



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

M^r AMARA Mouloud

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : Contrôle de la Qualité des Aliments

THÈME

**Effets antimicrobiens de l'extrait aqueux de *Mentha pipérta* .L
récolté à Ouargla-Algérie sur les germes
Streptococcus thermophilus et *Lactobacillus bulgaricus*
et impact sur la qualité d'un yaourt étuvé**

Soutenu publiquement le : 18/07/2019

DEVANT LE JURY :

Présidente :	M ^{me} BEN MAHDI .F	M.C.B	U. Mostaganem
Encadreur :	M. AIT SAADA. D	M.C.A	U. Mostaganem
Co-encadreur :	M ^{me} AIT CHABANE O	M.C.B	U. Mostaganem
Examineur :	Mr. BEKADA .A .M.A	Prof	U. Tissemsilt
Examineur :	Mr. BOUZOUINA.M	M.C.A	U. Mostaganem
Invité	M ^{me} GUEMIDI .C	Doctorante	U. Mostaganem

Dédicace :

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

- ❖ La mémoire de mon défunt cher père. J'espère que je serai toujours à la hauteur de ses espérances ;

- ❖ A ma chère mère ; à mes frères et sœurs ;

- ❖ A ma femme et mes enfants pour leur encouragement ;

- ❖ Une spéciale dédicace à une personne qui a été très paternaliste avec moi :
M^f AIT SAADA Djamel.

Trouvez dans ce modeste travail mes sincères gratitude et reconnaissance.

Ce travail est le votre.

Remerciements :

Avant toute chose, je tiens à remercier Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donné la force et la patience d'achever ce modeste travail.

Je tiens à remercier et à exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur AIT SAADA Djamel, maître de conférences classe A à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie -MOSTAGANEM et Mme AIT CHABANE Ouiza ainsi que Mme GUEMIDI Chafika d'avoir accepté de diriger ce travail et pour tous leurs conseils avisés.

J'exprime ma reconnaissance à Mme BENMEHDI FAIZA, Maître de conférences classe B à l'université de Mostaganem d'avoir accepté de présider le jury.

Je remercie Monsieur BEKADA .A, Professeur au centre universitaire de TISSIMSLIT et Monsieur BOUZOUINA .M Maîtres de conférences classe A à l'université de Mostaganem de l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner et de juger ce modeste mémoire.

Un grand merci à Monsieur Mohamed et Djilali, Techniciens du laboratoire de microbiologie, ainsi que SAADIA technicienne au laboratoire de biochimie pour leurs soutiens, aides précieuses, leurs disponibilités et pour tous conseils scientifiques.

Un grand merci à mes amis HANI, KARIM, KHADIJA et MALIKA

Que tous les participants trouvent ici, l'expression de ma sincère gratitude .

Résumé:

L'étude expérimentale est consacrée à l'évaluation d'une part des effets inhibiteurs de l'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* sur la croissance des germes spécifiques du yaourt, et d'autre part de l'impact de l'ajout de cet extrait à différentes doses comme additif naturel sur l'évolution des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques d'un lait fermenté (type yaourt étuvé) au cours des périodes de fermentation et de post acidification.

L'extrait aqueux de la plante objet de l'étude a été obtenu par macération à l'eau. L'extrait récupéré a été ensuite dilué à l'eau distillée stérile à des concentrations de 0,20,40,60,80,et 100%.

Des essais d'incorporations de l'extrait de menthe à 0, 2, 4 et 6% ont été également effectués dans un lait fermenté type yaourt étuvé.

Les différentes mesures et contrôles ont été réalisés en triples essais et ont porté sur : test de contact direct, test de diffusion sur disques, concentration minimale inhibitrice et bactéricide (CMI et CMB), pH, acidité, viscosité et tests organoleptiques. Les résultats ont subi une analyse de variance et une comparaison des moyennes selon le test Newman et Keuls.

L'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* semble exercer un effet inhibiteur de type bactéricide sur la croissance des germes lactiques du yaourt: *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.

L'ajout d'extrait aqueux de menthe poivrée dans le lait fermenté a réduit relativement l'acidité, le pH, la viscosité et même l'accroissement des germes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.

Toutefois, le lait fermenté additionné d'extrait aqueux de menthe à 2 et 4 % ont été très bien appréciés par le jury de dégustation, au même titre que le yaourt témoin.

Mots clés : *Mentha pipérита*, Yaourt, extrait aqueux, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*.

Summary:

The experimental study is devoted to the evaluation of the inhibitory effects of the aqueous extract of *Mentha piperita* L on the growth of specific yogurt germs, and on the other hand the impact of the addition of this extract. extracted in different doses as a natural additive on the evolution of the physicochemical, microbiological and organoleptic parameters of a fermented milk (parboiled yoghurt type) during the periods of fermentation and post acidification.

The aqueous extract of the plant under study was obtained by maceration with water. the recovered extract was then diluted with sterile distilled water at concentrations of 0.20,40.60.80, and 100%.

Incorporation tests of mint extract at 0, 2, 4 and 6% were also carried out in fermented milk type steamed yoghurt.

The various measurements and controls were carried out in triplicate tests and focused on: direct contact test, disk diffusion test, minimum inhibitory and bactericidal concentration (MIC and CMB), pH, acidity, viscosity and organoleptic tests. The results were analyzed for variance and averaged by Newman and Keuls.

The aqueous extract of *Mentha piperita* L seems to exert a bactericidal inhibitory effect on the growth of yogurt lactic bacteria: *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*.

The addition of aqueous peppermint extract to the fermented milk has relatively reduced the acidity, pH, viscosity and even increase of the germs *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*.

However, the fermented milk supplemented with 2% and 4% aqueous mint extract was very well appreciated by the tasting panel, just like the standard yoghurt.

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

Liste des abréviations

EAG : Equivalent d'acide gallique.

V : viscosité.

°D : Degré dornique.

FAO : Food Agricultural Organisation.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

JO : Journal officiel.

MH : Mueller Hilton.

CMB : Concentration minimale bactéricide.

CMI : Concentration minimale inhibitrice.

UFC : Unité formant colonie.

