-1. Aspects physico-chimiques.	13
4-2. Qualité nutritionnelle.	14
4-3. Qualités organoleptiques.	14
4-4. Qualité hygiéniques.	15
4-5. Qualité microbiologique.	15
5- Différents types du yaourt.	16
6- Matières utilisées pour la production du yaourt.	16
6-1. Lait frais.	16
6-2. Poudres de lait.	17
6-3. Eau	17
6-4. Additifs.....	17
6-5. Bactéries lactiques.....	18
a. <i>Streptococcus thermophilus</i>	18
b. <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	19
6-5-1. Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt	20
➤ Production d'acide lactique.....	20
➤ Activité protéolytique	20
➤ Activité aromatique.....	21
➤ Activité texturant.	21
6-5-2. Comportement associatifs des deux souches.....	22
7. Technologie de fabrication du yaourt.....	22
7-1. Règles d'hygiènes	22
7-2. Réception du lait.....	22
7-3. Standardisation	23
7-4. Homogénéisation.....	23
7-5. Pasteurisation.....	23
7-6. Refroidissement.....	24
7-7. Ensemencement.....	24
7-8. Fermentation lactique	24
➤ Symbiose des souches	24
7-9. Arrêt de fermentation	26
7-10. Conditionnement et stockage	26
8. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt sur la santé.....	28

➤ Amélioration de l'absorption du lactose	28
➤ Amélioration de la digestibilité des protéines.....	28
➤ Amélioration de la digestibilité de la matière grasse	28
➤ Activité antimicrobienne.....	29
➤ Activité anti-cholestérolémiant	29
➤ Stimulation de système immunitaire.....	29
➤ Action sur les vitamines.....	29
➤ Action préventive contre les cancers de la sphère digestive.....	29
➤ Prévention des maladies inflammatoires	29
➤ Guérison des diarrhées	29
➤ Effet antigrippe	30
9. Défauts et altérations du produit.....	30

Partie 2 : Méthodologie expérimentale.

1. Objectifs	32
2. Région de prélèvement du matériel végétal	32
3. Matériels	33
3-1. Appareillage et verrerie.	33
3-2. Produits chimiques	33
4. Méthodes	33
4-1. Traitements préliminaires du matériel végétal.....	33
4-2. Préparation des extraits	33
4-2-1. Extraction des composés bioactifs.....	34
4-3. Essai de fabrication d'un lait fermenté alicament enrichi d'extrait de polyphénols de <i>Mentha Pipérta</i>	34
4-3-1. Protocole expérimental.....	35
4-3-2. Préparation des levains.....	35
4.3.3. Technologie de fabrication des laits fermentés Expérimentaux.....	36
4-4. Mesures et contrôles sur les laits fermentés.....	37
4-4-1. Dosage des polyphénols.	37
4-4-2. Dosage des flavonoïdes.....	38
4-4-3. Analyses des laits fermentés.....	39
4-4-3-1. Analyse physicochimique.....	39
a. Acidité titrable.....	39
b. Potentiel d'hydrogène « pH ».....	40
c. Viscosité dynamique.....	40

4-4-3-2. Analyse microbiologique.....	41
a. <i>Streptococcus thermophilus</i>	41
b. <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	41
4-4-3-3. Test organoleptique.	41
a. Adhésivité.....	41
b. Cohésivité.....	41
c. Gout de fraîcheur.....	41
5. Traitement statistique.....	42
Partie 3: Résultats et discussion	
1. Résultats	43
1.1. Polyphénols totaux et Flavonoïdes	43
1.2. Laits fermentés type yaourt étuvé.....	43
2. Discussion	45
Conclusion.	
Références.	
Annexes.	

Introduction

Depuis l'antiquité, les produits naturels, notamment ceux d'origine végétale ont toujours été utilisés pour traiter et soigner toutes sortes de maladies. C'est par l'expérience que les gents ont apprécié les vertus thérapeutiques des plantes et ont appris à les utiliser

Les plantes médicinales ont toujours eu une place importante dans l'arsenal thérapeutique de l'humanité. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), environ 65- 80% de la population mondiale dans les pays en développement, en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la médecine moderne, dépendent essentiellement des plantes médicinales traditionnelles pour leurs soins de santé primaire.

Beaucoup d'études épidémiologiques ont fortement suggéré qu'une forte ingestion de produits végétaux est associée à une diminution significative du risque de nombreuses maladies chroniques telles que l'athérosclérose, l'inflammation, le diabète et certains types de cancer. Ces effets bénéfiques sont liés essentiellement à la composition chimique, aux groupes fonctionnels des composés majoritaires des extraits des plantes et à leurs effets synergiques.

La menthe poivrée, plante de la famille des labiées très répandue en Afrique du nord (Algérie, Tunisie, Maroc), fait aussi partie de l'histoire de la phytothérapie. Elle est réputée pour ses capacités à relâcher les muscles, à traiter les problèmes digestifs et pour ses vertus antiseptiques et tonifiantes. Elle stimule aussi la sécrétion biliaire et la transpiration.

On prête d'ailleurs à cette plante d'innombrables vertus antibactériennes, antioxydantes ... etc., qui ont été vérifiés scientifiquement. Ces effets sont dus à la présence de certains composés bioactifs tels que l'eugénol, l'acide caféique et l'acide rosmarinique (**Arumugam et al., 2009**).

Notre époque est profondément marquée par la recherche d'une vie plus saine, d'un retour à la nature, aux valeurs essentielles notamment en agroalimentaire où la dynamique actuelle du marché des denrées alimentaires oblige les industriels à formuler constamment de nouveaux produits plus riches en composants bio tout en diminuant l'utilisation des composés synthétiques (agents de texture, épaississants, gélifiants...etc

Il est bien connu que les produits laitiers fermentés, comme le yaourt, sont des aliments de grande consommation à travers le monde (**Nakasaki et al., 2008**), qui possède une grande valeur nutritionnelle et qui est apprécié pour son goût et sa texture (**Rohmain, et al., 2010**). Il convient à toutes les tranches d'âge et même chez les sujets intolérants au lactose (**Nagai et al., 2011**).

Notre sujet a consisté en l'étude de l'effet d'ajout de l'extrait aqueux de *Mentha piperita* (menthe poivrée) sur la qualité physicochimique, microbiologique et organoleptique d'un yaourt étuvé au cours de la conservation.

Notre travail a été réparti en deux parties essentielles:

1. Partie bibliographique portant sur des données générales sur l'espèce étudiée (*Mentha Piperita* L.), ainsi que des généralités sur le yaourt.
2. Partie expérimentale où sont rapportés le matériel et les méthodes utilisées, les résultats obtenus, leur discussion et finalement une conclusion.

Les objectifs escomptés à travers cette étude expérimentale s'articulent autour de 2 points essentiels :

- a. Procéder à une extraction aqueuse par macération des principaux composés bioactifs de *Mentha Piperita* L.
- b. Des essais d'incorporation de l'extrait aqueux dans la fabrication d'un lait fermenté type yaourt étuvé ont été ensuite entrepris en vue de suivre sa stabilité et sa qualité durant 21 jours de conservation au froid à 4 °C.

Partie 1 : Etude bibliographique

Chapitre I: Généralités sur la menthe poivrée

Chapitre I : Généralités sur la menthe poivrée

1. Historique :

Les menthes sont réputées pour leurs saveurs affirmées, les menthes sont utilisées en cuisine, pour préparer des infusions ou comme plante médicinale. Le genre *Mentha* fédère comporte environ 25 espèces, mais au moins 2000 variétés, obtenus ayant à la flaveur d'hybridation, sont connues (**Delachaux et niéslés, 2013**).

« Menthe » est la francisation du latin *mentha* qui désigne «mentha » chez les romains et «mentha ou minthé» chez les grecs (**François, 2012**). Le nom grec de la plante signifie l'odeur douce (**Delachaux et Niéslés, 2013**). Les Grecs et les Hébreux l'utilisés comme tabac à fumer tandis que les romains en mettaient dans leur vin et sauces. Leurs femmes mâchaient une pâte renfermant de la menthe et du miel pour masquer l'odeur de vin qu'elles buvaient en cachette ; à l'époque la loi punissait de mort celles qui useraient d'un breuvage réservé uniquement aux hommes et aux dieux.

Toutes les menthes sont odorantes et peuvent être employées comme les menthes des champs pour parfumer les chambres; mais la puissance et la qualité de leurs parfums varie d'une espèce à l'autre. Selon **Eberhard et ses collaborateurs (2005)**, différentes espèces sont employées pour leurs propriétés aromatiques:

- *Mentha pipérита* L.*nm pipérита* : la menthe poivrée
- *Mentha spicata* L. *emend* L .*var crispa BENTH* : la menthe cripue
- *Mentha pulegium* L. : la menthe pouliot
- *Mentha citrate EHRH.* : la menthe bergamote
- *Mentha suaveolens EHRH.* : la menthe a feuille rondes.

2. Définition :

La Menthe poivrée (*Mentha piperita* L.) appartient à la famille des Labiateae et est originaire des régions méditerranéennes. Il est largement cultivé dans le monde et est une Menthe hybride ; un croisement entre la Menthe aquatique (*Mentha aquatica*) et la Menthe verte (*Mentha spicata*). La plante, indigène à l'Europe, est maintenant répandue dans la culture dans toutes les régions du monde. Il est parfois trouvé sauvage avec ses espèces parentes.

La menthe poivrée a été décrite pour la première fois en 1753 par Carolus Linnaeus à partir de spécimens recueillis en Angleterre; il l'a traité comme une espèce, mais il est maintenant universellement accepté d'être un hybride (**Moghtader, 2003**).

3. Description botanique de l'espèce :

La menthe poivrée est une plante indigène cultivé de la famille des labiées, herbacée a végétation vigoureuse, son odeur pénétrante spéciale et une saveur aromatique, brûlante mais laisse une sensation de fraîcheur (**Hammami et Abdesselem, 2005**).

Plante vivace par son rhizome vigoureux formant de longs stolons traçants ; les uns aériens ; les autres souterrains. Les tiges pouvant atteindre 90cm d'hauteur, sont noueuse, quadrangulaire, souvent striées de violet foncé. Certains portent à leur partie supérieure des poils dressés en arrière, d'autres sont glabre. Des pousses latérales prennent naissance dans l'axe des feuilles.

Les feuilles sont opposées, écartées presque sur un plan horizontal, toujours pétiolées. Leur limbe est allongé a ovale ou lancéolé de trois à neuf centimètre de long, poilu ou non, au bord denté en scie ou crénelé. Elle dégage par un frottement une forte odeur aromatique.

Les fleurs sont regroupées en épis terminaux, allongée et cylindrique, très denses, généralement interrompus à la base, elle comporte un calice gamosépales, faiblement velu, termine par 5 dents lancéolé acuminées non concaves. Le tube du calice est parcouru longitudinalement par 5 ou 13 nervures principales, une corole en forme d'entonnoir presque régulier formé de quatre lobes de couleur rouge pale a rose-violet, quatre étamines saillante de taille identique, écarté l'une de l'autre et dépassant de la corole, un ovaire super formé de 2 loges biovulées ,les fruits sont des tetrakéne ovoïde et arrondi au sommet, renfermant 4 graine d'environ 2 mm de long et de couleur brun marron, la plupart des graines avorte car les cultivars sont généralement stériles. La floraison a lieu de juillet à septembre **(François,2012)**.

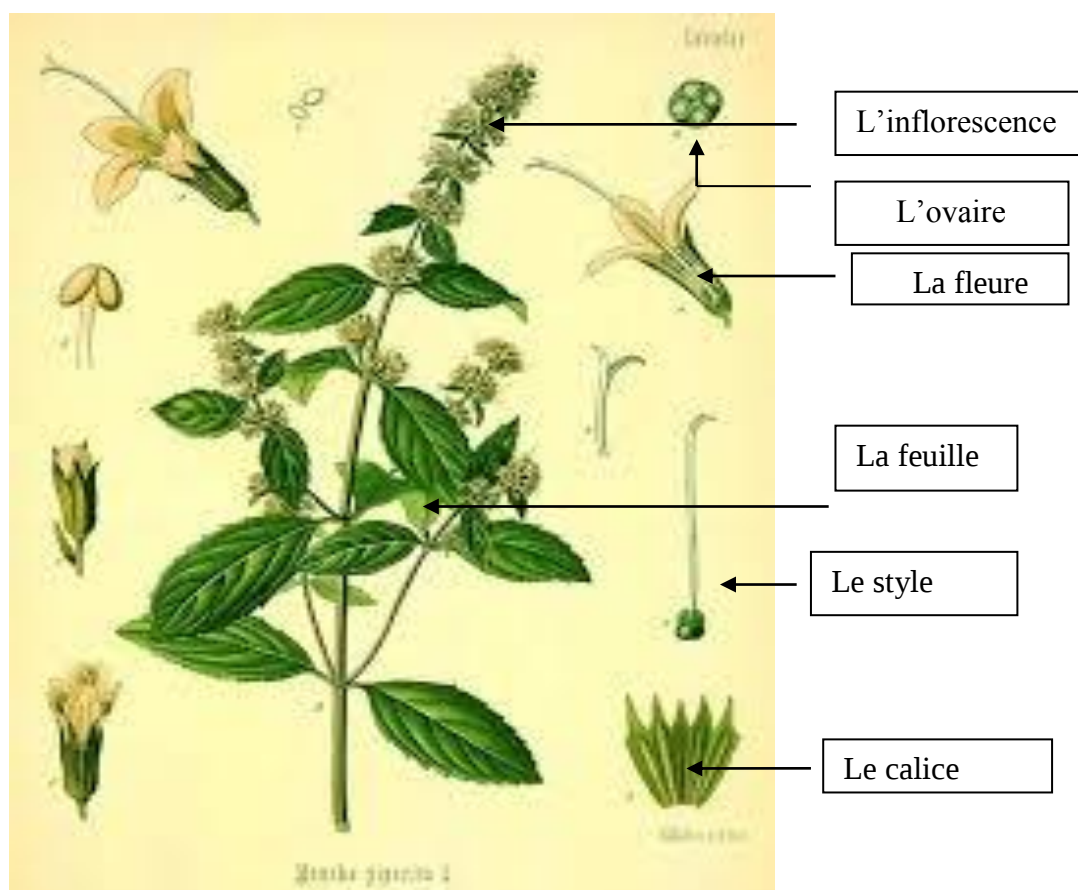


Figure 1. Morphologie de la menthe poivrée (Korichi, 2006)

4. Pays d'origine :

La menthe poivrée est originaire du Moyen-Orient. Elle a été trouvée comme des feuilles séchées dans les pyramides égyptiennes datant du premier millénaire av .J.C (**Iserin, 2001**).

La menthe poivrée est originaire de l'Inde. Elle est cultivée en Europe centrale et du Sud (fin du 19^{ème} Siècle), Amérique du Nord et du Sud (à partir de 1825), de l'Asie, Afrique du Nord et elle est retrouvée de nos jours presque dans tous les pays du monde entier. Elle e à l'état st rencontrée sauvage dans toute l'Australie, l'Amérique du Nord et en Europe (**Charles, 2013**).

La menthe a été reconnue et décrite en 1696 au environ de Londres à Mitcham, où cet hybride est apparu d'où son deuxième nom : menthe anglaise. Elle est originaire de l'Angleterre, cultivée dans nos régions de l'herboristerie et de la distillerie ; cependant, on la rencontre rarement à l'état spontané (**Hammami et Abdeselem, 2005**).

5. Noms vernaculaires :

La menthe est connue de part le monde sous plusieurs noms vernaculaires dont :

- En Afrique : - Arabe : nânâ folfoli (نعناع فلفلي).
- En Europe : - Anglais : Peppermint - Espagnol: Hierbabuena, Menta, Piperita
 - Portugais: Menta - Français : Menthe anglaise, Menthe poivrée, Sentebon
 - Allemagne: Pfefferminze - Italie: Menta piperita
- En Asie : - Inde : Pudina, Pudinha - Chine : Ara nae, bai sa, ra naie saranae (**Hammami et Abdeselem, 2005**).



Figure 2. La menthe poivrée (**Amara, 2018**)

6. Classification botanique :

Selon **Bruneton 1999** ; La classification de la Monthe Poivrée est comme suit :

- Règne : Plantae
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Sous classe : Gamopétales
- Ordre : Sympetales
- Famille : Lamiaceae
- Genre : *Mentha*
- Espèce *Mentha x pipérita*.

7. Composition :

7-1. Composition chimique :

La Menthe poivrée est riche en acide phénolique (7%) dont des dérivés de l'acide caféique.

Des extraits réalisés avec différentes parties de la menthe poivrée ont montré la diversité et la richesse en plusieurs constituants tel que : Flavonoïdes (lutéolme, menthoside, hétéroside d'apégénine, diosmétine, lutéoline, éridictiol, notamment l'ériocitrine), Tocophérols, Azulènes, l'acide rosmarinique, des Terpènes, des caroténoïdes, des tanins (Dérivés d'acide hydroxycinnamiques) et huile essentielle (**Charles, 2013**).

Les huiles essentielles représentent de 1 à 3 % de la masse de la matière sèche de la partie aérienne de la plante, Leur principaux constituants est menthol (29-50%), menthone (16- 25%), de l'acétate de menthyle (pas plus de 5%), isomenthone (de 10 à 15%), menthofurane, et pipéritone. Elle contient également de 1 à 5% limonène et cinéole (de 3 à 8%). (**Bruneton, 1999**).

7-2. Composition nutritionnelle :

Le (**Tableau 1**) donne un aperçu succinct sur la composition en principaux nutriments de la menthe poivrée.

Tableau 1. Quantité moyenne en nutriments pour 100 g net de menthe poivrée (**Ciquel 2017**)

Composants	Quantités
Protéines	3.54 g
Lipides	0.84 g
AGS	0.22 g
Glucides	5.3 g
Fibres	7.4 g
Vitamines	30 mg
Minéraux et oligo-éléments (Potassium, calcium, fer, magnésium...)	860 mg

8. Propriétés pharmacologiques :

La saveur aromatique de la menthe poivrée provoque une stimulation réflexe des sécrétions salivaires, gastriques et biliaires d'où ces propriétés apéritives et digestives des extraits

hydroalcooliques et les huiles essentielles inhibent les spasmes induits par l'acétylcholine, l'histamine la sérotonine et la substance P, de façon similaire à l'atropine (modèle d'intestin isolé de cobaye) (Eberhard et al., 2005).

8-1. Effets antioxydants :

La capacité antioxydant de la menthe poivrée a été étudiée par plusieurs chercheurs dans le monde en utilisant un certain nombre de méthodes de dosage différentes.

Zheng et Wang (2001) ont étudié la capacité antioxydante (capacité radicalaire d'absorption d'oxygène ORAC) d'une solution aqueuse des feuilles fraîches préalablement congelées de 39 plantes médicinales et culinaires dont *Mentha pipérita* L : dans les analyses des plantes médicinales étudiées, la menthe poivrée a présenté des capacités plus élevées (15,85 $\mu\text{mol TEq/g}$).