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
01	Menthe poivrée.	04
02	Structure de base des flavonoïdes.	11
03	Structure de base des anthocyanes.	11
04	Aspects microscopiques des bactéries lactiques du yaourt.	24
05	Interactions de <i>Streptococcus thermophilus</i> et <i>Lactobacillus bulgaricus</i> en culture mixtes dans le lait.	26
06	Diagrammes des principales étapes de fabrication du yaourt.	30
07	Effet du traitement thermique sur le microstructure du yaourt.	34
08	Filtration après macération.	36
09	Evaporation du solvant pour le dénombrement de LB et STR.	36
10	Dispositif (viscosimètre) de la mesure de la viscosité du yaourt	46
11	Dilution du yaourt pour le dénombrement de LB et STR.	49
12	Diamètres d'inhibition des extraits phénoliques de la menthe sur les germes spécifiques du yaourt.	51
13	CMB pour les deux germes spécifiques du yaourt.	

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
01	Classification des polyphénols	04
02	Structure de base des flavonoïdes.	11
03	Structure de base des anthocyanes.	11
04	Aspects microscopiques des bactéries lactiques du yaourt.	24
05	Interactions de <i>Streptococcus thermophilus</i> et <i>Lactobacillus bulgaricus</i> en culture mixtes dans le lait.	26
06	Diagrammes des principales étapes de fabrication du yaourt.	30
07	Effet du traitement thermique sur la microstructure du yaourt.	34
08	Filtration après macération.	36
09	Evaporation du solvant pour le dénombrement de LB et STR.	36
10	Dispositif (viscosimètre) de la mesure de la viscosité du yaourt	46
11	Dilution du yaourt pour le dénombrement de LB et STR.	49
12	Diamètres d'inhibition des extraits phénoliques de la menthe sur les germes spécifiques du yaourt.	51
13	CMB pour les deux germes spécifiques du yaourt.	

Table des matières :

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé.....2

Introduction.....3

Partie 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 Généralité sur la menthe poivrée.....03

5-4-3-2-1 **Sélection du jury.....21**

5-4-3-2-2 Choix des descripteurs.....21

5-4-3-2-3 **L'échelle de notation21**

5-4-3-2-4 **L'entraînement des sujets et le contrôle des performances.21**

5-4-3-2-5 Organisation des séances.....22

Chapitre II : Les Polyphénols.....22

1- Généralités biochimiques.....23

2. Localisation et rôle dans les plantes..	23
3. Classification des composés phénoliques.....	24
3.1. Composés phénoliques largement répondus.....	25

3.1.1 Flavonoïdes.....	25
3.1.2 Les anthocyanes.....	25
3.1.3 Flavones et flavonoles.....	25
4 Intérêts des composés phénoliques.....	26
4-1 Rôle nutritionnel et thérapeutique.....	26
4.2 Rôle physiologique.....	27
4.3 Rôle technologique.....	27
5. Mode d'action des polyphénols	28

Chapitre III : Généralité sur les espèces de la Menthe poivrée

1. Généralités.....	29
2. Définition.....	29
3. Avantages de la phytothérapie.....	29
4. Les Menthes.....	30
4.1. Origines historiques.....	30
4.2. La menthe poivrée.....	30
4.2.1. Classification.....	31

4.3. Caractéristiques.....	31
4.3.1. Description	31
4.3.2. Pays d'origine.....	32
4.3.3. Principaux pays producteurs.....	32
4.3.4. Culture.....	32
4.3.5. Récolte.....	33
4.4. Conservation.....	33
4.5. Composition.....	33

4.5.1. Constituants principaux de la plante.....	33
4.5.2 Dosage.....	34
5. Propriétés et emplois.....	34
5.1. Propriétés.....	34
5.2. Toxicologie.....	34
5.3. Emploi comme épice.....	34
5.4 Autres emplois.....	35
6- Usages.....	35
6.1 Usages internes.....	35
6.2. Usage externe.....	35

Partie 2 : Méthodologie

1 Objectifs.....	36
2. Matériel végétal.....	36
3. Extraction des polyphénols.....	36
4. Préparation des solutions d'extraits de polyphénols.....	37
5. Etude des effets antimicrobiens des extraits phénoliques de la Menthe...	

5.1 Activation des souches microbiennes expérimentales.....	37
5.2 Méthode de contact direct.....	37
5.3 Méthode des disques par diffusion sur gélose.....	38
5.4 Détermination de la concentration minimale inhibitrice : CMI.....	38
5.5 Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB).....	39
6. Essai de fabrication d'un lait fermenté alicament enrichi de polyphénols.....	40
6.1 Protocole expérimental.....	40
6.2 Préparation des levains.....	40

6.3 Mise en fabrication des laits fermentés expérimentaux.....	40
7. Mesures et contrôles	41
7.1 Paramètres physicochimiques.....	41
7.1.1 Acidité.....	41
7.1.2 pH.....	41
7.1.3 Viscosité.....	41
7.2 Analyses microbiologiques.....	41
7.3 Test organoleptique.....	42
8. Traitement statistique.....	42

Partie 3 : Résultats et discussion

1. Résultats.....	43
1.1. Rendement d'extraction.....	43
1.2. Effet inhibiteur des extraits phénoliques de la menthe.....	43
1.2.1. <i>Streptococcus thermophilus</i>	43
1.2.1.1. Diamètre d'inhibition.....	43
1.2.1.2. Taux d'inhibition.....	44
1.2.1.3. Taux de croissance.....	45

1.2.1.4. Concentration minimale inhibitrice (CMI).....	45
1.2.1.5. Concentration minimale bactéricide CMB.....	46
1.2.1.6. Rapport CMB/CMI.....	46
1.2.2. <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	47
1.2.2.1. Diamètre d’inhibition.....	47
1.2.2.2. Taux d’inhibition.....	48
1.2.2.3. Croissance de <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	48

1.2.2.4. Concentration minimale inhibitrice (CMI).....	49
1.2.2.5. Concentration minimale bactéricide (CMB).....	50
1.2.2.6 Rapport CMB / CMI.....	50
1.3. Qualité des laits fermentés additionnés de poly-phénols de Menthe poivrée.....	50
2. Discussion.....	52
Conclusion générale.....	56

Références bibliographique

Introduction

Introduction :

La menthe est, avant tout, une plante bienfaitrice ayant un pouvoir positif sur la santé. On prête d'ailleurs à cette plante d'innombrables vertus antibactériennes, antidouleur, anti-inflammatoire ... 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**).

Beaucoup d'études ont été réalisées au sujet de l'activité antimicrobienne des extraits de plantes qu'elles soient citées dans des ouvrages, dans des journaux spécialisés de microbiologie ou présentées lors de congrès scientifique d'aromathérapie. Il résulte que, les extraits phénoliques possèdent de nombreuses activités biologiques. Selon les travaux de **Freeman et Carel (2006)**, ces activités sont liées essentiellement à la composition chimique, aux groupes fonctionnels des composés majoritaires de ces extraits et à leurs effets synergiques.

Ces effets antibactériens nous ont conduits à poser la question suivante : « Est ce que l'utilisation des extraits de menthe comme adjuvant dans les produits laitiers (le yaourt par exemple) peuvent avoir un effet sur la croissance des ferments lactiques tels, que les *Sreptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* qui présentent des intérêts variés (industriels et nutritionnels) » ?

Pour cela, nous nous sommes proposé de suivre le comportement *in vitro* des souches de levains lactiques vis-à-vis des inhibiteurs de croissance tels les composés phénoliques de la menthe poivrée extraite à l'eau de la planter par la méthode de macération.

L'effet inhibiteur de l'extrait phénolique de la menthe poivrée à été ensuite étudié principalement par deux méthodes d'approches : la méthode de diffusion sur disques et la méthode de contact direct. L'évolution des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques du lait fermenté type yaourt additionnée d'extrait aqueux de *Mentha pipéritya* L a été enfin suivie au cours de la périodes de fermentation et de post-acidification de conservation des produits à 4°C pendant 21 jours.

Ce manuscrit comporte trois grandes parties :

- Une première partie bibliographique attrait sur les généralités sur la menthe poivrée, les composés phénoliques et le yaourt étuvé.
- Une seconde partie décrivant le matériel et les méthodes appliquées dans l'approche expérimentale en vue d'étudier les effets antimicrobiens de l'extrait aqueux de la menthe poivrée sur les germes spécifiques du yaourt ainsi que le suivi de la qualité du yaourt additionné d'extrait aqueux de *Mentha pipérata L* au cours de 21 jours de conservation au froid à 4 °C.
- Enfin, une dernière partie a été consacrée à la critique et à la discussion des résultats obtenus au terme du travail expérimental entrepris au laboratoire, achevée par des propositions, recherche développement à entreprendre en perspective dans le futur proche dans le domaine.

Partie 1 : Etude bibliographique

Chapitre I : Menthe poivrée

Chapitre I : Menthe poivrée

1. Généralité sur les plantes médicinales :

1.1. Définition :

Les plantes médicinales sont définies dans la pharmacopée comme des plantes dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Plus précisément, une partie de la plante entière est explicitement désignée comme pouvant être utilisée en thérapeutique et est appelée « drogue végétale » ; peut aussi être un exsudant de plantes ou un champignon.

Les plantes médicinales sont dénommées de manière précise afin d'éviter les confusions on les désigne par leur nom français et par le nom scientifique complet (nom latins du genre, de l'espèce, suivis de l'abréviation du nom du botaniste descripteur, complétés si nécessaire par le nom de la variété ou du chimio type). Cette nomenclature est employée dans ce chapitre, les termes « sp » ; « spp » ; « ssp » signifiant respectivement : espèce indéterminée d'un genre, plusieurs espèces d'un genre, sous espèce.

Certaines plantes médicinales ont des emplois alimentaires ou condimentaires. Certains produits de phytothérapie ont ainsi un statut de complément alimentaire, et doivent être distingués des produits pharmaceutiques. Ce fait revêt des implications pratiques, notamment en termes d'emploi de qualité (**Jean et al, 2013**).

1.2. Phytothérapie :

La phytothérapie est, au sens étymologique, « la thérapeutique par des plantes » ; elle utilise les plantes ou les formes immédiatement dérivées des plantes en excluant les principes actifs purs issus de celles-ci. Elle correspond au traitement des pathologies bénignes par les plantes médicinales. C'est une thérapeutique familiale, de conseil et d'automédications a visée symptomatique, parfois préventive. Les plantes sont consommées en l'état (tisane) ou après transformation (poudre, extrait, teintures et souvent dans des médicaments à base de plantes). La phytothérapie peut constituer une thérapie alternative à la médication moderne et doit autant que possible tenir compte des critères moderne d'évaluation (**Iserin et al., 2001**).

1.3. Avantages de la phytothérapie :

Malgré les énormes progrès réalisés par la médecine moderne, la phytothérapie offre de multiples avantages, n'oublions pas que de tout temps à l'exception de ces cents dernières

années, les hommes n'ont pas eu que les plantes pour se soigner, qu'ils s'agissent de maladies bénignes, rhume ou toux ou plus sérieuse tels que la tuberculose ou la malaria aujourd'hui.

Les traitements à base des plantes reviennent au premier plan, car l'efficacité des médicaments tels que les antibiotiques (considérés comme la solution quasi universelle au infections grave) décroît, les bactéries et les virus se sont peu à peu adaptés aux médicaments et leur résiste de plus en plus (**Iserin et al., 2001**). La phytothérapie qui repose sur des remèdes naturels et bien acceptés par l'organisme, et souvent associé au traitement classique. Elle connaît de nos jours un renouveau exceptionnel en occident, spécialement dans le traitement des maladies chroniques comme l'asthme ou l'arthrite (**Iserin et al., 2001**).

1.4. Les Menthes :

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 saveur d'hybridation, sont connues (**Delachaux et Niéslés, 2013**).

❖ Historiques :

« 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**).

Toutes les menthes sont odorantes et peuvent être employées comme les menthes des champs; 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 à feuille rondes.

2. La menthe poivrée :

Il est distingué deux espèces de Menthe poivrée :

-Menthe *pipérита folium*, dont les feuilles renferment au minimum 12 ml / kg des huiles essentielles.

-Menthe *piperita aetheroleum*, dont les huiles essentielles de menthe poivrée, renfermes 33 à 55 % de menthol, 13 à 32 % de menthone , 2,8 à 10% d'acétate de menthyl , 3,4 à 14% de cinéole , 1 à 9% de menthofurane , 1 à 5% de limonène et 1,5 à 10% d'isomenthone.

2.1. Classification :

Mentha x piperita L. est un hybride stérile issu du croisement entre la menthe aquatique (*M. aquatica* L.) et la menthe verte (*M. spicata* L.).