8-2. Effets insecticide :

L'effet insecticide de l'huile essentielle extraite de la plante aromatique *M. piperita* L., contre les larves les adultes d'*Aedes aegypti* (Ae. Aegypti) a été réalisé par Kumar et ses collaborateurs. Les résultats ont montré que l'huile essentielle extraite de *M. pipérita* possédait une excellente efficacité larvicide contre les vecteurs de la dengue. Les tests biologiques ont montré une valeur de CL50 et CL90 de 111,9 et 295,18 ppm, respectivement après 24 heures d'exposition. La toxicité de l'huile a augmenté de 11,8% quand les larves ont été exposées à de l'huile pendant 48 h. Aussi les propriétés répulsives d'huile essentielle de *M. pipérita* est remarquables contre les adultes Ae. aegypti. L'application de l'huile conduit à une protection de 100% jusqu'à 150 min (**Kumar, 2011**).

Dans une autre étude, les extraits d'hexane et d'éthanol de huit plantes aromatiques et médicinales dont *M. pipérita* L. ont été testés pour leur effet insecticide contre les ravageurs coléoptères de produits stockés : *Oryzaephilus surinamensis* L. (Silvanidae), *Rhyzopertha dominica* F. (Bostrichidae) et *Sitophilus zeamais* Mots. (Curculionidae). Les résultats n'ont enregistré qu'aucune trace d'activité insecticide de la plante contre les genres testés (**Moreira, 2007**).

8-3. Effets antimicrobiens :

L'extrait de la menthe poivrée a été testé pour ses propriétés antimicrobiennes contre 21 micro-organismes pathogènes pour l'homme et les végétaux. Elle s'est avérée présenter une forte inhibition face aux micro-organismes pathogènes pour les plantes, tandis que les agents pathogènes humains ont été que modérément inhibés. Le Menthol, le principal constituant de l'extrait de la menthe poivrée, a été jugé responsable de la propriété antimicrobienne des extraits (**Isca, 2002**).

En outre, (**Yadegarinia, 2006**) ont trouvé que l'extrait de la menthe poivrée a possédé d'excellentes activités antimicrobiennes contre *E. coli*, *Staphylococcus aureus* et *Candida albicans* avec des diamètres des inhibitions (31,11 11,67 et 90 mm) respectivement L'activité antibactérienne de 15 échantillons des extraits des plantes d'origine Slovaque dont *Mentha pipérita* L. ont été testées par la méthode de diffusion sur disque contre les genres de *Clostridium* (*Clostridium butyricum*, *Clostridium hystoliticum*, *Clostridium intestinale*, *Clostridium perfringens* et *Clostridium ramosum*). Les résultats ont montré que *M.pipérita* possède de pouvoir modéré contre les souches testées (**Kačániová, 2014**).

De façon générale, il a été observé une diversité d'actions toxiques des extraits sur les bactéries comme la perturbation de la membrane cytoplasmique, la perturbation de la force motrice de proton, fuite d'électron, la coagulation du contenu protéique des cellules, et l'inhibition de la décarboxylation des acides aminés. Les extraits peuvent inhiber aussi la synthèse d'ADN, ARN, des protéines et des polysaccharides. Le mode d'action des extraits dépend en premier lieu du type et des caractéristiques des composants actifs (**Bakkali et al ., 2014**).

8-4. Activité antifongique :

Dans le domaine phytosanitaire et agro-alimentaire, les plantes médicinales et leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant les denrées alimentaires (**Desam et al ., 2017**).

Les extraits les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques sont obtenue surtout des plantes suivantes (Menthe, Thym, Lavande, Romarin...) et ceci étant donnée leurs grande richesse en composés phénoliques (**Gow et al., 2017**).

9. Culture :

9-1. Cycle de végétation de la menthe poivrée :

a) Multiplication végétative : Le cycle commence par la germination, les feuilles trifoliées apparaissent ensuite, une nouvelle tige se développe et les premiers nœuds commencent à se former.

b) Phase reproductrice : La production de menthe est relativement facile, il suffit de diviser les pieds, ceux –ci produisant des stolons est une tige rampante, dont l'extrémité produit un bourgeon s'enracinant, qui donne à son tour naissance à un autre pied de menthe

La menthe poivrée fait l'objet d'une grande culture, la plantation en mars- avril en pépinière, repiquage sur place en mai .division de souche au printemps, s'accommode de la culture en pots sur un balcon .récolte au fur et à mesure des besoins .Séchage des feuilles puis conservation au sol (**Nessman, 1994**).

La récolte de la menthe poivrée s'effectue par fauche avant la floraison, on la coupe à la fois de préférence le matin dès que la rosée disparu. On peut réalises deux récolte par ans, une en juin, l'autre en septembre, mais la première est de meilleure qualité. Le rendement à l'hectare de la culture peut atteindre de 2,5à3t de plante entière .A la distillation, il est possible d'obtenir de 80à100 kg d'essence par hectare. La récolte mécanisée à lieu au début de la période de floraison (**Bruneton, 1999**).

Le produit de la récolte est grossièrement hachée, puis les feuilles sont séparé des tiges par ventilation ou tamisage, dans les cultures à échelle familiales, les feuilles et les tiges feuillées portant 3 pair de feuille supérieurs sont cueillies manuellement, elle sont séchées à des température maximale de 42°C dans des tunnels de séchage et pour une consommation personnel, les feuilles fraîches sont récolté juste avant leur emploi (**Eberhard et al., 2005**).

Les feuilles fraîches peuvent être conservées quelques jours dans les sacs en plastiques aux réfrigérateurs, ou être congelées dans des bacs à glaçons. Les feuilles séchées peuvent être stockées

au frais, dans des récipients hermétiques (en porcelaine, en verre ou en métal), qui les protègent de l'humidité et de la lumière (**Eberhard et al., 2005**).

9-2. Exigence de la culture de la menthe poivrée :

a) Photopériodisme :

Le photopériodisme modifie la morphologie et la production de la matière sèche, les durées d'éclairement croissantes provoquent un allongement des feuilles au détriment de leurs largeurs (**Guy, 1971 in Hnatyszyn et Guais, 1989**). La menthe poivrée exige une journée longue de l'ordre de 16 heures pour fleurir. La croissance végétative de la menthe est diminuée en période froide (photopériode inférieure à 10 heures et températures inférieures à 10° à 25°C, respectivement pour le minimum et pour le maximum) (**Mader, 2001**).

b) Température :

La sensibilité de la menthe à la température est accentuée par le caractère vivace de la plante. La plante entre en repos végétative pendant l'hiver, il est possible qu'elle ait besoin de froid. La température maximale de l'ordre de 30°C donne une croissance optimale (**Mader, 2001**).

Le thermopériodisme qu'il soit saisonnier ou journalier est l'un des moteurs du développement des végétaux, des températures trop faibles peuvent abaisser le niveau de photosynthèse (**Hnatyszyn et Guais, 1989**).

c) Sol :

Le système racinaire de la menthe est peu profond. Il exige un sol peu compacte, perméable et légèrement argileux. Sa culture réussit particulièrement bien dans le sol bien drainés à pH allant de 5,5 à 8 (**Patrick, 1985**).

La plante ne doit pas être cultivée après d'autres lamiacées (prévoir une interruption de culture au bout de 4 à 5 ans).

d) Altitude :

La menthe poivrée peut être cultivée en climat montagnard, tempéré, humide jusqu'à 900-1000m d'altitude et en climat montagnard méditerranéen à condition d'arroser pendant la sécheresse d'été (**Guilly, 1989**).

e) Fertilisation :

Le sol doit être riche en matière organique, et on doit faire des apports en engrais pour favoriser un bon redressement et obtenir un bon rendement d'une culture de la menthe poivrée, il faut y avoir l'importance des trois grandes éléments nutritifs : azote, phosphore et le potassium (**Mader, 2001**).

f) Irrigation :

La fréquence des arrosages dépend de la réserve utile en eau du sol. La menthe poivrée est une culture qui valorise l'eau, elle nécessite une grande quantité d'eau durant la saison de croissance soit

environ 1500mm/an (**Melvyn, 1980**). On irrigue chaque fois que les 10 premiers centimètres de profondeur sont secs.

9-3. Ennemis de la menthe poivrée :

a) Adventices :

La menthe supporte aux herbes qui n'influent pas sur la récolte et sa fertilité, pour les débarrasser il faut enlever les adultes à la main dès leurs apparitions.

b) Parasites :

Elle est sensible aux acariens, chenilles et nématodes, lorsqu'il y a L'humidité excessive, elle peut être sujette à l'oïdium, au mildiou et à la rouille (*Puccinia menthea*). La menthe éloigne pucerons noirs, fourmies, moustiques piéride du chou, puces et certains rongeurs (dont la souris).

9-4. Principaux pays producteurs :

Les principaux pays producteurs de la Menthe poivrée sont : les états unis, l'inde l'Europe (en France à Milly et dans le Maine et Loire) le Canada, le Chili, l'Argentine, le Brésil, l'Australie, le Japon et certains pays d'Afrique (Kenya, Tanzanie et Maroc)

10. Utilisation :

10-1. Utilisation thérapeutique et traditionnelles :

La menthe poivrée est considérée comme l'une des plantes les plus consommées dans le monde et connue par son utilisation comme thé ou tisane. Elle est largement utilisée en thérapeutiques grâce aux nombreuses propriétés.

a) Trouble digestive :

La menthe poivrée est excellente pour le système digestif, elle stimule la sécrétion des sucs digestifs et de la bile, et décontracte les muscles intestinaux. Elle atténue nausées, ballonnements et colites .son action antispasmodique sur le colon est efficace en cas de diarrhée, comme en cas de constipation (**Youcef ,1990 ; Iserin, 2001**).

b) Douleur :

La menthe est utilisée pour soulager les maux de tête, traite les parasites de la peau (démangeaisons cutanées). Elle traite l'inflammation des voies respiratoires et de la muqueuse buccale, soulage les symptômes du rhume et de la toux, les douleurs Rhumatismales musculaireet névralgiques (**Hammami et Abdesselem, 2005**).

c) Infection :

L'utilisation de l'huile essentielle diluée en inhalation ou message légers sur la poitrine, en cas d'identifications bronchique (**Iserin, 2001**)

10-2. Utilisation commerciale :

La menthe poivrée est importante en utilisation industrielle comme aromatisant aussi bien pour les produits médicamenteux que pour ceux de la parapharmacie et de l'hygiène.

L'industrie agro-alimentaire est le principale consommateur, C'est un d'excellent condiment, que ce soit tel quelle, crus, hachée dans les salades, les salades de fruits, les potages froids, les yaourts et les produits laitiers ou dans divers plats ou bien sous forme de sauce à la menthe **(François 2009)**. Aussi utilisée en : liquoristerie (liqueur, sodas, sirops à diluer), confiserie (bonbon et sucre cuits, pâtes à mâcher, chocolat)

Autres emplois : industrie de tabacs, utilisation des huiles essentielles en cosmétique (dentifrice, bain de bouche produit après rasage, lotion corporelle ...etc.) et en parfumerie. 90% de la production mondiale d'essence de menthe poivrée est produite par les USA **(Hammami et Abdesslem, 2005)**.

11. Toxicologie :

Aux doses usuelles, la consommation des parties aériennes de la menthe poivrée comme condiment ou en tisane, ne présente aucun risque de toxicité ni aigue ni chronique. Cependant, de très fortes doses des huiles essentielles peuvent conduire à des céphalées, des aigreurs d'estomac, de la bradycardie et des tremblements musculaires de l'ataxie. Le potentiel de sensibilisation de la menthe poivrée est faible, mais des réactions allergiques ont parfois été observées après absorption des huiles essentielles. Le menthol et le thymol sont considérés comme allergènes **(Eberhard et al., 2005)**.

Les préparations contenant du menthol ne doivent pas être étalées sur le visage des nourissants et des jeunes enfants.

Chapitre II : Généralités sur le yaourt

Chapitre II : Généralités sur le yaourt.

1. Histoire :

Originaire d'Asie, le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) vient de « yoghurmark », mot turc signifiant « épaissir » (**Tamime et Deeth, 1980**).

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

Traditionnellement, c'est le yaourt dit « nature » et ferme qui constituait l'essentiel des productions de laits fermentés. Dans les années **1960-1970**, sont apparus les produits sucrés puis aromatisés et aux fruits. Actuellement, ils sont majoritaires sur le marché.

L'apparition du yaourt brassé a constitué une autre étape importante de la commercialisation des laits fermentés. En outre, le développement commercial des produits probiotiques est important et correspond à une demande du consommateur (**Brule, 2003**).

Les mots "yaourt" et "yogourt" sont entrés dans "Le Petit Larousse" en 1925.

2. Définition du yaourt :

D'après le codex alimentarius, le yaourt est un produit laitier coagulé par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition de substance (lait en poudre, poudre de lait écrémé, les protéines lactosériques concentrées ou non, la caséine alimentaire...), les microorganismes du produit final doivent être viables et abondants (**Mahaut et al., 2005**).

3. Réglementation du yaourt :

Les critères pris en compte par le codex alimentarius et la F.I.L dans la réglementation du yaourt sont les suivants:

- Dénomination du produit: elle varie selon les langues, mais les termes les plus utilisés sont « yoghurt », « yoghurt » ou « yaourt ».
- Le type de produit: il est défini souvent en fonction de teneur en matière grasse ou de l'adjonction éventuelle d'ingrédients (yoghourt partiellement écrémé ou maigre, yoghurt écrémé, le yoghurt sucré et le yoghurt nature).
- Le type de ferment utilisé: La dénomination « yaourt » nécessite l'utilisation obligatoire et exclusive des deux ferments caractéristiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *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 bactéries par gramme apportés 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...etc.
- Ingrédients non laitiers: une multitude d'ingrédients peut être incorporée dans le yaourt. Il peut s'agir par exemple de fruits sous différents forme (purée, jus, pulpe, sirop...etc), 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 4,5 ou 4,6.
- Taux de matière grasse: Il doit être minimum, inférieur à 3% dans le cas des yaourts (nature sucre ou aromatisé) compris entre 0,5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémé et 0,5% dans les yaourts écrémés.
- Teneur en protéines: elle est égale à 2,8% dans le produit fini (**Luquet et carrieu, 2005**).
- Structure et comportement rhéologique des yaourts : La transformation du lait en yaourt s'accompagne de la mise en place d'une structure complexe et d'un changement important des propriétés rhéologique en passant d'un liquide à un gel viscoélastique à destruction non réversible (**Lamoureux, 2000**).

4. Qualités du yaourt :

4-1. Aspects physico-chimiques :

D'après **Laurence et Cohen, 2004**, la composition du yaourt est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 2. Composition physico-chimique du yaourt (**Laurence et Cohen, 2004**).

Caractéristiques	Compositions
Protéines	4%
Lipides	0-4g
Cholestérol	15mg
Glucides	5-18%
Lactose	3%
Calcium	155-200mg (17 à 24%)
Vitamines	A, D, B (B2, B12)
Teneur en matière sèche laitière	10-16%
PH	4,5
Acidité titrable	80°D à 120°D (selon le type)
Calorie pour 100g	90 Kcal

La masse des bactéries représente 1g pour 125g de yaourt ou de lait fermenté (**Megalla et Hafez, 1984**).

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

4-2. Qualité nutritionnelle du yaourt :

En plus de l'appréciation pour son goût et sa texture, le yaourt est aussi apprécié pour sa valeur nutritionnelle remarquable (**Tableau 3**).

Tableau 3. Apports des différents yaourts pour un pot de 125g (**Romain ,2008**).

	Yaourt nature au lait écrémé	Yaourt nature maigre	Yaourt nature au lait entier	Yaourt maigre aux fruits	Yaourt au lait écrémé et aux fruits	Yaourt au lait entier et aux fruits	Yaourt aromatisé au lait écrémé sucré
Protéines (g)	5,4	5,6	5,2	4,5-5	4,6	4	4,8
Lipides (g)	1,5	0,3	4,3	0,3	1,3	3,3	1,3
Glucides (g)	6,2	6,5	6,2	13,7-22,5	21,2	23,7	17,5
Calcium (mg)	185	185	194	175	175	175	175
Kilocalories	60	51	84	75-106	115	140	101
Kilojoules	251	213	351	313-443	481	585	422

4-3. Qualités organoleptiques :

L'analyse sensorielle est demeure aujourd'hui une approche indispensable à l'évaluation de la qualité d'un produit alimentaire, étroitement associée à la caractérisation des propriétés physico-chimiques, elle peut être un outil d'accéder à la maîtrise de la qualité et la formulation des produits transformés :

➤ Fermeté: Le maintien d'une texture et d'une dureté uniformes au cours de la fabrication et pendant toute la période de conservation est le principal objectif dans la production du yaourt. La fermeté du yaourt n'est probablement pas affectée au cours de la conservation (**Shakeel Hanif et al., 2012**).

➤ La saveur d'un yaourt est formée par des composants volatils par fermentation et / ou dégradation thermique de certains constituants du lait, un des composés aromatiques les plus importants dans le yaourt est l'acétaldéhyde, pour une saveur optimale dans le yaourt, la concentration en acétaldéhyde devrait se situer entre 23 et 41 mg / kg de yaourt (**Sahan et al., 2008**)

➤ Pour l'arôme du yaourt, l'acétaldéhyde est considéré comme le principal composé d'arôme, mais la 2,3 pentanedione, le dimethylsulfure, le limonène et l'undecanal ont également un impact. Par ailleurs, de nombreuses notes aromatiques supplémentaires peuvent être apportées au yaourt par ajout de composés d'arôme et de préparation de fruits. Le yaourt doit être consommé à environ 10°C, au dessous de cette température, le profil de la flaveur n'est plus apprécié à cause du froid

➤ La texture : est définie comme l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit, perceptibles par les mécanorécepteurs (**Paci kora, 2004**).

les différences de texture entre les yaourts sont attribuées au type du lait utilisé et leurs différences compositionnelles (**Shakeel Hanif et al., 2012**). En effet, un taux élevé de matière sèche totale augmente la fermeté de gel et réduit le degré de la synérèse (**Mohammed et al., 2004**).

✓ Synérèse: La synérèse ou la séparation spontanée du petit lait sur la surface du yaourt est considérée comme un défaut. Ce problème peut être réduit ou éliminé par l'augmentation du niveau des solides du lait à 15% (**Shah, 2000**).

✓ Viscosité: La viscosité du yaourt diminue progressivement pendant le stockage. Cette diminution est due à l'augmentation du temps de stockage (**Shakeel Hanif et al., 2012**). Elle se change en fonction de ferment utilisé grâce à leurs protéase ce qui implique le rôle des microorganismes en affectant la viscosité de yaourt (**Olivera et al., 1990**).