Selon leur habitat, on différencie :

- *Mentha x piperita* L. var *piperita* f. *rubescens* (ou *piperita*), menthe poivrée foncé « black mint » ; originaire de Mitcham ; aux environs de Londres et de loin la plus estimée ;
- *Mentha x piperita* L. var ; *piperita* f. *palescens* ; menthe poivrée vert clair (White mint) (François,2012).

La Menthe poivrée peut être classée comme suit :

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae / Labiales (lamiacées)

Genre : *Mentha*

Espèce : *Mentha x piperita* L. nm *Piperita*

Autre nom : Mitcham, menthe anglaise, Peppermint et en Algérie

-**Synonyme :** *Mentha x piperita* L. Var *vulgaris* SOLE. (François,2012).

2.2. Description :

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 à 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 à 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 : La menthe poivrée

2.3. Pays d'origine :

Il s'agit d'un hybride cultivé, provenant probablement d'Angleterre et des pays méditerranéens (François, 2012).

2.4. 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).

2.5 Culture :

La menthe poivrée n'est pas très exigeante pour la qualité du sol. Des plans à fortes teneurs en huiles essentielles et de bonnes qualités aromatiques peuvent être obtenus sur des sols sablonneux argileux, pas trop sec mais riches en humus, situés dans des endroits ensoleillés et protégés du vent. La plante ne doit pas être cultivée après d'autres lamiacées (prévoir une interruption de culture au bout de 4 à 5 ans).

La multiplication se fait uniquement par voie végétative ; par division des souches ou des dragons, ces derniers sont récoltés naturellement à l'automne, découpés en fragments longs de 15 à 20 cm, placés dans un sillon profond de 10cm puis recouverts de terre et humidifiés. On peut également déterrer les souches à l'automne ou au printemps, les diviser puis les replanter dans le jardin, il faut éviter que les stolons l'envahissent trop le terrain en cultivant les plants dans les pots sans fond, enfouis en terre en minimum à 30cm de profondeur, les plants sont généralement utilisés durant 1 à 3 ans, puis ils dégénèrent (auto-incompatibilité).

2.6. Récolte :

La récolte s'effectue avant la floraison (de juin au juillet) manuellement dans les cas des cultures à petite échelle et mécaniquement en cas de culture industrielle.

Une deuxième coupe, voir éventuellement une troisième, sont possible au plus tard à la mi-septembre. Le produit de la récolte est grossièrement hachée, puis les feuilles sont séparées des tiges par ventilation ou tamisage, dans les cultures à échelle familiale, les feuilles et les tiges feuillées portant 3 paires de feuilles supérieures sont cueillies manuellement, elles sont séchées à des températures maximales de 42°C dans des tunnels de séchage et pour une consommation personnelle, les feuilles fraîches sont récoltées juste avant leur emploi. (Eberhard et al, 2005).

2.7. Conservation :

Les feuilles fraîches peuvent être conservées quelques jours dans les sacs en plastique 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).

2.8. Composition :

2.8.1. Constituants principaux de la plante :

Les huiles essentielles : 0,5 % à 6% surtout riche en menthol (-)-1R, 3R, 4S-menthol : 15 à 76% acétate de menthyle (2 à 5% voir jusqu'à 23% selon la provenance), 1,8-cinéole (3 à 8%), menthofurane (0 à 7%), isomenthon (2 à 13%), noémenthol (2,5 à 5%) limonène (2 à 10%),

pulégone (0,5 à 1,5%), β -caryophyllène (0,5 à 1,5%) et germacrène D (1 à 2%).

Ces constituants majoritaires sont accompagnés d'hydrate de trans-sabinène, de pipériténone, α et β pinènes et de veridifolrol, dans les distillats les alcools terpéniques et aliphatiques existent sous forme d'hétérosides ; glycosides de menthol, disomenthol de néomenthol de linalol **d'oct-1-en-3-ol** et d'octan -3-ol. Ces huiles contiennent :

-Des dérivés d'acide hydroxycinnamiques, appelé « tanins des lamiacées », 3,5 à 6% de rosmarinique (= 3%)- Des Flavonoïdes : jusqu'à 10% : hétéroside d'apégénine, diosmétine, lutéoline , éridictiol, notamment l'ériocitrine (ériodictiol -7rutinosite , des flavone polyméthoxilé comme le xantanmicrol les gardénines D et B et 5-O- diméthyle-nobilétine.

-Tritarpènes : acide ursolique (0,1%) (**François, 2012**).

2.8.2 .Dosage :

La teneur en huiles essentielles est mesurée par le calcul du rendement de l'extraction après une hydro-distillation par entraînement à la vapeur.

La méthode universelle pour la détermination de la composition chimique des huiles essentielles est la chromatographie en phase gaz (CPG) (**François ,2012**).

2.9. Propriétés et emplois :

a) Propriétés:

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 hydro-alcooliques 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**).

b) 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 forte 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 (**Eberhard et al. 2005**).

absorption des huiles essentielles. Le menthol et le thymol sont considérés comme allergènes (**Eberhard et al, 2005**).

c) Emploi comme épice :

La menthe poivrée peut servir à aromatiser les salades de fruits, les potages froids, les yaourts et les produits laitiers. C'est un d'excellent condiment ,que ce soit tel quelle, crus, hachée dans des salades ou dans divers plats ou bien sous forme de sauce à la menthe (**François 2009**).

Les huiles essentielles de menthe poivrée sont employées en confiserie, bonbon à la menthe, chewing-gums et d'autre sucreries (**Eberhard et al, 2005**).

d) Autres emplois :

Les huiles essentielles de menthe sont employées à grande échelle en cosmétique: dentifrice, bain de bouche produit après rasage, lotion corporelle ...etc.

e) Usages thérapeutiques:

❖ **Usages internes :**

La menthe poivrée est utilisée, le plus souvent, sous formes d'infusion ou d'extrait, en cas de troubles gastro-intestinaux et biliaires, en cas de nausées, de vomissement et de refroidissement de dysménorrhée .Elle est aussi utilisée comme sédatif.

Les huiles essentielles sont employées en cas de crampes du tractus gastro-intestinal supérieur et des voies biliaires, dans le cas d'un côlon irritable (irritation intestinale), d'infections des voies respiratoires supérieurs et d'inflammation de la muqueuse buccales (**Eberhard et al., 2005**).

❖ **Usage externe :**

L'huile essentielle de menthe poivrée peut être utilisée pour traiter des douleurs musculaires, les névralgies, les maux de têtes, l'inflammation des voies respiratoires supérieurs et le rhume.

La peau peut être massée avec quelques gouttes d'huile essentielle de *Mentha pipérita* non diluée sous forme de préparation semi pâteuse ou huileuse (dosé à 5%) , des pommades nasales (2 à 5%), de solutions hydro alcooliques (5 à 10%) ou d'inhalation (3 à 4%) dans de l'eau bouillante. Les préparations contenant du menthol ne doivent pas être étalées sur le visage des nourissants et des jeunes enfants (**Eberhard et al. 2005**).

Chapitre II : Composés phénoliques

Chapitre II : Les composés phénoliques :

1- Généralités biochimiques :

1- Généralités biochimiques :

Les composés phénoliques sont des molécules qui appartiennent au métabolisme secondaire des plantes. Les polyphénols constituent un groupe important de métabolites secondaires, environ 10.000 composés ont été caractérisés jusqu'à aujourd'hui.

La plupart des molécules phénoliques sont formées à partir de deux acides aminés aromatiques : la tyrosine et surtout la phénylalanine. Ces acides aminés sont formés de façon variable suivant les végétaux (**Guignard, 2000**).

Les poly phénols sont des molécules très diversifiées, constituées d'un ou plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles, Les formes les plus simples sont représentées par deux principaux groupes qui dérivent de nombreux composés : les acides hydroxy cinnamiques et les flavonoïdes, ces derniers sont des composés en C6-C3-C6, qui renferment plusieurs milliers de molécules pouvant être regroupées en plus de dix classes, induisant une nomenclature complexe. Ils sont issus du para-coumaroyl CoA et de 3 molécules de malonyl-CoA qui forment l'hydroxychalcone comprenant 2 noyaux benzéniques (**Macheix et al., 2005**).

2. Localisation et rôle dans les plantes :

Au niveau de la cellule, les composés phénoliques sont principalement répartis dans deux compartiments : les vacuoles et la paroi. Dans les vacuoles, les polyphénols sont conjugués, avec des sucres ou des acides organiques, ce qui permet d'augmenter leur solubilité et de limiter leur toxicité pour la cellule. Au niveau de la paroi, on trouve surtout de la lignine et des flavonoïdes liés aux structures pariétales.

Les composés phénoliques sont synthétisés dans le cytosol. Une partie des enzymes impliquées dans la biosynthèse des phénylpropanoïdes est liée aux membranes du réticulum endoplasmique, où elles sont organisées en métabolons (**Winkel, 2004 ; Macheix et al., 2005**). D'autres organites du cytoplasme, comme des vésicules golgiennes ou des chloroplastes, peuvent participer à la biosynthèse des composés phénoliques, mais ce ne sont pas des lieux d'accumulation (**Macheix et al., 2005**).

Au sein même des feuilles la répartition des composés est variable, par exemple les anthocyanes et les flavonoïdes sont majoritairement présents dans l'épiderme (**Tomas-Barberan et Espin, 2001 ; Cheynier et Sarni-Manchado, 2006**).

Les composés phénoliques interviennent dans un grand nombre de processus physiologiques chez la plante et dans les interactions avec leur environnement, leur structure leur conférant des fonctions très spécifiques (**Desjardin, 2008**).

Par ailleurs, les composés phénoliques peuvent avoir un rôle de signal (**Treutter, 2006**) ; des flavonoïdes permettent par exemple la mise en place de la symbiose entre des fabacées et des bactéries, ce qui permet à ces plantes de fixer directement l'azote atmosphérique. Ils participent aux phénomènes de pollinisation puisqu'ils sont responsables de la coloration des fleurs (**Macheix et al., 2005**).

De plus, les flavonoïdes ont un rôle de filtre contre le rayonnement UV, ce qui explique leur localisation dans les tissus externes (**Gould et Lister, 2006**).

Enfin, les flavonoïdes tels que les dérivées hydroxycinnamiques jouent un rôle important dans la résistance des plantes aux stress environnementaux (**Walton et Brown, 1999**).

3. Classification des composés phénoliques :

D'après Harbone (**1994**), les polyphénols sont classés en fonction de leur squelette carbonée en quatre principales classes (**Tableau 1**), de même qu'ils peuvent être classés en trois groupes selon leurs répartitions:

- Les composés phénoliques largement répandus.
- Les composés phénoliques peu répandus (exemple: le cathécol et l'acide caféique).
- Les composés phénoliques présents dans la nature sous forme de polymères.

Tableau 1 : Classification des polyphénols selon le nombre d'atomes de carbone (**Harbone, 1994**).

Nombre de carbone	Squelette de base	Classe	Exemple
6	C ₆	Phénols simples Benzoquinones	Catéchol
7	C ₆ -C ₁	Acides phénoliques	p-Hydroxybenzoïque Salicylique
8	C ₆ -C ₂	Acétophénone Phénylacétiques acides	p-hydroxyphénylacétique
9	C ₆ -C ₃	Acides hydroxy-cinnamique Phényle propènes coumarique Isocoumarique Chromone	Caféique, férulique Eugénol
10	C ₆ -C ₄	Nafthoguinone	Plumbagin
13	C ₆ -C ₁ -C ₆	Xanthone	Mangiférine
14	C ₆ -C ₂ -C ₆	Stilbènes ; Anthraquinones	Acide coumarique
18	(C ₆ -C ₃) ₂	Ligans	Podophyllotoxine
30	(C ₆ -C ₃ -C ₆) ₂	Biflavonoid	Amentoflavone
n	(C ₆ -C ₃) _n ; (C ₆) _n ; (C ₆ -C ₃ -C ₆) _n	Lignines ; Catécholmélanine Flavolans (Tanins condensés)	

3.1. Composés phénoliques largement répondus :

3.1.1 Flavonoïdes :

Comme le laisse supposer, sa dénomination historique (du latin ;*flavus* = jaune). Ce groupe est très important et très étendus et comprend des composés de couleur jaune. Les flavonoïdes sont des composés polyphénoliques présents dans les végétaux , dont on a pu identifier plus de 4000 différents types (**Hollman, 1997**).

D'après Shahidi et Naczk (**1995**), ces composés appartiennent aux groupes des phénols , qui possèdent un squelette de base diphenyle-propane (C6-C3-C6), avec différents niveaux d'oxydation au centre du cycle pyrane (figure 5).