➤ Goût: La perte du goût du yaourt est le résultat du développement de l'acidité, l'oxydation de graisse ou la protéolyse des protéines (**Shakeel Hanif et al., 2012**). Les activités protéolytiques des bactéries lactiques peuvent avoir quelques effets nuisibles sur le lait fermenté. La production des peptides amers est en grande partie attribuée à la protéolyse par *Lb. bulgaricus* pendant le stockage (**Gursoy et al., 2010**).

4-4. Qualité hygiéniques :

Selon la norme nationale de 1998, N°34 parue au Journal Officiel, les yaourts ne doivent contenir aucun germe pathogène, le traitement thermique appliqué sur le lait avant fabrication du yaourt est suffisant pour détruire les micro-organismes non sporulés pathogènes ou non, leur présence dans le yaourt, ne peut être que de manière accidentelle, le pH acide du yaourt le rend hostile aux germes pathogènes, comme pour la plupart des autres germes indésirables, cependant, des levures et des moisissures peuvent se développer dans le yaourt, ces dernières proviennent principalement de l'air ambiant dont la contamination se situe au stade du conditionnement (**Larpent et Bourgeois, 1995**). En outre, un yaourt ne doit pas contenir des impuretés.

4-5. Qualité microbiologique :

Les bactéries lactiques thermophiles spécifiquesensemencées dans le lait doivent être trouvées vivantes dans le produit fini à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme de yaourt.

Les critères microbiologiques sont illustrés dans le tableau ci-dessous

Tableau 4. Critères microbiologiques du yaourt (Pierre, 2003).

Micro-organismes	Nbre de micro-organisme par ml
Coliformes totaux à 30°C	≤10
Coliformes fécaux à 44°C	≤1
Staphylococcus aureus	Absence
ASR	Absence
Levures et moisissures	≤ 10 UFC
Salmonella (dans 25g)	Absence

5. Différents types du yaourt :

Ils sont définis souvent en fonction de leur teneur en matière grasse, de leur technologie de fabrication ou de l'adjonction éventuelle d'ingrédients (différentes saveurs)

Tableau 5. Différents types du yaourt et leurs caractéristiques (Vignola, 2002).

	Types	Caractéristiques
a) Selon la teneur en matière grasse	• Yaourt entier	MG minimum 3%.
	• Yaourt partiellement écrémé	MG moins de 3% et plus de 0,5% .
	• Yaourt écrémé (maigre)	MG maximale 0,5.
b) Selon la technologie de fabrication	• Yaourt étuvé ou ferme	Ce sont des yaourts nature ou aromatisés, qui ont une texture ferme à surface lisse incubés et réfrigérés en pot.
	• Yaourt brassé	Il présente une texture presque fluide. Amène une consistance crémeuse après coagulation, incubation et refroidi avant le conditionnement. Ici l'ajout des fruits ou d'arômes est réalisé après refroidissement du lait fermenté.
	• Yaourt à boire	Similaire au type brassé mais dont le coagulum est réduit à l'état liquide avant conditionnement.
c) Selon les additifs alimentaires	• Yaourt aromatisé	Addition d'arôme.
	• Yaourt fruité	Addition de fruit.
	• yaourt light	Addition d'édulcorant sans sucre.

6. Matières utilisées pour la production du yaourt :

6-1. Lait frais :

Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée, il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum, c'est le produit de la sécrétion mammaire normale obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction d'élément (Dillon, 2005).

La principale matière pour la fabrication des yaourts est le lait de vache. Il est constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche contenant des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux (**Amellal-Chibane, 2008**)

6-2. Poudres de lait

L'industrie laitière en Algérie fonctionne essentiellement sur la base de matières premières importées, c'est-à-dire de la poudre de lait et de la matière grasse laitière anhydre. Sur le plan technologique, elle est fondamentalement un « processus de recombinaison » consistant en la réhydratation de poudre de lait à laquelle est associée de la matière grasse (**Amellal, 2000**).

Les poudres de lait sont définies par le codex « norme 207-1999 » comme « produits laitiers qui peuvent être obtenus par l'enlèvement partiel de l'eau du lait », le lait en poudre ou lait déshydraté ou lait sec est le produit obtenu directement par élimination de l'eau du lait, on répartit les poudres en trois groupes : La poudre de lait entier, la poudre de lait partiellement écrémé et la poudre de lait écrémé (**Jean-claude et al., 2002**).

Tableau 6. Composition des laits en poudre (en %) (**FAO, 2002**).

Composants	Lait en poudre entier	Lait en poudre partiellement écrémé	Lait en poudre écrémé
Matière grasses	26 – 40	1,5 – 26	≤ 1,5
Eau maximum	5	5	5

6-3. Eau :

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

6-4. Additifs :

Autres composés sont rajoutés au mélange afin d'améliorer les caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles ainsi que la consistance du produit fini. Ces composés comportent du sucre, arôme, épaississants...etc (**Gosta, 1995**).

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

Les fruits dans les yaourts sont apportés sous forme de préparations de fruits avec ou sans sucres ajoutés. Les agents de texture, incorporés dans la préparation de fruits, participent également à

l'amélioration de la texture des yaourts. Les fruits les plus consommés sont les fruits rouges et les fruits exotiques (Vignola, 2002).

6-5. Bactéries lactiques :

La fabrication du yaourt est due à la fermentation conjointe du lait par les deux souches *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* :

➤ *Streptococcus thermophilus* :

Streptococcus thermophilus est l'une des bactéries lactiques thermophiles, largement employé en tant que levain dans la fabrication de certains produits laitiers fermentés tel que le yaourt (en culture mixe avec *Lactobacillus bulgaricus*) et les fromages à pâte cuite (en culture mixe avec *Lactobacillus helveticus*), elle est connue par une forte production d'arôme tel que l'acétaldéhyde, et par sa capacité de produire de l'acide folique et des exopolysaccharides, *Streptococcus thermophilus* est la seule espèce non pathogène du genre *Streptococcus* (Hols et al., 2005 ; Delorme, 2008).

Streptococcus thermophilus est une Cocci, Gram positif, anaérobie facultative, non mobile. On la trouve dans le lait fermenté et les fromages, C'est une bactérie dépourvue d'antigène du groupe D, thermorésistante sensible au bleu de méthylène (0.1%) et aux antibiotiques. Elle est isolée exclusivement du lait et du produit laitiers sous forme de coques disposées en chaîne de longueurs variable ou par paires. Sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50 °C. Son métabolisme est du type homofermentaire. Elle est aussi résistante au chauffage à 60°C pendant 30 minutes (Affer, 2013 ; Dellaglio et al., 1994).

Le rôle principal de *Streptococcus thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de texture dans les laits fermentés. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (composés de galactose, glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnose, arabinose et de mannose) (Bergamaier, 2002)

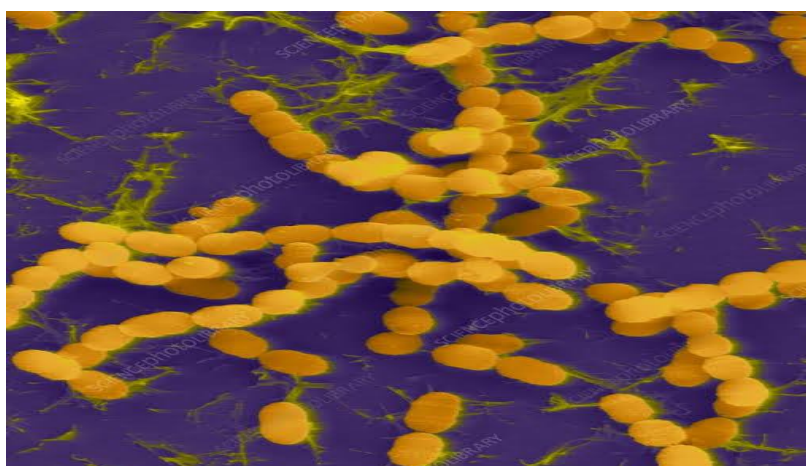


Figure 2. Aspect des cellules de *Streptococcus thermophilus* sous microscope électronique (Durso et Huktins, 2003).

➤ ***Lactobacillus bulgaricus* :**

Lactobacillus Bulgaricus est un bacille Gram positif, immobile, sporulée, micro-aérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chainettes. Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final à partir des hexoses de sucre par voie d'Embden Meyerhof. Il est incapable de fermenté les pentoses.

Lactobacillus bulgaricus est une bactérie thermophile, très exigeante en Calcium et en Magnésium et sa température optimale de croissance d'environ de 42°C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement de qualité organoleptique et hygiénique du yaourt (**Marty-Teyssset et al. ,2000**).

Cette bactérie peut ainsi occuper les sites d'attachement de certains pathogènes comme *Escherichia coli enteropathogénique* (EPEC) et *Escherichia coli enterohémorragique* (EHEC), souvent responsables des diarrhées chroniques chez l'enfant et des colites hémorragiques, elle possède une surface cellulaire plutôt hydrophobe ce qui lui confère la capacité à se lier non spécifiquement à la surface des cellules de l'hôte (**Sherman et al., 2005**).



Figure 3. Aspect des cellules de *Lactobacillus bulgaricus* sous microscope électronique (**Corrieu et Luquet, 2008**)

Ces deux bactéries lactiques tolèrent de petites quantités d'oxygène. Ceci peut être probablement relié au peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) qui est produit dans les cellules en présence d'air. Le système le plus efficace pour éliminer le peroxyde d'hydrogène est l'utilisation d'une enzyme, la catalase, dont les bactéries lactiques sont déficientes. Ces dernières possèdent plutôt une peroxydase qui est moins efficace que la catalase. Comme les bactéries lactiques n'éliminent pas facilement le peroxyde, elles sont dites microaérophiles (**Doleyres, 2003**)

Tableau 7. Principaux caractères de *S. thermophilus* et de *L. bulgaricus* (Corvi ,1997).

<i>Streptococcus salivarius subsp thermophilus</i>	<i>Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus</i>
- Croissance optimale (37- 42°C)	- Croissance optimale (42 – 47 °C)
- Ne se développe pas au-dessus de 20 °C	- limites de développement (15 – 52 °C)
- SE développe encore à 50 °C	
- supporte un chauffage de (30 min à 65 °C)	
- Homofermentaire, produit très peu de comp	-Homofermentaire, mais produit un
contribuant à l'arôme du yaourt (diac	d'acétaldéhyde responsable de l'arôme du yac
acétoine, acétaldéhyde)	-Production d'acide lactique D (-), jusqu'à
- Production d'acide lactique L (+) jusqu'à	concentration de 1 ,7 %.
concentration de (0.7- 0.8 %)	-Supporte sans difficulté un milieu acide PH
– Supporte un milieu acide pH = (4- 4.5)	.5).

6-5-1. Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt :

➤ Production d'acide lactique :

La production d'acide lactique est une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière car cet acide organique permet de concentrer et de conserver la matière sèche du lait en intervenant comme coagulation et antimicrobien (Schmid et al, 1994). Le métabolisme est du type homofermentaire (production exclusif de l'acide lactique).

L'acidité du yaourt est communément exprimée en degré Doronic (1°D= 0.1g d'acide lactique par 1 litre de lait). Elle se situe entre 100 et 130 °D (Loones, 1994).

L'importance de l'acide lactique durant la fabrication du yaourt peut se résumer comme suit :

- ✓ Il aide à stabiliser les micelles de caséines ce qui conduit à la formation du gel.
- ✓ Il donne au yaourt son goût distinct et caractéristique comme il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt (Singh Sudheer et al., 2006)
- ✓ Il intervient comme inhibiteur vis-à-vis des micro-organismes indésirables (Leory et al., 2002).

➤ Activité protéolytique :

Les bactéries lactiques sont dotées de protéolytique complexe par leur nature et leur location, car pour satisfaire leurs besoins en acides aminés, elles doivent dégrader les protéines du lait constituée de caséine et protéines sériques, leur système protéolytique est constitué de deux types d'enzymes distinctes : les protéases et les peptidases :

✓ *Lb. bulgaricus* possède des protéases localisée, pour l'essentiel ; au niveau de la paroi cellulaire. Cette activité protéasique permet d'hydrolyser la caséine en polypeptide

✓ *St. thermophilus* est considéré comme ayant une faible activité endopeptidasique. Elle dégrade les polypeptides par son activité exopeptidasique en acides aminés libres.

La température de croissance et le pH du milieu sont également des facteurs qui peuvent affecter le niveau de production d'enzymes (**Ghalem, 2014**)

➤ **Activité aromatique :**

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 dans une fermentation de type hétéro-fermentaire. Parmi ceux-ci :

✓ l'acide lactique confère au yaourt son gout acidulé.

✓ L'acétaldéhyde, qui provient en grande partie de la thréonine par l'action de la Théréonine-aldolase, joue un rôle essentiel dans ces caractéristiques organoleptiques recherchées. Sa production, due principalement au *lactobacille*, est augmentée lorsque ce dernier est en association avec le *streptocoque* qui en élabore de faibles quantités. L'acétaldéhyde peut provenir du pyruvate, soit par action du pyruvate décarboxylase ou par action du pyruvate déshydrogénase (appelée aussi pyruvate formate lyase).

✓ Le diacétyl contribue à donner un gout délicat qui est dû à la transformation de l'acide citrique, et secondairement, du lactose par certains souches de streptocoque. D'autres composés (acétone, acétone...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 (**Anonyme, 1995**).

Notons que la saveur caractéristique du yaourt, due à la production du diacétyl et de l'acétaldéhyde et qui est recherchée dans les produits type (nature), est en partie masquée dans les yaourts aromatisés.

➤ **Activité texturante :**

La texture et l'onctuosité constituent pour le consommateur d'importants éléments d'appréciation de la qualité du yaourt, certaines souches bactériennes produisent à partir du glucose des polysaccharides qui en formant des « filaments » limitent l'altération du gel par les traitements mécaniques et contribuent à la viscosité du yaourt.

L'augmentation de la viscosité du yaourt est en général attribuée à la production d'exopolysaccharide (EPS) qui, selon une étude portant sur plusieurs souches serait essentiellement composée de rhamnose, de arabinose, et de mannose, il est couramment admis que la production des exopolysaccharide est le résultat de l'action exercée par *Streptococcus thermophilus* (**Schmidt et al., 1994**).

Mais d'après **Tamime (1999)**, *Lb. bulgaricus* possède une aptitude à produire des EPS composés de galactose, glucose, rhamnose à des rapports de 4/1/1.

6-5-2. Comportement associatifs des deux souches :

Dans la pratique industrielle, les levains de bactéries lactiques ne sont jamais constituées d'une souche pure, mais du mélange plus ou moins complexes de souches d'espèces, le yaourt constitue un écosystème simple dont la fabrication repose sur les interactions symbiotiques entre les deux espèces de bactéries lactiques *Lactobacillus bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* (**Chaves et al., 2002**).

Streptococcus thermophilus et *Lactobacillus bulgaricus* se développent en association, appelée protocoopération, dans des cultures mixte ayant un intérêt à la fois d'ordre technologique et nutritionnel, ces bactéries, par leur activité acidifiante, ont un effet bénéfique du point de vue qualité hygiénique de produit, en parallèle, elles engendrent des produits secondaires qui contribuent à la qualité organoleptiques du yaourt, d'un point de vue nutritionnel l'activité fermentaire de ces espèces lactiques favorise une solubilisation des différents constituants du lait améliorant ainsi leur biodisponibilité (**Ngounou et al., 2003**).

7. Technologie de fabrication du yaourt :

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 (**Beal et Sodini, 2003**)

Les étapes de fabrication peuvent différer selon qu'on a affaire à un yaourt « étuvé » dont la fermentation se fait après conditionnement en pots et le yaourt « brassé », dont la fermentation se fait en cuve. Le coagulum obtenu dans ce dernier cas est brassé pour être rendu plus ou moins visqueux, puis conditionné en pots.

Le diagramme de production diffère selon le type de produit (yaourt ferme ou brassé) et présente des variantes selon sa teneur en matière grasses et son arôme

7-1. Règles d'hygiène

Pour éviter les contaminations, il est nécessaire d'appliquer des mesures d'hygiène rigoureuses :

- ✓ Respecter l'hygiène de la traite.
- ✓ Nettoyer et désinfecter régulièrement l'ensemble du matériel en contact avec le lait.
- ✓ Veiller à l'état de santé et à l'hygiène du personnel.

7-2. Réception du lait :

Le lait frais, collecté au plus tard 72 h après la traite, arrive en camion-citerne réfrigérés à l'unité de production, il est contrôlé lors de la réception, pompé et filtré pour éliminer les résidus solides (paille, feuilles, terre ...), puis stocké à froid (<5 °C) dans des tanks stériles, avec une double enveloppe permettant de maintenir le lait au froid (**Beal et Sodini, 2003**).

Il est généralement reconnu qu'on ne peut pas faire un produit de qualité avec une matière première de mauvaise qualité, dans cet esprit, il y a deux paramètres à respecter dès la

réception du lait : sa qualité microbiologique et physico-chimique qui permettent de procéder à la standardisation du mélange (**Lamontagne, 2002**). Il doit avoir une faible teneur en bactéries et

substances susceptibles d'empêcher le développement du levain du yaourt. Le lait ne doit pas contenir des antibiotiques et des bactériophages.

7-2. Standardisation :

Pour remédier aux variations naturelles de la composition du lait, en fabrication de yaourt, il est nécessaire de standardiser le lait en matière grasse et en matière protéique pour répondre aux spécifications nutritionnelles et organoleptiques des produits, et pour obtenir une qualité constante au cours de l'année (**Luquet et Corrieu, 2005**).

Pour cela, le lait est tout d'abord écrémé, puis mélange avec la crème dans les proportions souhaitées, en conséquence, le lait standardisé en matières grasses doit être enrichi en protéines laitières pour former un yaourt consistant et exempt de synérèse, les quantités de protéines ajoutées sont variables et dépendent de la texture recherchée, la fortification du lait de fabrication par de la poudre de lait écrémé(ajouter 2à3%) ou du lait concentré est la technique la plus largement répandue dans l'industrie (**Beal et Sodini, 2003**). Autres ingrédients peuvent être additionnés comme le sucre (maximum 12%) et les arômes.

7-3. Homogénéisation :

Le lait standardisé en matières grasses et enrichi en protéines, éventuellement sucré, constitue le mix de fabrication, l'homogénéisation a principalement des effets sur deux composantes du lait soit, les matières grasses et les protéines: elle permet de réduire la taille des globules gras. Cette opération est indispensable pour éviter la remontée des matières grasses pendant la fermentation, elle permet aussi d'augmenter la viscosité du yaourt et de réduire le phénomène d'exsudation de sérum (ou synérèse) pendant le stockage du yaourt ferme. Enfin, elle confère un aspect plus blanc au lait et, par conséquent, au yaourt (**Beal et Sodini, 2003 ; Luquet et Corrieu, 2005**)

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

7-4. Pasteurisation :

Le traitement thermique appliqué au mix vise à réduire la charge microbienne et à améliorer les propriétés physiques du yaourt (viscosité, capacité de rétention d'eau), son objectif est de dénaturer 80% de la fraction protéique sérique, soit totalement l' α -lactalbumine et la β -lactoglobuline, pour assurer une bonne texture du produit fini. Les barèmes de traitement thermique sont variables selon les installations : 30 min à 85°C, 5 min à 90-95 °C, ou 3 s à 115 °C. Le traitement le plus courant est un chauffage à 92 °C pendant 5 à 7 min, avec un débit de circulation compris entre 4 000 et 20 000 L/h .Le maintien du lait à 92 °C pendant 5 à 7 min est réalisé dans une section de chambrage située à l'extérieur de l'échangeur ;. Il s'agit de tubes en acier inoxydable, compactés à l'intérieur d'une cuve thermostat (**Beal et Sodini, 2003**).