La plupart des flavonoïdes se trouvent sous forme d'aglycones liés à des glucosides. Ces constituants glycosidiques sont fixés aux groupes hydroxyles du cycle A et plus fréquemment à la position 3 de l'hétérocycle (**Richter,1993**).

Parmi les flavonoïdes présentant le plus intérêt, nous citerons :

3.1.2 Les anthocyanes :

Les anthocyanes sont des pigments, qui par suite de leur ionisation, présentent des couleurs différentes pour divers pH, de rouge orange en milieu acide au bleu mauve en milieu alcalin ; et dans certain cas forment des complexes avec les métaux (**Richter, 1993**).

Les anthocyanes existent chez la quasi totalité des espèces du règne végétal. En effet plus de 200 anthocyanes différents ont été identifiés dans les plantes et environ 70 uniquement dans les fruits (**figure 6**).

La plupart d'entre eux sont des monoglycosides , diglycosides de pelargonidine, cyanidine, malvidine et peonidine (**Shahidi et Naczk, 1995**).

Ils dérivent du phenyl-2-benzopyrylium ou flavylium . La structure aromatique est dûe à la présence de doubles liaisons conjuguées responsables de la stabilité de la molécule(**Aissani et Maata, 1998**). Ils sont présents dans la nature sous forme hétérosidiques ou anthocyanidines, cependant le nombre d'aglycones, ou l'anthocyanidines est assez limité (**Ribereau et al.,1968**).

3.1.3 Flavones et flavonoles :

En générale, les flavonoles , responsable de la teinte jaune, sont caractérisés par la présence d'un groupement carbonyle en position 4 et d'un groupement glucidique est le plus souvent relié en position 7. Parmi les flavonoles les plus répandus, on trouve essentiellement le quercétol et le myricétol.

Les flavones proprement dites se trouvent dans les plantes sous forme O-glucoside, ils ont un rôle moins important que le flavonoles. La seule différence entre ces deux composants réside en la présence de groupe hydroxyle en C₃ dans les flavonoles qui peut être considéré comme trois hydroxy flavonole (**Hertog et al., 1992**).

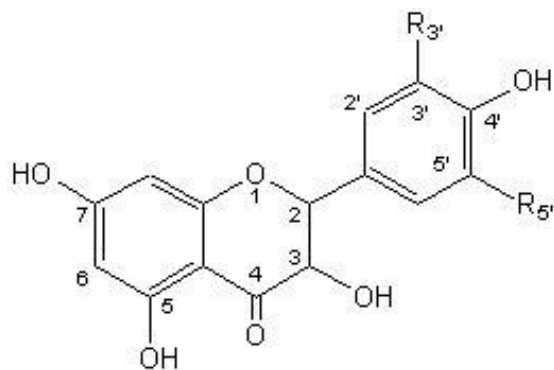


Figure 2 : Structure de base des flavonoïdes

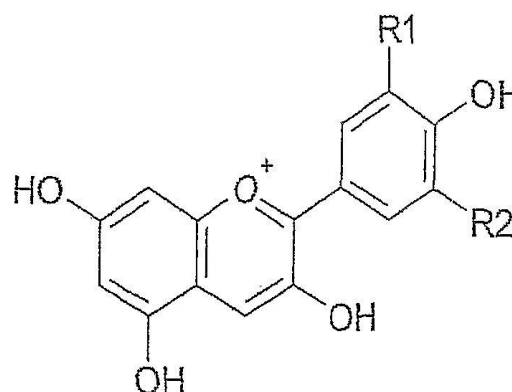


Figure 3 : Structure de base des anthocyanes

4 Intérêts des composés phénoliques :

4.1. Rôle nutritionnel et thérapeutique :

Les polyphénols sont probablement les composés naturels les plus répandus dans la nature , et que l'homme en consomme jusqu'à 10g par jour. Ces substances sont dotées de certaines activités résumées dans le tableau3.

Tableau 2. Activités biologiques des composés phénoliques (**Bahorun, 1997**).

Polyphénols	Activités
Acides phénols (cinnamiques et benzoïques)	Antibactériennes Antifongiques Antioxydantes
Coumarines	Protectrices vasculaires et Antioédémateuses
Flavonoïdes	Antitumorales Anticarcinogènes Antiinflammatoires Hypotenseurs et diurétiques Antioxydantes
Anthocyanes	Protectrices capillaro-veineux
Proanthocyanidines	Effets stabilisants sur le collagène Antioxydantes Antitumorales Antifongiques Antiinflammatoires
Tanins galliques et catéchiques	Antioxydantes

Un très grand nombre de données expérimentales plaide aujourd'hui en faveur d'implication des polyphénols dans la prévention des maladies dégénératives telles que les cancers, les maladies cardio-vasculaires, ostéoporoses et/ou les maladies inflammatoires (**Rock, 2003**).

4.2 Rôle physiologique :

Des travaux très anciens ont montré que les phénols seraient associés à de nombreux processus physiologiques : croissance cellulaires, différenciation, organogenèse, dormance des bourgeons, floraison et tubérisation.

Les flavonoïdes sont des pigments responsables de la coloration des fleurs, des fruits et des feuilles, ils sont universellement présents dans la cuticule foliaire et dans les cellules épidermiques de feuilles, ils sont susceptibles d'assurer la protection des tissus contre les effets nocifs des rayonnements UV (**Alibert et al., 1977**).

4.3 Rôle technologique :

Généralement, les polyphénols sont partiellement responsables des qualités sensorielles et alimentaires des aliments végétaux. L'astringence et l'amertume des nourritures et des boissons dépendent de la teneur en polyphénols (**Lugasi et al. 2003**).

Un très grand nombre de données expérimentales plaide aujourd'hui en faveur d'implication des polyphénols dans la prévention des maladies dégénératives telles que les cancers, les maladies cardio-vasculaires, ostéoporoses et/ou les maladies inflammatoires (**Rock, 2003**).

5. Mode d'action des composés phénoliques :

L'action des polyphénols sur les cellules des microorganismes est basée sur une multiplicité d'influences individuelles. Celles-ci n'incluent pas seulement un mécanisme physique et physico-chimique mais aussi une réaction biochimique.

Globalement, l'action antimicrobienne peut être expliquée par les étapes suivantes :

- Influence sur l'ADN,
- Influence sur synthèse des protéines,
- Influence sur l'activité des enzymes.