7-6. Refroidissement :

Après chauffage, le lait est refroidi à 45°C cette température est maintenue lors de la fermentation (**Mechtoun, 2014**).

7-7. Ensemencement :

L'inoculation des deux bactéries lactiques dans le lait (45 °C) se fait à un taux assez élevé, variant de 1 à 7%, pour un ensemencement indirect à partir d'un levain avec un ratio *Streptococcus thermophilus*/ *Lactobacillus bulgaricus* de 1,2 à 2/1 pour les yaourts naturels, et pouvant atteindre 10/1 pour les yaourts aux fruits (**Mahaut et al., 2000**). L'ensemencement direct à partir de bactéries lactiques concentrées congelées se fait à des taux de l'ordre de 0,03%. Une bonne agitation est nécessaire pour rendre parfaitement homogène le mélange lait/ferment

En réalité, chaque fabricant travaille dans des conditions qui lui sont propres, en privilégiant plutôt l'impact de chaque association sur les caractéristiques finales du produit (**Beal et Sodini, 2003**), ces ferments sont commercialisés sous forme congelée (stockage à T° < - 40°C) ou lyophilisée (stockage à T° < 4°C) (**Luquet et Corrieu, 2005**).

7-8. Fermentation lactique :

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

La fermentation est réalisée soit en chambre chaudes après conditionnement en pots (yaourt étuvé), ou directement en cuve (yaourt brassé).

➤ Symbiose des souches :

Les deux espèces, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*, sont micro-aérophiles et vivent ensemble en symbiose dans le yaourt en produisant d'avantage d'acide lactique.

Pour se développer, ces bactéries ont besoin d'acides aminés et de peptides. Or, le lait n'en contient que de faible quantité permettant seulement d'assurer le démarrage de leur croissance. Sauf que le *Lactobacillus bulgaricus* par son activité protéolytique, attaque les caséines du lait en libérant les peptides permettant au *Streptococcus thermophilus* de poursuivre sa croissance. De plus le CO₂ issue de la décarboxylation de l'urée à un rôle stimulateur vis-à-vis des *Lactobacillus* (**Driessen, 1982**).

Bien que les deux souches puissent se développer indépendamment, le taux de production d'acide est beaucoup plus haut une fois utilisé ensemble que si l'une ou l'autre des deux se développent individuellement. Le *Streptococcus thermophilus* se développe plus rapidement et produit l'acide formique et le CO₂. Le formate et le CO₂ produits stimulent la croissance de

Lactobacillus bulgaricus. D'autre part, l'activité protéolytique de *Lactobacillus bulgaricus* produit les peptides stimulateurs et les acides aminés pour qu'ils soient utilisés par *Streptococcus bulgaricus*. Ces microorganismes sont finalement responsables de la formation de la flaveur typique et de la texture du yaourt. Le mélange de yaourt se coagule pendant la fermentation due à une baisse dans le pH de la préparation du yaourt approximativement à 5. Les *lactobacilles* sont responsables de la diminution à pH=4. Les produits issus de la fermentation contribuent à la saveur : acide lactique, acétaldéhyde, acide acétique et di acétyle.

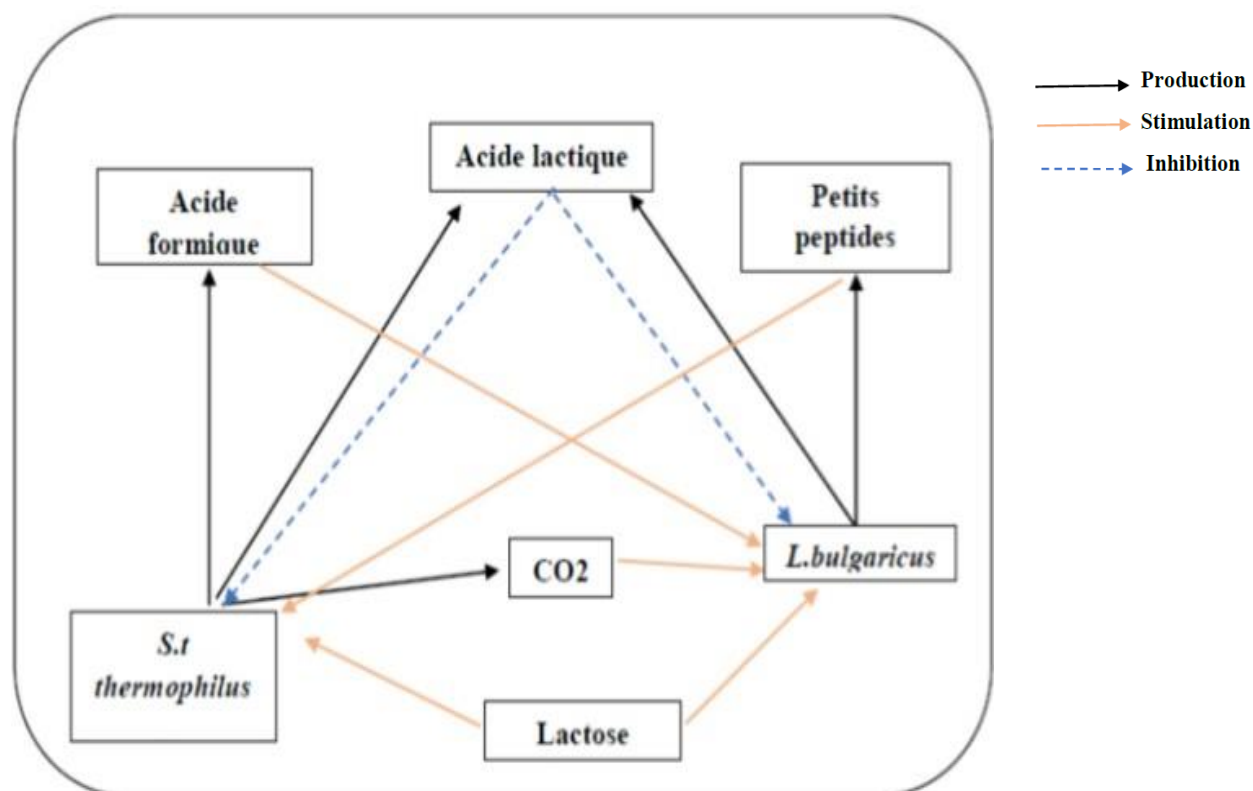


Figure 4. Interactions de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* en culture mixte dans le lait (Mahaut et al., 2000).

7-9. Arrêt de fermentation (Refroidissement) :

Lorsque le pH atteint une valeur comprise entre 4,7 et 4,3 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, 1999).

L'arrêt de la fermentation est réalisé lorsque l'acidité atteint un certain seuil (70-80°D) dans le cas des yaourts étuvés et (100 à 120°D) dans le cas du yaourt brassé. Dans le dernier cas un brassage est réalisé au préalable par agitation mécanique.

7-10. Conditionnement et stockage :

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

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

La conditionneuse assure à la fois :

- ✓ Le formage des pots à partir des films d'emballage ;
- ✓ Le remplissage et le dosage des pots (c'est à ce niveau que s'effectue l'ajout d'arômes) sous protection avec air filtré (hotte à flux laminaire) ;
- ✓ La fermeture hermétique des pots par thermo-scellage ;
- ✓ L'impression et le marquage de la DLC (28jours);
- ✓ Confection des pots.

8. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt sur la santé

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

- ✓ Protéines : 4 à 5%
- ✓ Lipides à un taux variable selon la nature du lait utilisé (entier, demi écrémé ou écrémé).
- ✓ Glucides : 5 à 20% selon qu'il soit nature ou sucré.

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications. Certaines de ces modifications en font un produit de meilleure valeur nutritionnelle que le lait **(Romain ,2008).**

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

➤ Amélioration de l'absorption du lactose :

Le lactose est l'élément le plus concerné par ces modifications puisque 30% du lactose est transformé en galactose et acide lactique par action des bactéries lactiques. La présence de

bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase **(Jeantet et al., 2008).**

Streptococcus thermophilus et *Lactobacillus bulgaricus* améliorent la digestion du lactose et réduisent les symptômes liés à l'intolérance au lactose (douleurs abdominales, ballonnements), plusieurs travaux ont montré que la lactase de bactéries lactiques participe à la digestion du lactose du yaourt (90%) chez les sujets déficients en lactase **(Guarner et al., 2008).**

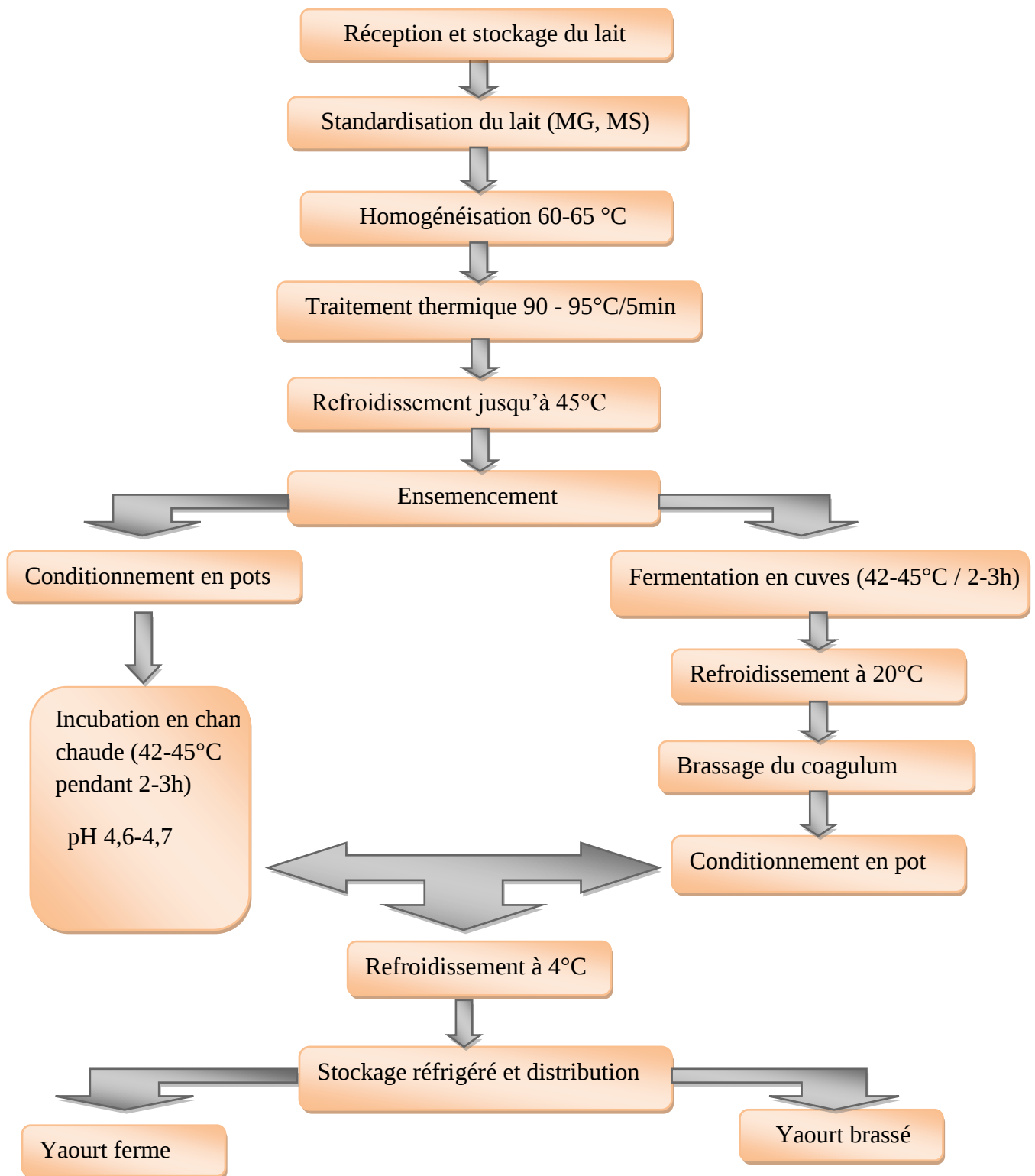


Figure 5 : Diagramme général de fabrication du yaourt ferme et du yaourt brassé (Lucey, 2004 ; Beal et al., 2008).

➤ **Amélioration de la digestibilité des protéines :**

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

➤ **Amélioration de la digestibilité de la matière grasse :**

Bien que l'activité lipolytique des bactéries lactiques, soit peu élevée, il y a une augmentation significative de la teneur en acides gras libres dans le yaourt. De plus l'homogénéisation améliore la digestibilité en augmentant la surface des globules (**Jeantet et al., 2008**).

➤ **Activité antimicrobienne :**

Le yaourt a un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales, son intérêt dans le traitement contre les diarrhées infantiles, a été démontré par (**Lucas et al., 2004**). En dehors de l'acide lactique. Les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes et des prébiotiques ; notamment des oligo-saccharides (**Driessen, 1981**). Leur pouvoir antagoniste résulte aussi de la production du peroxyde d'hydrogène et de bactériocines, limitant la croissance de certains germes pathogènes (**Tabak et Bensoltane, 2011**).

➤ **Activité anti-cholestérolémiante :**

La consommation de yaourt permet de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait (**Jeantet et al., 2008**). Des tests *in vitro* ont montré une réduction du taux de cholestérol dans un milieu de culture avec certains *Lactobacillus* (**Zhang et al., 2008**).

➤ **Stimulation de système immunitaire :**

Le yaourt a un effet immunorégulateur, son rôle dans l'augmentation de la production d'interférons et d'immunoglobulines et d'exciter l'activité des lymphocytes B. C'est attribué à *Lb. bulgaricus* (**Jeantet et al., 2008**).

➤ **Action sur les vitamines :**

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

➤ **Action préventive contre les cancers de la sphère digestive :**

La consommation de yaourt réduit les risques de cancer colorectal en particulier chez l'homme et peut prévenir le risque du cancer du colon en exerçant une activité anti-tumorale et ce en augmentant l'apposé, et peut aussi agir en diminuant les taux d'enzymes pro-carcinogéniques dans le contenu caecal, et peut réduire significativement le nombre de tumeurs (**Narushima et al., 2010 ; Pala et al., 2011**).

➤ **Prévention des maladies inflammatoires :**

Dans le cas de maladies inflammatoires de l'intestin telles que la maladie de Crohn ou les colites ulcéraives, l'administration de yaourt pendant la période de rémission prévient la récurrence de l'inflammation sans pour autant avoir des effets secondaires indésirables chez des souris (**Chaves et al., 2002**).

➤ Guérison des diarrhées :

Le yaourt diminue la durée de certains types de diarrhées, en particulier chez l'enfant, ces ferments régularisent l'activité intestinale et tendent à rétablir un équilibre bactérien favorable à la normalisation du tube digestif (Bouraa et al., 1990).

➤ Effet antigrippe :

Chez des souris, le yaourt, et plus particulièrement les exo-polysaccharides acides excrétés par *L. bulgaricus*, exerce un effet antigrippe (Nagia et al., 2011).

L'ensemble de ces données sur le yaourt mettent en avant ses atouts nutritionnels ainsi que les bénéfices de ses ferments sur la santé

9. Défauts et altérations du produit :

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

Tableau 8. Défauts de goût des yaourts (Luquet, 1985).

Nature	Cause
Amertume	-Trop longue conservation -Activité protéolytique trop forte des ferments. -Contamination par des germes protéolytiques
Goût de levure, d'alcool ou de moisi	-Contamination par des levures. -fruits de mauvaise qualité (moisissures) pour yaourts aux fruits.
Gout plat, absence d'arôme	-Mauvaise activité des levains (déséquilibre de la (trop de streptocoques), incubation trop courte ou basse température). -Teneur en matière sèche trop faible.
Acidité trop forte ou insuffisante	dépend de la composition, du taux d'ensemencement, l'activité des ferments, de la présence ou d'inhibiteurs ou de bactériophages, de la conduite fermentation (T/t) et des vitesses de réfrigération (postacidification).
Rancidité	-Contamination par les germes lipolytiques Traitement thermique trop faible
Goût farineux de poudre	-Poudrage trop poussé
Goût oxydé	-Mauvaise protection contre la lumière (pots en verre) -Présence de métaux catalyseurs d'oxydation (cuivre)
Goût aigre	-Mauvais conduit des levains -Contamination par flore lactique sauvage -coliformes
Goût de cuit	-Traitement thermique trop sévère (réaction Maillard)
Goût gras	-Teneur en matière grasse trop élevée.

Tableau 9. Défauts de Texture des yaourts (Luquet, 1985).

Nature	Causes
Déculottage	-Agitation ou vibration pendant le transport faisant à un refroidissement mal conduit en chambre f (pour le yaourt ferme).
Manque de la fermeté pour un yaourt étuvé	-Ensemencement trop faible, -Mauvais incub (temps et ou température trop faible) agitation complète coagulation. -Matière sèche trop faible
Trop filant	-Mauvais ferment (trop filant) -tempér d'incubation trop faible.
Texture sableuse	-Chauffage du lait trop important, -Homogénéisation à température trop élevée, -Pou trop fort. -Mauvais brassage. -Acidification irrégulière et trop faible.
Texture granuleuse	-Mauvais brassage, -Teneur en MG trop élev Mauvais choix des ferments

Tableau 10. Défauts d'apparence des yaourts(Luquet, 1985).

Nature	Causes
Décantation et synérèse	-Suracidification ou postacidification - une cinétique de refroidissement trop lente -Température trop élevée pendant le stockage. - Conservation trop longue admission exagérée (pour le yaourt brassé) -Mauvaise adjonction des fruits ou des pulpes de f Les contraintes mécaniques (agitation, vibratio transport).- Teneur en MS trop faible
Couche de crème	homogénéisation est insuffisante ou absente
Production de gaz	Contamination par des levures et des coliformes
Colonies en surface	Contamination par des levures et des moisissures
Produit sur le couvercle	Mauvaise manutention
Produit non homogénéisé	Mauvaise agitation dans le cas des yaourts aux fruit

Partie 2 : Méthodologie Expérimentale

Partie 2 : Méthodologie Expérimentale

1. Objectifs :

Beaucoup d'études ont été réalisées au sujet de l'activité antimicrobienne des extraits des plantes ayant des vertus thérapeutiques. Ces activités sont liées essentiellement à la composition chimique, aux groupes fonctionnels des composés majoritaires de ces extraits et à leurs effets synergiques.

La menthe poivrée est l'une des plantes les plus largement utilisées en thérapie traditionnelle grâce aux nombreuses propriétés. Ces effets antibactériens et antioxydants présentent un grand intérêt pour l'industrie alimentaire, permettant de retarder la dégradation lipidique tout en améliorant la qualité et la valeur nutritionnelle des aliments.

Cela nous a conduit à poser la question suivante : « quel effet peut avoir l'utilisation du l'extrait aqueux de *Mentha piperita* L comme adjuvant sur la qualité d'un produit laitier (le yaourt par exemple) et sur la croissance des ferments lactiques tels que les *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* qui présentent des intérêts variés (industriel et nutritionnel) » ?

D'une façon générale les objectifs escomptés à travers cette étude expérimentale s'articulent autour de 2 points essentiels :

- 1- Procéder à une extraction aqueuse par macération des principaux composés bioactifs de la plante *Mentha Piperita* L.
- 2- Des essais d'incorporation de l'extrait aqueux dans la fabrication d'un lait fermenté type yaourt étuvé ont été ensuite entrepris en vue de suivre sa stabilité et sa qualité durant 21 jours de conservation au froid à 4 °C.

2- Région de prélèvement du matériel végétal :

L'espèce végétale « la menthe poivrée» (***Mentha pipérita* L**) utilisée dans cette expérimentation a été récoltée durant le mois de septembre dans la région de « Ouargla » au sud Est d'Algérie.

Un échantillon de 1 à 1.25 kg pris uniquement de la partie aérienne de l'espèce étudiée a été récolté aléatoirement dans une station d'étude propre à la région expérimentale et relevant de l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITIDAS- Hassi Ben Abdallah) où elle est cultivée traditionnellement sous palmeraie (La région se trouve à 134m d'altitude et possède comme coordonnées géographiques 31°57'N de latitude et 5°9'E de longitude).

3. Matériels :

3.1. Appareillage et verrerie :

Les différents appareils et verreries utilisés sont :

Balance de précision, étuve, évaporateur rotatif, spectrophotomètre UV-visible, vortex, lyophilisateur, bain marie, réfrigérateur, pH mètre, viscosimètre, broyeur à lame, Bec Bunsen, Pipettes graduées, pissette, Bécher, Eprouvette, burette, Pipettes pasteurs, boîtes de pétri, tubes à

essai, bocaux en verre, papier filtre Wattman N°1, papier cellophane, papier aluminium, Gobelets jetables.

3.2. Produits chimiques :

Les produits chimiques utilisés pour les analyses physicochimiques et microbiologiques ont compté :

- **Contrôles biochimiques** : Acide gallique (AG), réactif de Folin-Ciocalteu (FCR), carbonate de sodium 75g/l (Na_2CO_3), quercetine, NaOH (5%), NaOH (1M), AlCl_3 (10 %).
- **Contrôles microbiologique** : Souches lactiques lyophilisées pures (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*), Gélose MRS, Gélose M17, eau physiologique, phénolphthaléine, Hydroxyde de sodium NaOH (1/9 N).

4. Méthodes :

4-1. Traitements préliminaires du matériel végétal :

La matière végétale collectée a été étalée sur du papier journal, puis séchée à l'air ambiant durant 2 semaines. Les échantillons séchés ont été enfin broyés par l'entremise d'un broyeur à lame de cuisine, puis stérilisé par les rayons UV pendant 20 minutes et mis dans des bocaux hermétiquement stériles et conservés à sec à température ambiante et à l'abri de l'humidité ainsi que de la lumière.

4-2. Préparation des extraits :

Pour l'extraction des principaux polyphénols contenus dans la partie aérienne de l'espèce *Mehtha piperita* on a opté pour l'utilisation d'une méthode décrite par (Sultana et al., 2009). Cette méthode d'extraction n'est qu'un procédé d'extraction discontinu solide-liquide par macération et qui consiste à laisser tremper le solide dans un solvant à température ambiante durant quelques temps (06 heures) et à extraire les constituants solubles par évaporation du solvant sous vide.

4-2-1. Extraction des composés bioactifs (les polyphénols) :

Selon Almas et Al-Bagieh (1999) et Almas (2001), les extraits à l'eau arrivent à agir en général sur la croissance de certaines bactéries appartenant au genre *Streptococcus* à des taux d'extractions de 5g/100ml de matière végétale de Kikar (*Acacia arabica*) provenant du Pakistan et de l'Arak (*Salvadora persica*) d'Arabie Saoudite.

L'extraction des composés bioactifs de la plante a été réalisée par usage de l'eau distillée stérile comme solvant d'extraction. Elle a été effectuée sur des prises d'échantillons de 10 g en triples répétitions de matière végétale séchée et broyée (Le broyage de la plante permet d'augmenter la surface de contact solvant-échantillon). Chaque échantillon de broyat de matière végétale a été mélangé avec 100 ml d'eau distillée stérile. L'extraction par macération à froid de chaque mélange a été laissée ensuite se poursuivre pendant 6 heures à température ambiante sous agitation. La durée

de l'extraction favorise ainsi la dépolymérisation des principaux composés constitutifs de la plante, tels que la lignine ainsi que les substances pectiques et permet une meilleure solubilisation des principaux composés bioactifs.

Chaque extrait à l'eau obtenu a été filtré en utilisant un papier filtre Wattman N°1 ayant une porosité de 0,3µm et débarrassé du solvant d'extraction (l'eau distillée) par évaporation sous vide à 45 °C au rota vapeur ; jusqu'à l'obtention de 15 ml d'extrait pur qui est mis enfin dans un tube en verre entouré d'un papier cellophane pour empêcher l'oxydation des phénols.

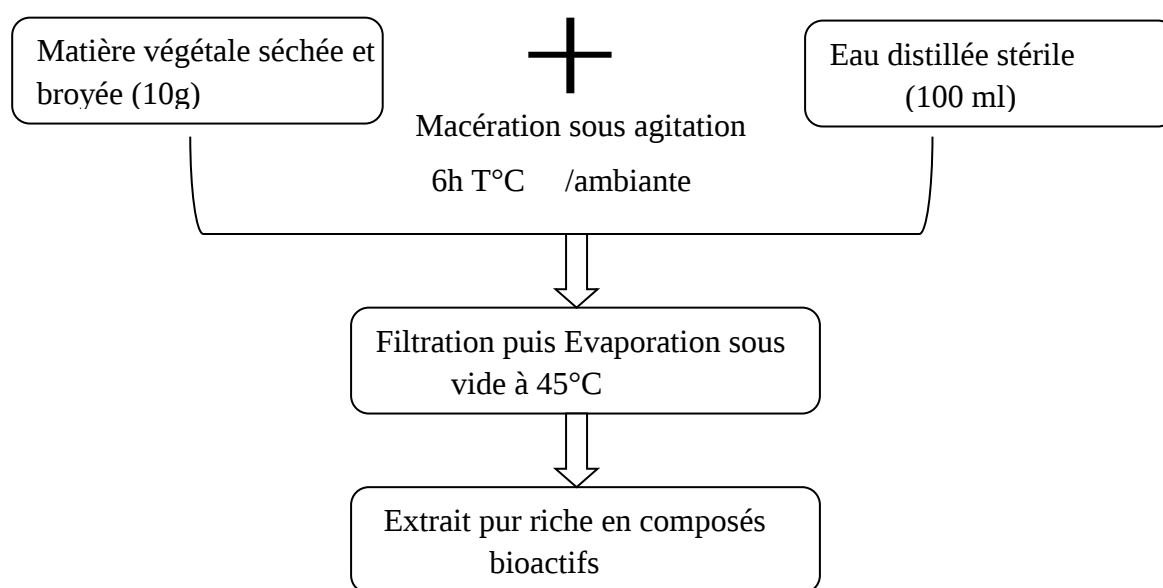


Figure 6. Extraction des composés phénoliques de *Mentha pipérta* L., (Sultana et al. 2009).

4-3. Essai de fabrication d'un lait fermenté alicament enrichi d'extrait de polyphénols de *Mentha Pipérta* :

4.3.1. Protocole expérimental :

Le lait cru destiné à la fabrication des laits fermentés expérimentaux type yaourt est un lait pasteurisé fabriqué par l'unité GIPLAIT de Mostaganem.

L'extrait pur à l'eau de la plante (*Mentha Pipérta*) récoltée dans la région de Ouargla a été incorporé au cours du processus de fabrication d'un lait fermenté type yaourt étuvé (directement dans le lait cru pasteurisé refroidi et maintenu chauffé à 45 °C) à des taux variables de 0,2 et 4 %, respectivement.

Les échantillons de lait enrichis d'extrait de la menthe ont été par la suiteensemencés avec les souches spécifiques du yaourt à un taux de levains de 3% et à un rapport de souches *Streptococcus thermophilus* (St) sur *Lactobacillus bulgaricus* (Lb) de 2St/1Lb. (V/V). Aucun additif pouvant masquer les caractéristiques organoleptiques et rhéologiques n'a été ajouté aux produits transformés (ni saccharose, ni arôme, ni autres additifs quelconques).

Chaque concentration de l'extrait phénolique objet de l'étude été représenté par un nombre de répétitions de trois pots d'une capacité de 100 ml de produit fini; soit un nombre total de 9 échantillons expérimentaux.

4-3-2. Préparation des levains :

Un litre de lait servant à la préparation du ferment a été préparé à un taux de 130g/l de poudre de lait « écrémé ». Celui-ci a subi, ensuite, une thermisation jusqu'à ébullition durant 2 minutes. Le lait est enfin refroidi à 45°C.

Ce lait thermisé a été fractionné ensuite en deux échantillons de 500 et 250 ml. Le premier a étéensemencé avec 0,5 g d'une prise de la souche lactique lyophilisée pure de *Streptococcus thermophilus*. Le second échantillon a été à son tourensemencé avec 0,25 g de la souche pure de *Lactobacillus bulgaricus*. Ces deux échantillons après ensemencement aux deux ferments spécifiques ont été mélangés ensemble dans un bécher et étuvés à 45°C pendant 1 heure.

Le levain prés a l'emploi avec un rapport de souches de 2 *Streptococcus thermophilus* pour 1 *Lactobacillus bulgaricus* (2S/1L, v/v) a été enfin incorporé dans les laits destinés à la fabrication des laits fermentés alicaments à un taux de 3% (3ml de levain dans 100 ml de lait cru pasteurisé enrichi ou non de l'extrait aqueux de *Mentha Pipérita* et maintenu durant environ 3 heures à 45 °C) (figure 7).

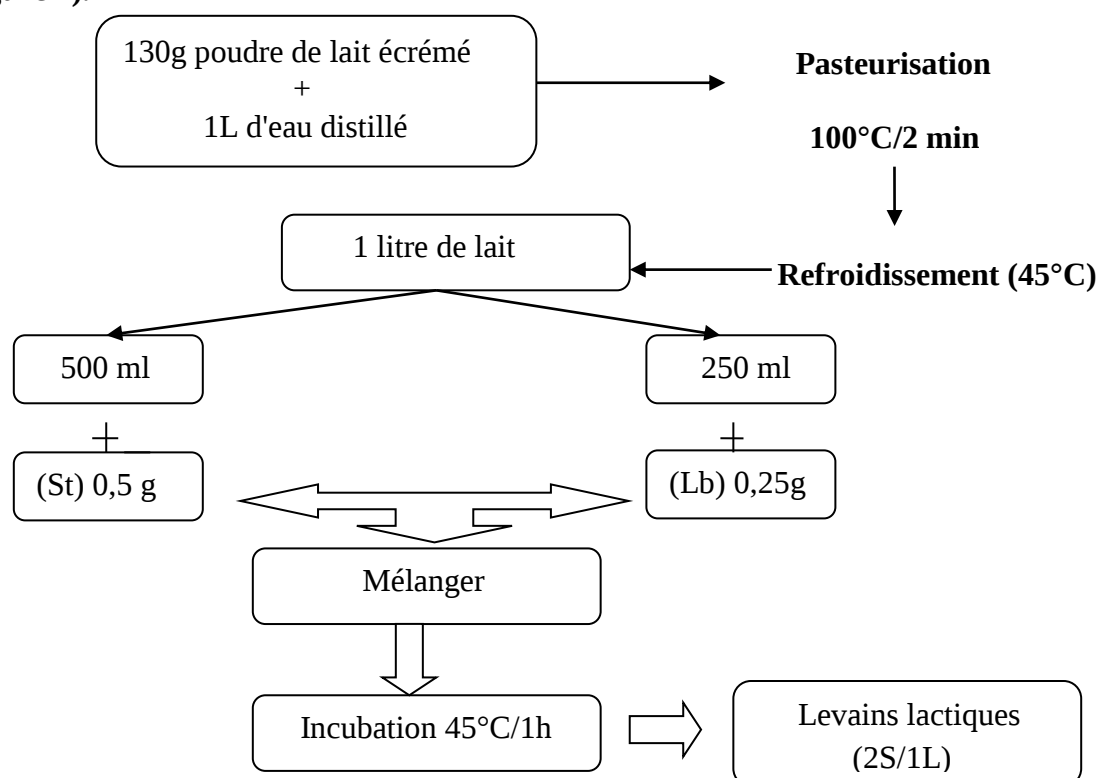


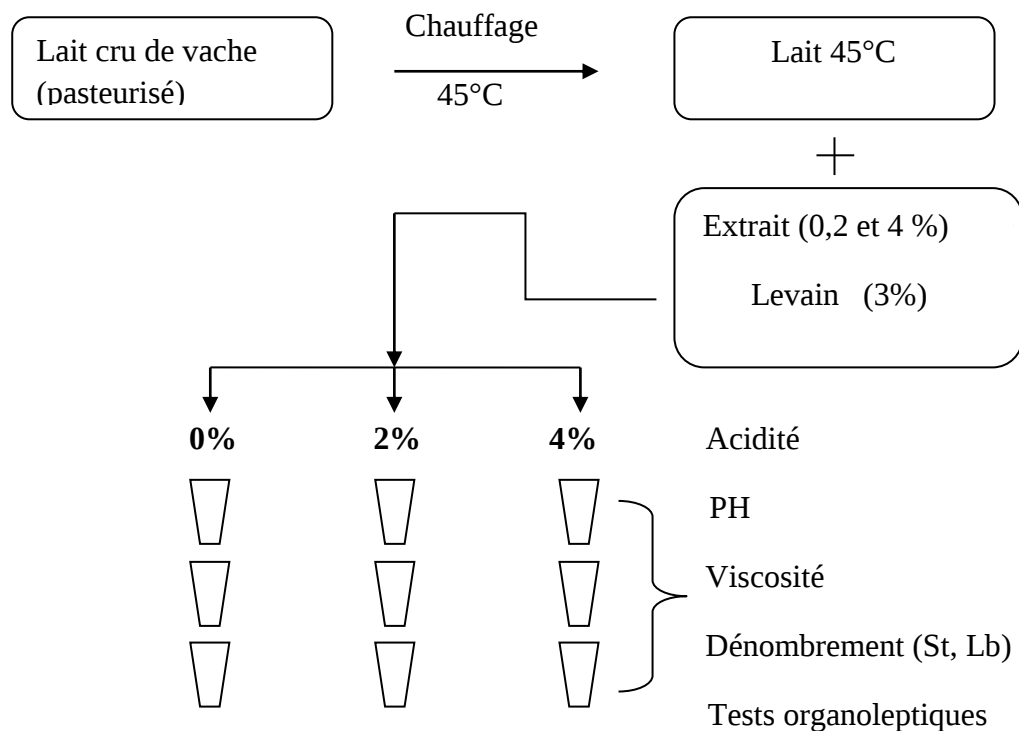
Figure 7. Préparation des levains lactiques

4-3-3. Technologie de fabrication des laits fermentés expérimentaux :

Le lait utilisé dans l'étude est un lait cru de vache pasteurisé conservé au froid à 4 °C. Il a été fourni par l'unité étatique de fabrication de lait et dérivés « GIPLAIT » relevant de la Wilaya de Mostaganem.

Après un léger chauffage à 45°C, des prises (de 03 X 100ml) d'échantillons de lait maintenus à cette température ont été additionnés d'extrait pur de *Mentha Pipérita* à raison de 0, 2 et 4 %, respectivement. Les échantillons ont été enfinensemencés à 3% avec un levain lactique renfermant un rapport de souches *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* de 2S/1L. Les pots des différentes préparations ont été par la suite sertis par du papier aluminium et orientés à la fermentation pendant 3 heures dans une étuve réglée à 45°C.

Au terme de la fermentation les produits expérimentaux une fois caillés ont été conservés au froid positif à 4°C dans un réfrigérateur pendant une période de conservation de 21 jours.



[04 Heures de Fermentation]..... [21 jour de conservation à 4°C].

Figure 8. Technologie de fabrication des yaourts expérimentaux

4-4. Mesures et contrôles sur les laits fermentés :

4-4.1. Dosage des polyphénols totaux :

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué selon la méthode de Folin-Ciocalteu (Singleton et al. 1999). Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (H3PW12O40) et d'acide phosphomolybdique (H3PMO12O40). Lors de l'oxydation, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu. La coloration produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'extrait analysé (Boizot et Charpentier, 2006).

La teneur des polyphénols contenus dans les extraits de la menthe poivrée a été déterminée suivant la méthode décrite par **Miliauskas et al. (2004)**. Cette méthode consiste à mélanger un volume de 1 ml d'extrait avec 5 ml de Folin-Ciocalteu (2M) dilués 10 fois. Après 5 minutes d'incubation, 4 ml de carbonate de sodium à concentration de 75g/l ont été additionnés. Après une heure d'incubation à la température ambiante, l'absorbance a été lue à 765 nm contre un blanc (eau distillée) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Jenway 6715).

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique à différentes concentrations (0 à 100 µg/ml).

Les teneurs en polyphénols totaux ont été exprimées en milligramme équivalent standard (acide gallique) par millilitre d'extrait (mg EAG/ml), puis converties en milligramme équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS). Toutes les mesures ont été réalisées en triplicata.