Les polyphénols considérés comme des substances lipophiles agissent sur la cellule en perforant la membrane cellulaire. Cette perforation augmente le flux des protons vers l'intérieur de la cellule ce qui accroît le besoin en énergie (**Luck et al., 1995**).

Les différences dans le contenu des lipides de la paroi cellulaire expliquent la différence du degré de l'activité inhibitrice entre les bactéries gram négatif et gram positif ou ce degré est plus élevé. Les dérivés de l'acide benzoïque sont les plus efficaces principalement contre les levures et moisissures. L'activité antimicrobienne exige une certaine solubilité dans l'eau et dans les lipides. La croissance des microorganismes n'est possible que dans une phase aqueuse uniquement et la substance antimicrobienne doit être hydrosoluble afin de traverser la paroi de la cellule. **(Luck et al., 1995).**

Chapitre III: Aperçu sur le yaourt

Chapitre III : Aperçu sur le yaourt

1. Historique :

Le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) originaire d'Asie, 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**).

De nombreux autres produits sont arrivés par la suite sur le marché : laits fermentés probiotiques, laits fermentés de longue conservation (pasteurisés, UHT, lyophilisés ou séchés) et produits « plaisirs » (à boire, pétillants ou glacés).

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**).

2. Définition :

D'après le Codex Alimentaire : le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* (*Lb.bulgaricus*) et de *Streptococcus salivarius* , sous-espèce *thermophilus* (*St. thermophilus*) , à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition de substances (lait en poudre, poudre de lait écrémé, les protéines lactosériques concentrées ou non, la caséine alimentaire ...etc.). Les micro-organismes du produit final doivent être viables et abondants.

La législation de nombreux pays exige que les bactéries du yaourt soient vivantes dans le produit mis en vente. Certains pays néanmoins, admettent qu'à la suite d'un traitement thermique destiné à améliorer la durée de conservation, le produit ne contient plus de bactéries vivantes.

Cette pratique n'est toutefois pas recommandable, car elle modifie les propriétés du yaourt (Anonyme, 1995).

3. Matières utilisées pour la production du yaourt :

3.1. Lait frais :

Le lait est un produit de forte valeur nutritionnelle. C'est l'un des rares aliments à contenir une teneur équilibrée en nutriments de base (glucides, lipides et protéines). C'est aussi l'un des rares à convenir aux différentes tranches d'âge (nourrissons, enfants, adolescents, adultes, personnes âgées) qui le consomment tel quel, à l'état liquide (lait frais) ou sous forme de produits dérivés (fromages, yaourts, crèmes glacées . . . etc).

Avec une valeur énergétique de l'ordre de 700Kcal / l, le lait de plusieurs espèces animales constitue une source importante et relativement bon marché d'apport quotidien en acides aminés et en acides gras essentiels, ainsi qu'en calcium alimentaire. Le lait est aussi riche en d'autres sels minéraux (notamment phosphore et magnésium) , en vitamines du groupe B (B1, B2, B5 et B12) et en vitamine A.

Pour répondre à nos besoins nutritifs, le lait bovin est le plus utilisé dans le monde et dans notre pays. Les espèces voisines (ovin, caprin, camelin) représentent un pourcentage de production relativement faibles, n'excédant pas 10%.(Yakhlef et al, 2010).

3.2. La poudre de lait :

Constitué essentiellement de matière sèche du lait et d'une très faible quantité d'eau (de 2 à 5%), la poudre de lait a l'avantage de pouvoir se stocker et se transporter aisément , pour être utilisée via la recombinaison, comme matière première pour la production de fromages, de laits fermentés, de crèmes glacées ...etc.

Les poudres commercialisées sont en réalité de trois types, classées selon l'intensité du traitement de déshydratation (le degré de dénaturation qu'il génère) opéré : poudre « low heat », « medium heat » et « high - heat ». Le degré de dénaturation est exprimée par l'indice d'azote protéique (IAP ou WPNI en anglais) en milligrammes de protéines sériques non dénaturées (psnd) par gramme de poudre considérée.

❖ Poudre « low heat » :

ce sont des poudres ayant été préparées avec un traitement thermique bas (low heat, WPNI égal ou supérieur à 6) contiennent une faible quantité de protéines dénaturées et sont utilisées dans des produits où les propriétés de solubilité, de gélification et d'émulsion sont recherchées. Il s'agit des poudres de meilleure qualité, convenant aussi bien à la préparation

du lait de consommation que celui destiné à la fromagerie, ainsi qu'à la fortification du yaourt (Nozinck, 1982 ; Modler, 1985).

❖ **Les poudres « médium heat » :** (WPNI compris entre 1,5 et 5,9)

elles possèdent une bonne capacité d'hydratation et d'activité de surface. Elles sont utilisées notamment dans les fabrications de crèmes glacées, desserts congelés...etc.

❖ **Les poudres « high heat » :** (WPNI inférieur à 1,5)

Elles sont hautement dénaturées et peu solubles. Ce type de poudre trouve une utilisation dans les produits structurés (boulangerie, biscuiterie, et confiserie)(Modler, 1985 ; Campbell et Pavlasek, 1987).

En plus de l'intensité du traitement thermique suivi, il y a lieu de signaler que la qualité de la poudre du lait peut varier aussi selon le type de séchage subi qui peut être fait sur cylindres (procédé Hatmaker) ou par atomisation (procédé Spray) .

❖ **Procédé Hatmaker :**

Dans ce procédé, Le chauffage brutal qui se produit entraîne des modifications de la structure physico-chimique du produit , conduisant à une faible solubilité et générant un goût de cuit et des réactions de brunissement.

❖ **Procédé Spray :**

Il est admis que la poudre préparée par atomisation présente de meilleures caractéristiques et aptitudes technologiques (Anonyme, 1995).

3.3. Problématique du lait en Algérie :

Considéré à juste titre comme un produit de base dans le modèle de consommation algérien, le lait occupe une place importante dans la ration alimentaire de la population. Les besoins sont estimés à 3,2 milliard de litres et une consommation moyenne de l'ordre de 100 à 110 L/habitant/an.

La production nationale, estimée à 1,6 milliard de litres par an, ne couvre que 40 % des besoins (Yakhlef et al., 2010). Le reste est importé sous forme de poudre de lait et de matière grasse laitière anhydre (MGLA) , auxquels il faut rajouter d'autres ingrédients de fabrication (levains, enzymes coagulantes, arômes... etc).