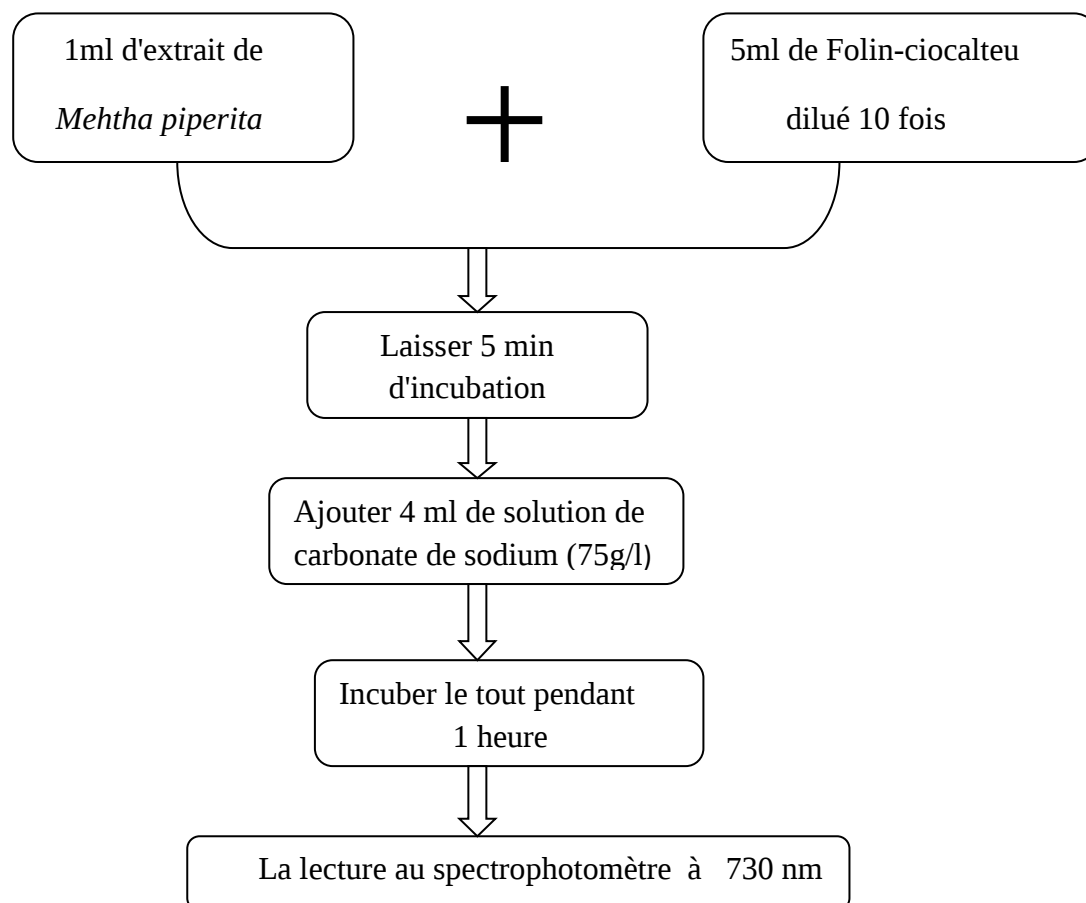


Figure 9. Dosage des polyphénols totaux.

4.4.2. Dosage des flavonoïdes :

La quantification des flavonoïdes a été effectuée par une méthode basée sur la formation d'un complexe très stable, entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène présent sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes (L.Lagnika., 2005)

Le protocole utilisé est basé sur celui décrit par (J.Zhishen et al., 1999 et D.Kim et al., 2003) , avec quelques modifications. Cette méthode consiste à mélanger un volume de 1 ml d'extrait avec 0.3 ml de NaNO₂ à 5 %. Après 5 minutes, 0.3 ml d'AlCl₃ à 10 % on été additionnés, et le milieu est mélangé vigoureusement. Après 6 minutes, un volume de 2 ml de NaOH à 1 M a été ajouté au milieu. L'absorbance est lue immédiatement à 510 nm contre le témoin. Une solution méthanolique de quercétine a été préparée. Des solutions filles préparées à partir de la solution mère à différentes concentrations comprises entre 0 et 100 µg/ml, permettront de tracer la courbe d'étalonnage.

Les teneurs en flavonoïdes ont été exprimées en milligramme équivalent standard (quercetine) par millilitre d'extrait (mg EQ/ml), puis converties en milligramme équivalent aqyercetine par gramme de matière sèche (mg EQ/g MS). Toutes les mesures ont été réalisées en triplicata

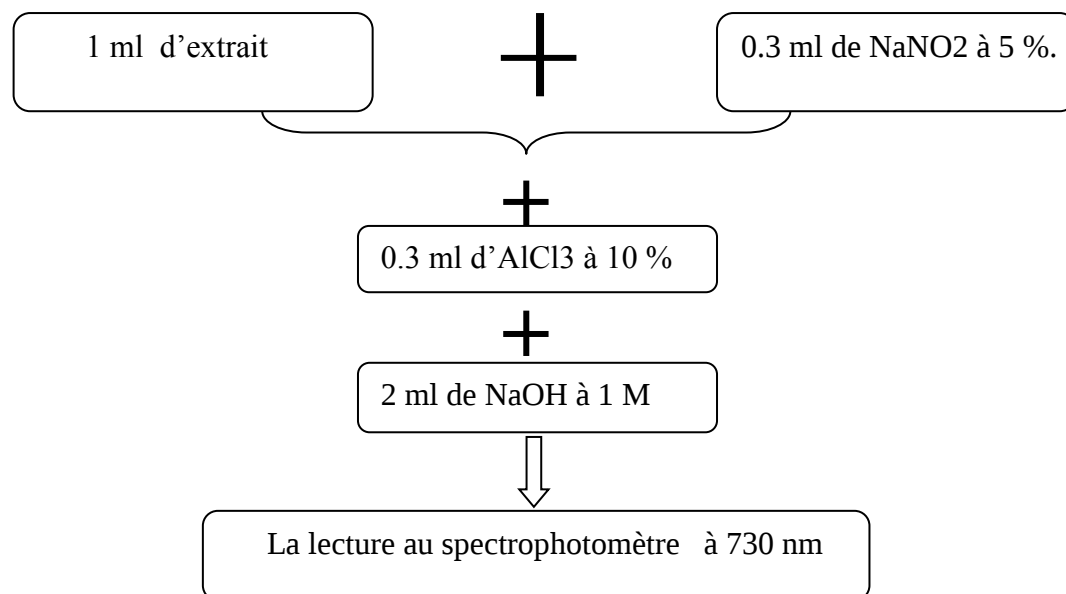


Figure 10. Dosage des flavonoïdes.

4.4.3. Analyses des laits fermentés :

Les analyses expérimentales ont été réalisées en triples essais, dans chaque pot de lait fermenté et pour chaque traitement effectué et ceci après 4heures de fermentation (fin de fermentation) au 1^{er} jour et au 21^{ème} jour de la période de post acidification.

4.4.3.1. Paramètres physicochimiques :

a) Acidité titrable :

➤ **Définition** : L'acidité titrable du lait est exprimée en gramme d'acide lactique par litre de yaourt (Afnor, 1986).

➤ **Principe** : Titrage de l'acidité par une solution de soude caustique NaOH préparée à 1/9 N en présence de phénolphthaléine comme indicateur colorant.

➤ **Mode opératoire** : Un volume de 10 ml de yaourt est prélevé à l'aide d'une pipette de 10 ml et versé dans un bécher. Puis on a ajouté 3 à 4 gouttes de phénolphthaléine à 1%. Ensuite le bécher est agité pour l'homogénéisation du mélange. La lessive de soude contenue dans une burette, est ajoutée au mélange jusqu'à virage au rose pale (Chaouch et Boualaoui, 2018).

➤ **La lecture** : Acidité en milieu Dornic = $V_{NaOH} \times 10$

V = le volume de Na OH (N/9) nécessaire pour doser l'échantillon.

b) Potentiel d'hydrogène « pH » :

➤ **Définition et Principe** : Le pH indique la teneur d'une solution en ion H_3O^+ , il est mesuré directement avec un pH mètre étalonné par deux solutions : l'une acide et l'autre basique.

➤ **Mode opératoire** : La détermination du pH se fait directement en plongeant l'électrode dans un bécher contenant une quantité du yaourt fabriqué

➤ **Lecture** : La valeur du pH s'affiche immédiatement sur l'écran, la lecture se fait après la stabilisation de l'affichage.

c) Viscosité dynamique :

La viscosité a été établie par l'utilisation d'un tube en verre de 2cm de diamètre et de 18cm de longueur équipé d'un chronomètre.

Le principe de l'appareil consiste à faire écouler un liquide dont on veut mesurer la viscosité à travers un tube capillaire avec une vitesse débitante assez petit pour que la loi de Poiseuille puisse s'appliquer ;

Le débit volumique Q : $Q = (\pi R^4 / 8\eta) (\Delta p / L)$

Un tube capillaire est un tube très petite section telle que les effets de la viscosité sur le profil des vitesses de l'écoulement est important.

$(\Delta p / L)$ est la chute de pression par unité de longueur, qui est due à la viscosité. Elle est uniforme le long du tube.

Lorsque le liquide est immobile, la différence en pression entre le haut et le bas de la colonne de liquide est pratiquement nulle, car la pression atmosphérique est pratiquement uniforme autour du dispositif.

Mais si le liquide s'écoule en régime stationnaire, la perte de charge horizontale vaut $(\Delta p/L) = \rho_{liq} g$ où ρ_{liq} est la masse volumique du liquide.

Le débit volumique devient : $Q = (\pi R^4 / 8 \eta) / \rho_{liq} g$

La durée nécessaire pour l'écoulement d'un volume V donné de liquide avec un débit Q vérifie la relation : $Q = v/\tau = \text{quantité de liquide écoulé} / \text{durée de l'écoulement}$.

On obtient la relation donnant la viscosité du liquide : $\eta = (\pi R^4 / 8 v_{liq}) / \rho_{liq} t$

On peut déduire la viscosité cinématique : $\nu = (\eta / \rho_{liq}) = \kappa \cdot T$ (M. HADJAR Mouafak, 2018).

Expression des résultats :

ρ_{liq} : masse volumique du liquide en (kg/l) ; ν : viscosité cinématique en (m² /s) ;

R : rayon du tube en (m) ; g : accélération de la pesanteur ; t : temps d'écoulement second;

k : constante de la viscosité utilisé (k= 0,1413).

4.4.3.2. Analyses microbiologiques :

- ***Streptococcus thermophilus*** : Le dénombrement des germes a été effectué à l'aide d'un milieu de culture sélectif «M17» par ensemencement en surface d'une prise de dilution (10^{-5}) puis incubation à 37°C pendant 48 heures.

- ***Lactobacillus bulgaricus*** : Le dénombrement des germes a été effectué à l'aide d'un milieu de culture sélectif «MRS» par ensemencement en profondeur d'une prise de dilution (10^{-5}) puis incubation à 30°C pendant 48 (Bourgeois et al. 1980)

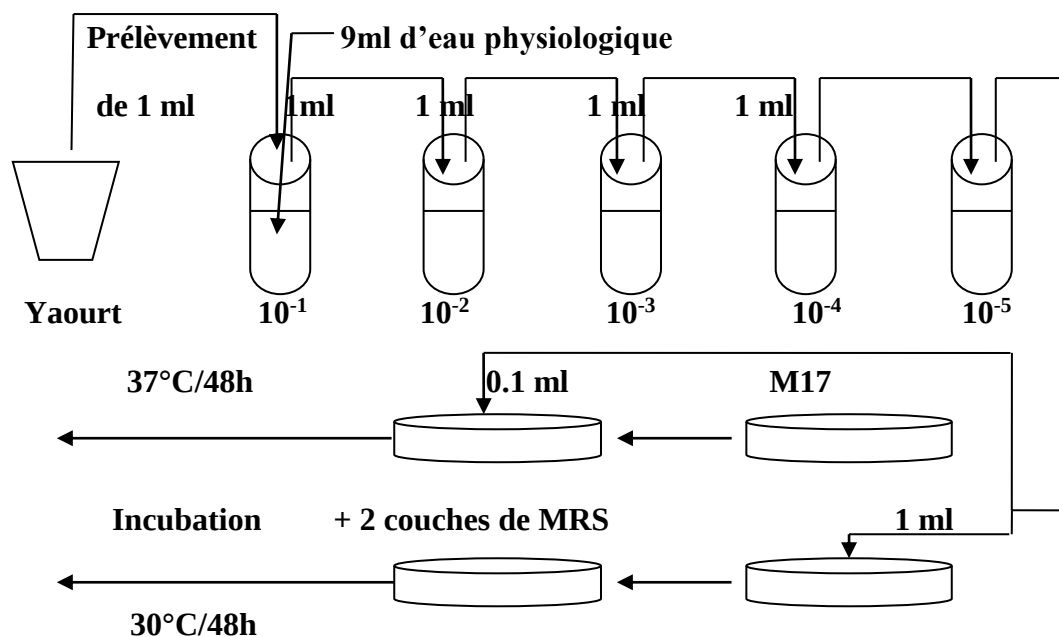


Figure 11. Préparation et ensemencement des dilutions décimales

4.4.3.3. Tests organoleptiques :

Chaque 7 jours durant toute la période de poste acidification, la qualité des laits fermentés expérimentaux a été évaluée par un jury composé de 10 panelistes, qui ont apprécié selon une échelle de notation variable de 1 à 10 les critères des produits suivants :

➤ **Gout de fraîcheur** : Consiste à apprécier l'ampleur de la sensation de fraîcheur lors de la consommation du produit.

➤ **Cohésivité** : Consiste à déterminer la capacité maximale de déformation de l'échantillon avant de se rompre lorsqu'il est écrasé entre les doigts.

➤ **Adhésivité** : Exprime l'intensité des forces inter faciales développées entre la surface d'une cuillère et celle de l'échantillon lors d'une prise de produit.

5. Traitement statistique :

Les données paramétriques ont été traitées statistiquement par une analyse de variance mono factorielle en randomisation totale suivie d'une comparaison des moyennes deux à deux selon le test de NEWMAN et KEULS. Par contre, ceux relatifs aux tests organoleptiques ont été analysés statistiquement par le test non paramétrique de Friedman. Le logiciel de statistique Software utilisé est le **Stat Box 6.4**. Les groupes homogènes de comparaison des moyennes ont été révélés aux deux seuils de probabilité : à $p < 0.05$ et à $p < 0.01$.

Partie 3 : Résultats et Discussion

Partie 3 : Résultats et Discussion

1. Résultats :

1.1. Composés phénoliques et flavonoïdes :

Les teneurs en composés phénoliques sont remarquablement élevées dans l'extrait aqueux de *Mentha piperita* L. (45.41 mgEAG/ml d'extrait); alors que celles en flavanoides s'avrent très faibles (0.43 mgEQ/ml d'extrait). Rapportées en gramme de matière sèche de végétal, les valeurs enregistrées chez la plante ont été respectivement évaluées à 454.1 mgEAG/g MS et 4.30 mgEQ/g MS (Tableau).

Tableau 11. Teneurs en en principaux composés phénoliques et flavonoïdes de l'extrait aqueux, ainsi que de la matière végétale de *Mentha piperita* L.

Polyphénols		Flavonoïdes	
mgEAG/ml d'extrait	mgEAG/g MS	mgEQ/ml d'extrait	mgEQ/g MS
45.41	454.1	0.43	04.30
±	±	±	±
01.25	04.73	00.01	00.76

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes plus ou moins écarts types correspondants, avec un nombre de répétitions n égal à 03 ; mg EAG : milligramme équivalent acide gallique ; EQ : équivalent quercétine ; MS : Matière sèche.

1.2. Essai de fabrication d'un Yaourt étuvé à base d'extrait de Menthe.

Au 1^{er} jour de fabrication, à la fin d'étuvage, après 4 heures de fermentation, le pH et l'acidité des laits fermentés additionnés d'extrait aqueux de *Mentha piperita* L. 0, 2 et 4% ont été comparable ($p > 0.05$) ; 4.72 vs 4.71 vs 4.73 et 80.33 vs 80.33 vs 76.33 °D, respectivement.

Durant la période de post acidification, au 21^{ème} jour d'entreposage au froid à 4°C, ces valeurs ont connues de grandes variations ($p < 0.01$). D'une façon générale, au cours de cette période par rapport à la période précédente, les teneurs en acidité sont notablement très élevées contrairement aux valeurs de pH. Par ailleurs, le yaourt témoin a enregistré un niveau d'acidité le plus élevé (129.66 °D) avec une plus faible valeur de pH (4.29); alors que le lait fermenté préparé avec le taux d'extrait le plus sévère a marqué le plus bas taux d'acidité (107.66 °D) et un pH de l'ordre de 4.42. Quant à l'échantillon préparé à 2% d'extrait de menthe, il a enregistré une acidité de l'ordre de 111.33 °D et un pH de 4.52.

Au 1^{er} jour de fabrication, le nombre *Streptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus bulgaricus* a varié respectivement de 30×10^5 à 106×10^5 et de 300×10^5 à 290 UFC/ml . Le niveau de prolifération de ces germes semble diminuer ($p < 0.01$) successivement de 30×10^5 à 266×10^5 et à $106 \times 10^5 \text{ UFC/ml}$ et de 300×10^5 à 290×10^5 et à $220 \times 10^5 \text{ UFC/ml}$ avec l'augmentation de 0 à 2 et 4% du taux d'incorporation d'extrait aqueux de *Mentha piperita* L dans le yaourt.

Au 21^{ème} jour de stockage, le nombre de *Streptococcus thermophilus* n'a pas connu de grandes variations dans tous les produits expérimentaux ($p > 0.05$) ; 241×10^5 à $251 \times 10^5 \text{ UFC/ml}$. Au contraire le nombre de *Lactobacillus bulgaricus* a diminué significativement ($p < 0.05$) de 331×10^5 à 278×10^5 et à $250 \times 10^5 \text{ UFC/ml}$ avec la hausse de 0, à 2 et 4% du taux d'extrait dans le lait fermenté, type yaourt étuvé.

Durant les deux périodes d'essai, la viscosité du lait fermenté préparé à 4% d'extrait de menthe a été nettement diminuée par comparaison au témoin ($p < 0.05$) ; 23.97 vs 70.13 m²/s au 1^{er} jour de fermentation et 45.73 vs 59.72 m²/s au 21^{ème} jour de la période de post acidification. En fin de stockage le yaourt à 2% d'extrait aqueux de menthe a marqué une viscosité et une adhésivité comparable au témoin.

Par ailleurs, à la fin de phase de post acidification, les panelistes ont qualifié la fraîcheur du lait fermenté à 4% d'extrait bioactif de menthe de meilleur que le témoin ; avec une moyenne de somme des rangs de 14 vs 21 (**Tableau**).

Tableau 12. Effet d'ajout de l'extrait aqueux de *Mentha piperita*.L sur la qualité d'un yaourt étuvé au cours de la conservation.

Périodes	Mesures	Taux d'incorporation de l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> . L		
		0%	2%	4%
1 ^{er} jour (Fin de fermentation)	pH	4.72	4.71	4.73
		±	±	±
		0.021	0.21	1.72
	Acidité	80.33	80.33	76.33
		±	±	±
		2.309	1.528	1.528
	<i>Streptococcus thermophilus</i> (N10 ⁵ UFC/ml)	30 ^a	266 ^b	106 ^c
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> (N10 ⁵ UFC/ml)	300 ^a	290 ^a	220 ^b
	Viscosité (m ² /s)	70,13 ^a	56,897 ^b	23,97 ^{ab}
		±	±	±
		5,612	12,273	8,821
21 ^{ème} jour de conservation	Adhésivité	20 ^a	27,5 ^{ab}	32,5 ^b
	Cohésivité	11,5 ^a	25,5 ^{ab}	28,5 ^b
	Fraicheur	15,5 ^a	26,5 ^a	26,5 ^a
	pH	4.29 ^c	4.52 ^a	4.42 ^b
		±	±	±
		0.035	0.058	0.029
	Acidité (°D)	129.66 ^a	111.33 ^b	107.66 ^b
		±	±	±
		9.238	3.215	2.309
	<i>Streptococcus thermophilus</i> (N10 ⁵ UFC/ml)	241	251	248
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> (N10 ⁵ UFC/ml)	331 ^a	278 ^{ab}	250 ^b
	Viscosité (m ² /s)	59,723 ^a	59,864 ^a	45,734 ^b
		±	±	±
		0,356	0,432	0,326
	Adhésivité	17 ^a	17 ^b	27,5 ^c
	Cohésivité	2 ^a	17 ^a	29,5 ^b
	Fraicheur	21 ^a	28,5 ^b	14 ^c

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes plus ou moins écarts types correspondants, avec un nombre de répétitions n égal à 03 ; N : nombre de colonies ; UFC : Unité formant colonie ; °D : degré Dornic ; a,b,c,d,e : Groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keul.

2. Discussion :

Les résultats du dosage des polyphénols totaux ont montré la richesse de l'extrait aqueux de *Mentha pipérita* en composés phénoliques dont les flavonoïdes.

Globalement, d'après cette étude, il apparaît possible d'ajouter ces composés bioactifs dans le yaourt et de fabriquer un lait fermenté ayant les vertus d'un aliment alicament santé pour le consommateur algérien.

D'une façon générale, au cours de toute la période de l'expérimentation et en fonction du temps de stockage à 4 °C; les laits fermentés sont caractérisés par une nette augmentation d'acidité titrable, accompagné d'une diminution du pH. Cette réduction du pH est la conséquence d'une fermentation du lactose du lait en acide lactique effectuée par les souches spécifique du yaourt **(Cachonet al., 1998)**.

Durant cette période, il est remarqué que les moyennes de l'acidité diminuent avec les doses d'extrait à l'eau de *Mentha Pipérita* incorporées dans les produits expérimentaux . Ceci suppose que les principaux composés antimicrobiens contenus dans la menthe ont réduits aux différentes doses d'extrait aqueux incorporées l'activité fermentaire des souches spécifiques du yaourt à savoir *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Donc, l'analyse réalisée montre l'effet inverse des taux d'incorporation de l'extrait aqueux de *Mentha Pipérita* sur la valeur de l'acidité (l'augmentation des taux d'incorporations de l'extrait est accompagnée d'une diminution de l'acidité titrable). Toutefois, durant l'expérimentation l'acidité des produits n'a pas dépassé les normes admises commercialement de 150°D **(Loones, 1989)**.

St. Thermophilus et *Lb. bulgaricus* se développent en association (dite protocoopération appelée autrefois symbiose) dans des cultures mixtes **(Mahaut et al., 2000)**.

Au terme de la qualité microbiologique, en fin de la fermentation, le témoin a enregistré la plus faible charge en germes *St* et le nombre le plus élevé en *Lb*. Par ailleurs, le nombre des souches a

diminué avec l'augmentation des concentrations de l'extrait aqueux de la menthe poivrée de 2 à 4%. Par ailleurs, un effet inhibiteur de la menthe poivrée a été remarqué vis-à-vis de la croissance des deux souches durant la phase de post acidification.

La menthe poivrée (*Mentha Pipérita* L) est en effet une source de plusieurs composés bioactifs de nature surtout phénoliques, très intéressantes pour l'activité antimicrobiennes ; ils sont représentés surtout par les flavonoïdes, les tannins, hétérosides d'aspégénine, la diosmétine, la tuteoline, et le flavone polyméthosite (**Brut ;2004 et Skandamis et al., 2001**)

L'activité antimicrobienne des composés phénoliques résulte probablement d'une combinaison de plusieurs modes d'actions, impliquant différents cibles cellulaires (**Brut ;2004 et Skandamis et all ; 2001**). Cette action des composés phénoliques sur les cellules des microorganismes est basée sur une multiplicité d'influences incluant la synthèse des protéines, agissant sur l'ADN ainsi que les activités enzymatiques de la bactérie (**Luck et al ; 1995**). Celles-ci n'impliquent pas seulement un mécanisme physique ; mais aussi chimique et biochimique. Les polyphénols, notamment les flavonoïdes et les tannins sont reconnus par leurs toxicités vis-à-vis des microorganismes. Le mécanisme de cette toxicité peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (protéase et hydrolase) ou à d'autres interactions susceptibles d'inactiver les protéines de transports, et de lyser la paroi cellulaire (**Cowan, 1999**)

Après un temps suffisamment long de 21 jours d'entreposage au froid à 4°C ; le nombre de St. est resté stable dans tous les produits expérimentaux ; alors que les Lb. ont diminué proportionnellement ($p < 0.01$) en fonction des quantités d'extrait bioactifs de menthe ajoutées dans les laits fermentés. Néanmoins, le nombre de germes lactique au terme de la production est conforme à la norme dictée par le codex alimentarius de $< 10^7$ germes UFC/ml.

En ce qui concerne la viscosité; après 4 h de fermentation, la viscosité s'avère inversement proportionnelle aux taux d'extrait aqueux de menthe incorporés. Ces réponses sont dues à l'effet

antimicrobien probable des composés bioactifs contenus dans l'extrait de *Mentha piperita* L. ayant exercé un effet inhibiteur vis-à-vis surtout de la souche *St.* la plus responsable du développement d'exopolysaccharides impliqués dans la viscosité des yaourts.

La période de poste acidification a enregistré un abaissement de la viscosité dans le yaourt témoin et le lait fermenté préparé à une forte teneur d'extrait aqueux de menthe. Apparemment, en fin de cette phase de post acidification, la viscosité n'a pas changé grandement dans les laits fermentés à 2 % d'extrait de menthe. Les diminutions modérées de la viscosité observées dans les produits finis expérimentaux au terme de la période de post-acidification peut être justifiées par les travaux de **Artigan ,(1997)** qui rapporte que les *Streptocoques* secrètent au cours de leur cycle de développement des enzymes dégradant d'une part les exo-polysaccharides et en d'autre part la matrice protéique avec comme conséquence une diminution de la viscosité du yaourt.

Globalement, au cours de toute la période expérimentale, la qualité organoleptique, au plan de l'adhésivité et de la cohésivité, a été nettement altérée en fonction de la quantité d'extrait de menthe poivrée ajouté aux laits fermentés expérimentaux. Par contre, les panelistes ont qualifié la fraîcheur du lait fermenté à 4% d'extrait bioactif de menthe de meilleur que le témoin.

Enfin, il s'avère donc possible d'incorporer l'extrait aqueux de *Mentha pipérta* L. riche en composés phénoliques à un faible taux de 2 % et produire un lait fermenté fonctionnel alicament pouvant répondre au souhait des consommateurs à la recherche sans cesse croissante de nouveaux produits naturels à vertus bénéfiques pour la santé.

Conclusion :

Au terme de cette étude et à la lumière des résultats obtenus il est prouvé que l'extrait aqueux de *Mentha Pipérita* L (menthe poivrée), collecté à Ouargla-Algérie est riche en principaux composés phénoliques totaux ; alors qu'il semble contenir de faibles quantités en flavonoïdes.

Ces composés bioactifs ont présenté à un taux sévère de 4% d'incorporation d'extrait aqueux de menthe poivrée dans le yaourt un effet antimicrobien avéré contre la croissance des deux germes lactiques : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.

L'activité antimicrobienne de l'extrait de la plante a montré toutefois, qu'il est possible de l'incorporer dans le lait fermenté à une concentration ne dépassant guère 2 % sans affecter remarquablement la croissance surtout des *Streptococcus thermophilus* et dans une moindre mesure celle des *Lactobacillus bulgaricus*.

Cependant le nombre des souches dans l'ensemble des laits fermentés préparés avec et sans extrait de menthe n'ont pas dépassé la normale admise dans un yaourt standard de 10^7 germes vivants /ml

De même, la qualité des laits fermentés expérimentaux pendant les 21 jours de conservation au froid positif (4°C), a noté une évolution décroissante de l'acidité et de la viscosité avec l'augmentation des doses d'extrait de la menthe poivrée incorporés. Ces baisses sont la conséquence d'une inhibition par les composés bioactifs de la plante de la prolifération des bactéries lactiques spécifiques du yaourt responsables de la production d'un côté de lactate et d'un autre côté d'exopolysaccharides.

Les tests sensoriels ont révélé que les laits fermentés préparés à 2% d'extrait aqueux de *Mentha Pipérita* gardent une adhésivité acceptable et comparable au témoin avec une cohésivité plus appréciée par les dégustateurs.

Par ailleurs, au plan de la fraîcheur, les yaourts expérimentaux à 4 % d'extrait ont enregistré de meilleurs résultats par rapport au témoin.

Ainsi, il ressort qu'il est possible de valoriser l'extrait de la menthe poivrée comme additif naturel dans le procédé de fabrication d'un yaourt type ferme et de concevoir un nouveau produit alimentaire fonctionnel riche en composés phénoliques et bénéfique pour la santé.

En perspective, il serait intéressant de faire des essais d'incorporation des extraits des plantes médicinales dont la menthe poivrée dans d'autres types de yaourts tels que liquide à boire et le yaourt brassé ; ainsi que dans d'autres dérivés du lait comme les fromages.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

-A-

- **Afnor E. (1986).** Recueil des normes françaises. Eaux, Méthodes d'essai. Pp350.
- **ALAIS C et LINDEN G, (1994).** Abrège biochimie alimentaire. 4èmeEd Massons, paris, 172-182.
- **Alais C., Linden G. Miclo L.(2003).** Biochimie alimentaire, 6ème édition de l'abrégé. Edition: Dunod. Paris, p41-68.
- **Almas,K., 2001.** The Antimicrobial effects of seven different types of asian chewing sticks. Odonto-Stomatologie Tropicale.,24(96): 17-20.
- **Almas, K. and N.H. Al-Bagieh, 1999.** The Antimicrobial effects of bark and pulp extracts of miswak, *Salvadora persica*. Biomed Letters. 60: 71-75.
- **Amellal-Chibane, H. (2008).** Aptitude technologiques de quelques variétés communes de dattes : formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat en technologies alimentaires. Faculté des sciences de l'ingénieur. Université BOUMERDES. Pp. 164.
- **Amellal, R. (2000).** La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. Institut National d'Agronomie El- Harrache. Option méditerranéenne. Sér.B N° 14.Pp. 230-232.
- **ANONYME. (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO : Alimentation et nutrition, 28, Catalogage avant publication de la Bibliothèque David Lubin FAO, Rome (Italie). ISBN 92-5-20534-6

-B-

- **Beal C. et Sodini I. 2003.** Fabrication des yaourts et des laits fermentés. In Technique de l'ingénieur, traitéAgrolalimentaire, F6315v1 pp 2-16.
- **Bergamaier, D. (2002).** Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *Lb. rhamnosus* rw 9595m d'un milieu à base de perméat de lactosérum. Thèse doctorat, université de Laval, Canada. Pp149.
- **Boudraa G., Touhami M., Pochrt P., Soltana R., Mary J.Y. et DesieuxF., 1990.**Effect of yogurt versus milk in children with persistent diarrhea. J. Clinical Trial : Pediatr. Gastroenterol. Nutr. 11(4) pp509-12.
- **Bourgeois, C. M. and J.Y. Leveau, 1980.** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Volume 3 : Le contrôle microbiologique. Paris:Technique & documentation : APRIA ., pp : 331 .
- **Brulé, G. (2003).** Annexe au rapport commun de l'académie des technologies et de l'académie d'agriculture de France. In de l'évolution des technologies de production et de transformation sur la qualité des produits laitiers. Pp47.
- **Bruneton, J.1999.**"Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales.". 1999. V1, édition : Paris, Tec et Doc, p. 483-560,
- **BRUNETON. J ; 1999-** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3 ème Edition. Paris pp 533-536.

-C-

- **Cachon R, Anterieux P, Divies C, 1998.** The coparative behaviour of lactococcuslactis in free immobilized culture processes Journal of Biotechnology.
- **Charles, D, 2013.** Peppermint, in Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources. 2013, Springer New York Heidelberg DordrechtLondon. p. 469-475.
- **Chaouch C., Boualaoui R.2018,** Etude de suivi de la qualité du fromage à pâte pressée « Saint Paulin », mémoire de licence en contrôle de qualité des aliments, université AbdelHamid Ibn Badis, Mostaganem(2018).p86.
- **Chaves A., Fenandez M., Lerayer A., Mierau M., Kleerebeze, et Hugenholtz J.2002.** Metabolic Engineering of Acétaldéhyde Production by Streptococcus thermophilus, Applied and environmental microbiology 68(11), p 5656-5662 chemically de fined medium. Curr. Microbiol. 37 pp 64-66.
- **Corvi A, 1997.** Evénement, le yaourt, les laits fermentent, V77, Pp 321-358 Tech-doc. Sepiac. Paris P14-17
- **CorrieuG., Luquet F M., 2008** - bactéries lactiques de la génétique aux ferments. Ed TEC et DOC : Lavoisier. Paris. France, pp 472 -849, ISSN :0243-5624.
- **CIQUAL 2017** : Table de composition nutritionnelle des aliments. (<https://ciqual.anses.fr/>)

-D-

- **Das A, Hamedani K , Soudbakhsh M, Prashanthi K, Bhattacharya S and Suryan S (2012).** Enzymatic screening, antibacterial potential and molecular characterization of Streptomyces isolated from Wayanad District in Kerala, India. IJPBS ,Volume 2, Issue 1 pp 201-210.
- **Delachaux et Nieslés. 2013.**500 plantes comestibles « Histoire. Botanique. Alimentaire» ; de Barbara Santich et Geoff Bryant. Pp360, ISBN 978-2-603-01933-7.
- **DELLAGLIO F., DE ROSSART H., TORRIANIS S., CURK M. et JANSSENS D. (1994) .** Caractérisation générale des bactéries lactiques.in Bactéries Lactiques. Edited by H. de Roissart & F. M. Luquet. Paris: Lavoisier. Tec&Doc , Lorica, 1, 25-116
- **Delorme C., 2008.** Safety assessment of dairy microorganisms: Streptococcus thermophilus. International Journal of Food Microbiology.V126 ; Issus 3 ; 126 pp274-277. ISSN 0168-1605
- **Dilon J.C. 2005.** Place du lait dans l'alimentation humaine en région chaude INAPG Agro Paris Tech.) p 5
- **D.Kim, O.Chun, Y.Kim, H.Moon, C.Lee,** "Quantification of phenolics and their antioxidant capacity in fresh plums" J. Agric. Food Chem., 2003, Vol. (51), page : 6509- 6515.
- **Doleyres, Y. (2003).** Production en continue du ferment lactique probiotique par la technologie des cellules immobilisées. Thèse Doctorat. Université de Laval. Canada. Pp148.
- **Drisseen FM. 1981 .** Protoocooperation of yogurt bacteria in continuous culture. Pp. 99-120 in: Mixed Culture Fermentations. M. E. Bushell, editor; and J. H. Slater,, editor. Eds. London: Academic Press.
- **Durso L etHukins R., 2003.**Starter cultures. University of Nebraska-Linocoln, NE, USA. Elsevier Science Ltd pp 5583-5593.

-E-

- **Eberhard DA, Johnson BE, Amler LC, Goddard AD, Heldens SL, Herbot RS et al. (2005).** Les mutations du récepteur du facteur de croissance épidermique et du KRAS sont des indicateurs prédictifs et pronostiques chez les patients atteints d'un cancer du poumon non à petites cellules traités par chimiothérapie seule et en association avec l'erlotinib. *J Clin Oncol* 23: 5900–5909.
- **Enkelejda, P. (2004).** Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur. Thèse de doctorat en Science des Aliments. Institut national agronomique paris grignon. Pp205.

-F-

- **F.A.O, 2002.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 5 : Laites fermentés. Collection FAO/Alimentation et Nutrition, 28, p 7.
- **François C. 2012.** Les plantes et leurs noms « Histoires insolites » 152p ; Ed(Quae), Pp224 ; ISBN2759218007, 9782759218004
- **François E, Eva S (2009).** Guide des plantes sauvages comestibles et toxiques, Ed : Delachaux S, Nieslés ; 141p.

-G-

- **Ghalem.K, 2014.** L'effet de variation des doses de jus de citron sur la qualité physicochimique, microbiologique et organoleptique d'un lait fermenté type yaourt étuvé.
- **Gosta, B. (1995).** Les Composants Du Traitement Du Lait. Le Lait En Poudre. In : Manuel de transformation du lait. Ed Etat pack processing systems AB. Sweden. Pp: 442-375-384.
- **Gouse B , Sheik M , Sheriff M , Gokul S S3, Ranjith Ms4. (2017).** Isolation and characterization of actinomycetes from soil of ad-dawadmi, saudi arabia and screening their antibacterial activities. *International journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*. Vol:9. Pp276 ; ISSN- 0975-1491.
- **Guarner F., Khan A., Garisch J., Eliakim R. and Gangl A., 2008.** Recommandation Pratique : Probiotique et prébiotiques. Organisation mondiale de Gastroentérologie, pp3-17-22.
- **Guilly. G 1989-** Les menthes cultivées. 1ère partie: Le matériel végétal et lieux de culture, *Pep. Hort. Mar. Revue horticole*, N° 296.Pp 13-17.

-H-

- **Hammami.S Et Abdesselem M ; 2005.** Extraction et analyse des huiles essentielles de la menthe poivrée de la région de Ouargla. Thèse Ing, Univ Blida P69.
- **Hennebelle. T., Sahpaz. S., et Bailleul. (2004).** Polyphénols végétaux. Sources. utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*. vol. 2. N°(1), Pp :3-6.
- **Hols P., Hancy F., Fontaine L., Grossioed B., Prozzi D., Leblond-boourget N., Decaris B., Blotin A., Delorme C., Duskoehrlich S., Guedon E., Monnet V., Renault P., et Kleerebezem M., 2005.** New insights in the molecular biology and physiology of *Streptococcus thermophilus* revealed by comparative genomics. *FEMS Microbiology Reviews*. V29, Issue1 ; pp435-463.

-I-

- **Iscan, G., N. KIrimer, M.n. Kürkcüoglu, H.C. Baser, and F. DEMİrci**, Antimicrobial screening of *Mentha piperita* essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002. 50(14): p. 3943- 3946.
- **ISERIN. P; 2001-** Encyclopédie des plantes médicinales. Traduction : Pierre Vican. Editeur : Paris : Larousse, 2002,2001, 70p. ISBN 9782035823083.

-J-

- **Jean-claude M., Pouliot M., et Richard J, 2002.**Lait de consommation. In « Vignola C.L », Fondation de Technologie Laitière du Québec inc. Science et technologie du lait : Transformation du lait. Ed. Presses internationales poly technique, pp277-318.
- **Jeantet, R., Croguennes, T., Mahaut, M.,Schuck, P.,Brulé , G. (2008).** Les produits laitiers. 2eme éd ;Ed Techniques et Documentations. Lavoisier-Paris .Pp185.
- **J.O.R.A. N°86 du 18 Novembre 1998** (Article 2 Page 22) Arrêté interministériel du 16 jourmadaethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leurs mises à la consommation.
- **J.O.R.A N°58 du Janvier 2016** (Article 2 Page 89) Arrêté du 4 Moharram 1437 correspondant au 18 octobre 2015 rendant obligatoire la méthode de détermination de l'acidité titrable dans le lait sec.
- **J.Zhishen, T.Mengcheng, W.Jianming**, "The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals" *J Food Chem*, 1999, Vol. (64), page : 555.

-K-

- **Kačániová, M., N. Vukovi , E. Horská, I. aalamon, A. Bobková, L. Hleba, M. Mellen, A. Vat>ák, J. Petrová, and M. Bobko**, Antibacterial activity against *Clostridium* genus and antiradical activity of the essential oils from different origin. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 2014. 49(7): p. 505-512.
- **KORICHI Sliman (2006)** : Etude du comportement de la menthe poivrée *Mentha Pipérita* L sous palmeraies dans la région de Ouargla. Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Sciences Biologiques. Uni Ouargla, Filière Ecologie Végétale et Environnement ; Pp 59.
- **Kumar, S., N. Wahab, and R. Warikoo**, Bioefficacy of *Mentha piperita* essential oil against dengue fever mosquito *Aedes aegypti* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2011. 1(2): p. 85-88.

-L-

- **Lamontagne M. 2002.** Produits laitiers fermentés. In « Vignola C.L ». Science et technologie du lait : Transformation du lait. Ed. Presses internationales poly technique, pp 443-469.
- **Lamoureux L. (2000)** : Exploitation de l'activité β - galactosidase de culture de bifidobacteries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides. Mémoire de maitrise, Université de Laval, Canada
- **Larpent J.P, et Bourgeois C.M, 1995.** Microbiologie alimentaire : Aliment fermentés et fermentation alimentaire. Tom 2.2ème Ed Tec et Doc. Lavoisier. Paris, pp 309-310.

- **Laurence audenet V et Cohen maurel E, 2004.** Conserve traditionnelle et femière Paris 2dition Tec et Doc. Lavoisier, p 633.
- **LEORY F., DEGEEST B. and DE VUYST L. (2002).** A novel area of predictive modeling : describing the functionally of beneficial micro-organisms in foods. International Journal of Food Microbiology, 73, 251-259.
- **L.Lagnika,** "Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises" Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 2005, page : 249.
- **Loones , A.(1994).** Laits fermentés par les bactéries lactiques : Aspects fondamentaux et technologiques. Vol2. De Roissart, H et Luquet, F.M(Ed) ; Lorica , Uriage, 135- 154.
- **Lucey J.A, 2004.**Culture dairy products: an overview of their gelation and texture properties. Int. J. DairyTechnol 57, pp 77-84.
- **Luquet(1985) :** F.M.(Eds) Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, p : 35-66.
- **Luquet F. M , 1990.** Les produits laitiers transformations et technologie. 2 éme édition lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre, Tech. do Apria la voisier P2- 85- 206
- **Luquet, F. M., Carrieu, G. (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires, Ed lavoisier tec et Doc, Paris,Pp 307.
- **Luquet F.M. et Carrieu G, 2005.** Bactéries lactiques et probiotique. Collection science et techniques agroalimentaire. Tec et Doc, p 273.

-M-

- **Mahaut M. Jeantet R. Brule G et Schuck P. 2005.** Les produits industriels laitiers. Ed : Tec et Doc ; Lavoisier. France, pp 1-40.
- **Martin, M. (2004).** Technologie des laits de consommation. Ed. Lait. Candia Direction développement technique. Pp135.
- **MARTY-TEYSSET C. DE LA TORRE F. and GAREL J-R. (2000).** Increased production of hydrogen peroxide by lactobacillus delbruekii ssp bulgaricus upon aeration: involvement. Applied and Environmental Microbiology, 66(1), 262-267.
- **Mechtoun.A, 2014.** Essai de fabrication d'un yaourt naturel aromatisé par un sirop de romarin.
- **Megalla SE, Hafez AH (1984).** Detoxification of aflatoxin BI' by acidogenous yogurt. Mycopathologia 77,89-91.
- **MELVYN; 1980-** Mint production in the Midwestern United States. Cooperative estention service. Michigan State University. P 1-18.
- **M. HADJAR Mouafak Hani Mohamed Amine ;2018,** Effets inhibiteurs de l'extrait hydro-méthanolique de Mentha pipérta L Chez Streptococcus thermophilus et Lactobacillus bulgaricus et impact sur la qualité d'un lait fermenté (type yaourt étuvé),mémoire de fin d'étude en master en Biotechnologie alimentaire,université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.pp 57.
- **Moreira, M.D., M.C. Picanço, L.C.d.A. Barbosa, R.N.C. Guedes, M.R.d. Campos, G.A. Silva, and J.C. Martins,** Plant compounds insecticide activity against Coleoptera pests of stored products. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2007. 42: p. 909-915.

-N-

- **Nakasaki, K., Yanagisawa, M., Kobayashi, K. (2008).** Microbiological quality of fermented milk produced by repeated-batch culture. *Journal of Bioscience and bioengineering*, 105(1): 73, 76.
- **Narushima S., Sakata T., Hioki K., Itoh T., Nomura T. et Itoh K. 2010.** Inhibitory Effect of Yogurt on Aberrant Crypt Foci Formation in the Rat Colon and Colorectal Tumorigenesis in RasH2 Mice. *Experimental Animals* 59, pp487-494.
- **NESSMANN. P; 1994**-Un voyage au cœur du jardinage (Manuel du jardinage). Genève 592 p.
- **Ngounou C., Ndjouenkeu R., Mbofung F. et Noubi I. 2003.** Mise en évidence de la biodisponibilité de calcium et de magnésium au cours de la fermentation du lait par des bactéries lactiques isolées du lait caillé du Zébu. *Journal of Food Engineering*, 57, pp 301- 307.

-O-

- **Olivera, B. M. et al.** Diversity of Conus neuropeptides in *Science*, 249 (4966), 257–263 (1990).

-P-

- **Paci kora E, 2004.** Interaction physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brasse aromatisé : quels impact respectifs sur la perception et de la texture et de la saveur ; Thèse de doctorat présentée à l'Institut National Agronomique. Paris. Grignon.
- **Pala V., Sieri S., Berrino F. et OTHER AUTHORS 2011.**Yogurt consumption and risk of colorectal cancer in the Italian European prospective investigation into cancer and nutrition cohort. *International Journal of Cancer* 129, pp2712-2719.
- **Patrick. L 1985**- de la menthe en Seine-Maritime?. Chambre d'Agriculture de la Seine-Maritime. Service des affaires économiques.

-R-

- **Rohman, A., Riyanto, S., Yuniarti, N., Saputra, W.R., Utami, R et Mulatsih, W. (2010).** Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts and fractions of red fruit (*Pandanusconoides* Lam). *International Food Research Journal*, 17, 97-106
- **Romain. Jeantet, thomas Croguennec, michel mahut, pierr shuck ; gérard brûlé ; 2008 :** les produits laitiers 2ème éd tec & Doc lavoisies, paris.Pp185.
- **ROUSSEAU M. (2005).** La fabrication du yaourt, les connaissances. INRA. 9 pages.

-S-

- **Sahan N., Yasar K. et Hayaloglu A.A, 2008.** Physical, chemical and flavor quality of nonfat yogurt as affected by a B-glucanhydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*. Editor-in-Chief: Professor Pete Williams, DSc PhD CChem FRSC ;22(7), pp1291-1297.
- **SCHMIDT J.L., TOURNEUR C et LENOIR J. (1994) :** Fonction et choix des bactéries lactiques laitières in « bactéries lactiques ». DE ROISSART H. et LUQUET F.M. Ed. Loriga, paris.2, p : 37-46.
- **Serra, M., Trujillo, A.J., Guamis, B., Ferragut, V. (2009).** Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yoghurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. *Food hydrocolloids*, 23: 82-91.

- **Shah N.P., 2000.** Probiotic bacteria: Selective enumeration and survival in dairy foods. Journal of Dairy Science, 83 pp894–907.
- **Sherman P M., Johnson-henry K., Yeung H P., Ngo P S C., Goulet J. and Tompkins T A., 2005** - Probiotics reduce enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7- and enteropathogenic *Escherichia coli* O127: H6-Induced changes in polarized T84 Epithelial cell monolayers by reducing bacterial adhesion and cytoskeletal rearrangements. Infection and Immunity. Vol: 73 (8), pp 5183-5188.
- **SINGH SUDHEER K., AHMED SYED U. and ASHOK P. (2006):** Yogurt science and technology. 2 nd Ed. Cambridge : woodhead publishing.
- **Sodini, I. et Beal, C. (2012).** Fabrication des yaourts et laits fermentés. Techniques de l'Ingénieur (F 6315). Paris- France : Pp16.
- **Sultana, B., F. Anwar and M. Ashraf, 2009.** Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. Molecules. 14: 2167-2180.

-T-

- **Tabak, S., Bensoltane, A. (2011).** L'activité antagoniste des bactéries lactiques (*Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum* et *Lactobacillus bulgaricus*) vis-à-vis de la souche *Helicobacter pylori* responsable des maladies gastroduodénales. Ed Nature et Technologie. pp 71-79.
- **TAMIME A.Y. and ROBINSON R.K. (1999).** Yogurt science and technology. 2nd Ed. Cambridge : woodhead Publishing.
- **Tamime A.Y and Robinson R.K. (1999)** Yoghurt : Science and technology. Woodhead Publishing Ltd, England. Paci kora, E. (2004). Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brasse aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception et de la texture et de la saveur .Thèse de doctorat présentée à l'Institut National Agronomique. Paris. Grignon.Pp205.
- **Tamime, A.Y., Deeth, H.C. (1980).** Yogurth: technology and biochemistry. Journal of Food protection, 43, 12, 939-977.

-V-

- **Vignola, C.I., (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed Lavoisier, Paris, Pp600.
- **V.L.Singleton, J.R.Rossi,** "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic – phosphotungstic acid" Am. J. Enol. Vitic, 1965, Vol. (16), page : 144.
- **V.L.Singleton , R.Orthofer , R.M.Lamuela-Raventos,** "Analysis of total phenols and other oxidant substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent" Methods Enzymol., 1999, Vol. (299), page: 152.

-Y-

- **Yadegarinia, D., L. Gachkar, M.B. Rezaei, M. Taghizadeh, S.A. Astaneh, and I. Rasooli,** Biochemical activities of Iranian *Mentha piperita* L. and *Myrtus communis* L. essential oils. Phytochemistry, 2006. 67(12): p. 1249-1255.
- **YOUSSEF A.N; 1990-** Dictionary of Medicinal plants, Librairie du Liban 160 p.

-Z-

- **Zhang M., Hang X., Fan D., Li H. and Yang X., 2008.** Characterization and selection of *Lactobacillus* strains for their effect on bile tolerance, taurocholatedeconjugation and cholesterolremoval. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24, pp7-14.
- **Zheng, W. and S.Y. Wang,** Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 2001. 49(11): p. 5165-5170.

Annexes :

1. Evaporation sous vide par l'Evaporateur rotatif :

1-1. Principe :

Cet appareil permet d'éliminer rapidement un solvant volatil par évaporation. Le principe est basé sur l'abaissement du point d'ébullition avec la pression.

1-2. Mode d'emploi :

- Placer le macérât à évaporer dans le ballon d'évaporation ;
- Mettre ensuite le ballon d'évaporation sous rotation ;
- Ouvrir le robinet d'eau froide relié au réfrigérant ;
- Fermer ensuite la vanne reliant le montage à la pression extérieure (vanne de fermeture) et faire le vide à l'intérieur de l'appareillage à l'aide d'une trompe à eau ;
- Si l'évaporation n'est pas assez rapide, plonger le ballon d'évaporation contenant le macérât à évaporer dans le bain marie d'eau chaude ;
- Procéder à l'évaporation jusqu'à disparition complète du solvant ;
- Ouvrir la vanne de fermeture pour remettre la pression atmosphérique à l'intérieur du dispositif ;
- Enfin, couper l'eau du réfrigérant et de la trompe à eau.

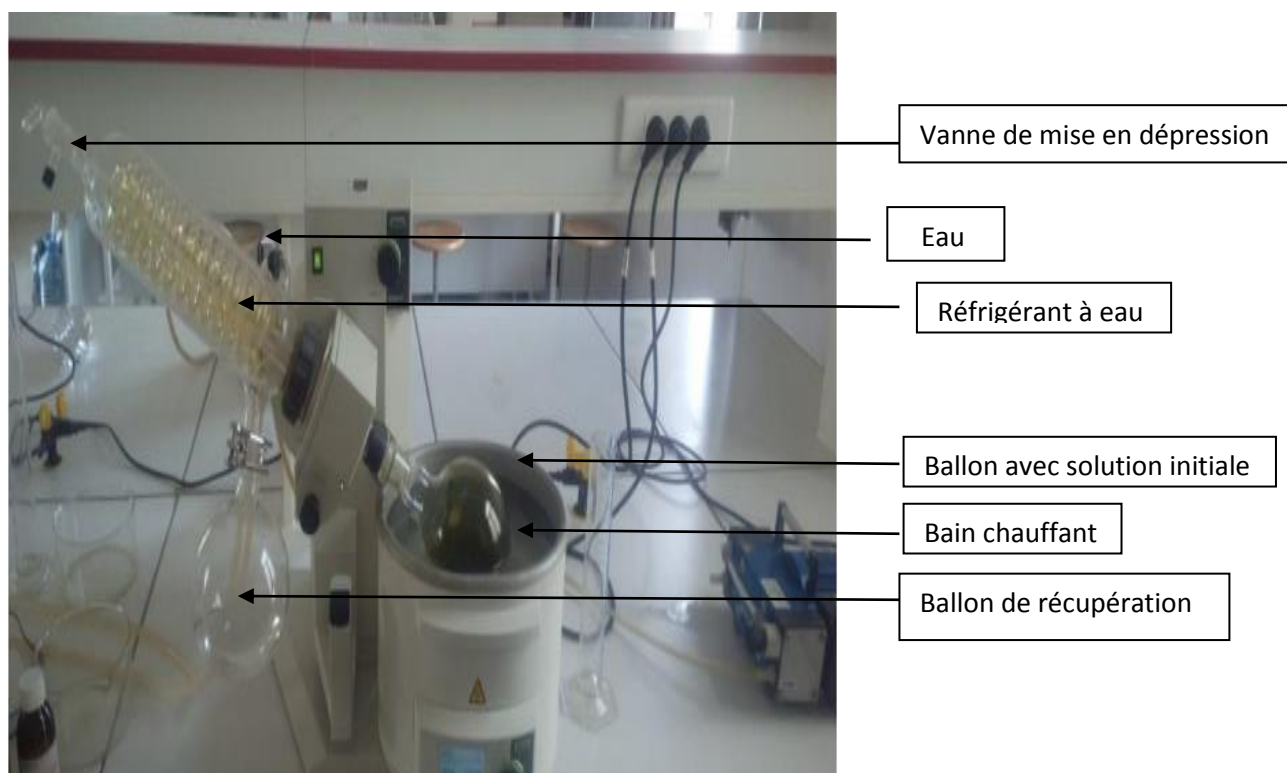


Figure 11. Evaporation sous vide par l'Evaporateur rotatif

2. Préparation d'une solution de phénophtaléine

Dissoudre 2g de phénophtaléine dans 75 ml d'éthanol à 95 % (V/V) et ajouter 20 ml d'eau. Ajouter de la solution d'hydroxyde de sodium (4.1) jusqu'à ce qu'une goutte provoque une faible coloration rose, et compléter à 100 ml avec de l'eau (**J.O.R.A N°58 ,2016**).

3. Composition des principaux milieux de culture :

Tableau 13 . Composition du milieu de culture MRS (**YOUB,Y et BOUDRAA,F 2018**)

Composition	Grammes/litre
Peptone	10
Extrait de viande	8
Extrait autolytique de levure	4
Glucose C ₆ H ₁₂ O ₆	20
Acétate de sodium trihydraté	5
Citrate d'ammonium	2
Tween	801
Hydrogénophosphate de potassium	2
Sulfate de magnésium heptahydraté	0.2
Sulfate de magnésium heptahydraté	0.5
Agar	10
Gélose MRS(pH = 6,2 ± 0,2)	

Autoclavage

à 120 °C / 20

Tableau 14. Composition de milieu de culture M17 (**YOUB,Y et BOUDRAA,F 2018**)

Composition	Grammes/litre
Tryptone	5
Peptone de soja	5
Infusion de viande	5
Extrait autolytique de levure	2.5
Glycérohydrogénophosphate de sodium	19
extrait de Lactose	5
Acide ascorbique C ₆ H ₈ O ₆	5
Sulfate de magnésium	0.25
Agar	11
Gélose M17 (pH = 6,2 ± 0,2)	

4. Définitions :

Adhésivité : Exprime la force de liaison entre les produits et la surface d'une cuillère lors d'une prise d'échantillon.

Cohésivité : Traduit la capacité maximale de déformation de l'échantillon après écrasement du produit en pots entre les doigts.

Fraicheur : Consiste à apprécier l'ampleur de la sensation de fraîcheur lors de la mise en bouche du produit.

Antioxydant : Molécule qui ralentit ou empêche l'oxydation, la dégradation des aliments, de certains composés organiques ou de certains matériaux.

Macération : procédé consistant à laisser séjourner un corps notamment une substance alimentaire dans un liquide (eau, alcool et huile), pour l'imprégner, l'aromatiser et le conserver.

Université Abdelhamid Ben Badis Mostaganem

Département d'Agronomie

Fiche technique d'évaluation sensorielle du Yaourt

Panéliste N° :

Nom prénom:

Sexe :

Age :

Fonction:

Période N° :.....

	0 %			2%			4%		
	Echan.1	Echan.2	Echan.3	Echan.	Echan.2	Echan.3	Echan.1	Echan.2	Echan.3
Adhésivité									
Cohésivité									
Fraicheur									

Il est demandé aux panelistes d'apprécier la qualité des produits selon les critères suivants et une échelle variable de 1 à 10 :

- 1,2,3 : Mauvais (e) ,

- 3,4,5 : Bon (Bonne)

- 6,7,8 : Très bon (bonne)

- 9 et 10 : Excellent (Excellente).