Ce déficit fait en sorte que les structures des unités de transformation étatiques et privées fonctionnent ;en majeure partie ; grâce au traitement du lait recombinaison à partir de poudre de lait et de MGLA importées.

Néanmoins, ces dernières années des tonnages sans cesse croissants en lait collecté à travers plusieurs fermes d'élevages nationales sont utilisés et mélangés au lait reconstitué (à différentes proportions) dans les fromageries et les yaourtières

En dehors du souci de combler le déficit et répondre aux besoins de la population algérienne, le lait frais de collecte est de nature à améliorer sensiblement la qualité organoleptiques des produits fabriqués, étant entendu que la multiplication des traitements technologiques ; opérés généralement pour l'obtention de la poudre, pour sa reconstitution et pour la stabilisation de son état physico-chimique et hygiénique ; engendrent inéluctablement des effets néfastes sur la qualité finale du produit obtenu. (Yakhlef et al., 2010).

4. Les bactéries caractéristiques du yaourt :

4.1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt :

a) *Streptococcus thermophilus* :

St. thermophilus est une bactérie cocci, Gram positive, aéro-anaérobie facultative et non mobile. On le trouve dans les laits fermentés et les fromages (Dellaglio et al., 1993 ; Roussel et al., 1994). C'est une bactérie dépourvue d'antigène du groupe D, thermorésistante, sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques. Elle est aussi résistante au chauffage à 60°C pendant 30 minutes (Dellaglio et al., 1994). Elle est isolée exclusivement du lait et des produits laitiers sous forme de coques disposées en chaînes de longueurs variables ou par paires. Sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50°C. Son métabolisme est du type homofermentaire (Lamoureux, 2000).

Le rôle principal de *St. thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique.

En plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture dans les laits fermentés. Augmente aussi 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).

b) *Lactobacillus bulgaricus* :

Lb. Bulgaricus est un bacille Gram positif, immobile, asporulé, microaérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chaînettes. Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final à partir des hexoses de sucres par voie d'Embden Meyerhof. Il est incapable de fermenter les pentoses.

Lb. Bulgaricus est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et en Magnésium et sa température optimale de croissance est d'environ de 42 °C. Cette bactérie a un rôle essentiel

dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt (Marty-Teyssset et al., 2000).

Ces deux bactéries lactiques tolèrent de petites quantités d'oxygène. Ceci peut être probablement relié au peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), 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 (pseudo-catalase) qui est moins efficace que la catalase. Comme les bactéries lactiques n'éliminent pas facilement le peroxyde d'hydrogène, elles sont dites micro-aérophiles (Doleyres, 2003).

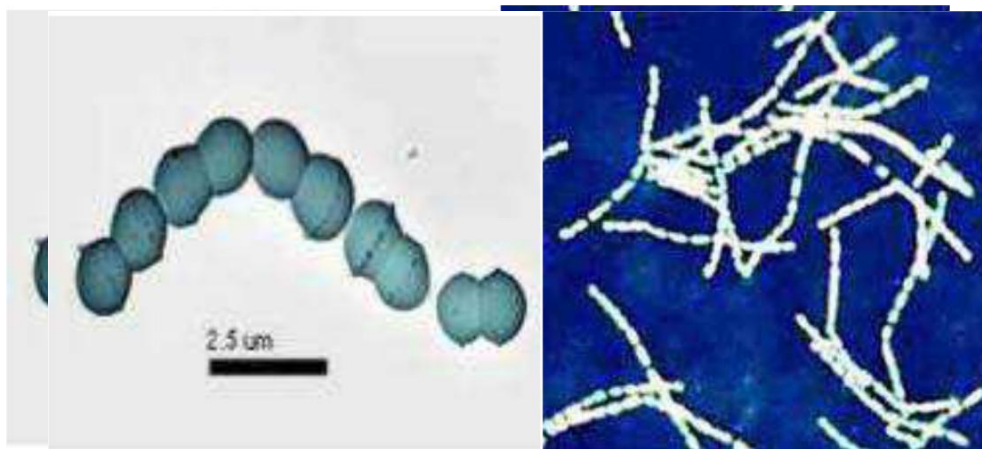


Figure 4. Aspect microscopique des bactéries lactiques du yaourt.

4.2. 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 coagulant et antimicrobien (Schmidt et al., 1994). Le métabolisme est du type homo-fermentaire (production exclusif de l'acide lactique).

L'acidité du yaourt est communément exprimée en degré Dornic ($1^{\circ}D = 0,1 \text{ g/l d'acide lactique}$).

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 déstabiliser 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 (Tamime et Robinson, 1999, Singh et al., 2006), Intervient comme inhibiteur vis-à-vis des micro-organismes indésirables (Leory et al., 2002).

❖ Activité protéolytique :

Pour satisfaire leurs besoins en acides aminés, les bactéries du yaourt doivent dégrader la fraction protéique du lait constituée de caséine et de protéines sériques ; leur système protéolytique est constitué de deux types d'enzymes distinctes : les protéases et les peptidases.

Lb. Bulgaricus possède des protéases localisées, 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.

❖ 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 goût acidulé. L'acétaldéhyde, qui provient en grande partie de la thréonine, joue un rôle essentiel dans ces caractéristiques organoleptiques recherchées. La concentration optimale de ce métabolite est estimée à environ 10 ppm. 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). Il peut aussi résulter de la Thréonine par l'action de la Thréonine-aldolase.

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

D'autres composés (acétone, acétoïne, ...etc.) contribuent à l'équilibre et à la finesse de la saveur. Ceci résulte d'un choix avisé des souches, de leur capacité à produire dans un juste rapport les composés aromatiques et du maintien de ce rapport au cours de la conservation des levains et de la fabrication (**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, arabinose et mannose (Schmidt et al., 1994). Il est couramment admis que la production des EPS est le résultat de l'action exercée par *St. thermophilus*. 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.

4.3. Comportement associatif des deux souches :

St. thermophilus et *Lb. bulgaricus* se développent en association (appelée protocoopération) dans des cultures mixtes (figure 2), 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 du produit. En parallèle, elles engendrent des produits secondaires qui contribuent à la qualité organoleptique 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 (Courtin et al., 2002 ; Ngounou et al., 2003).

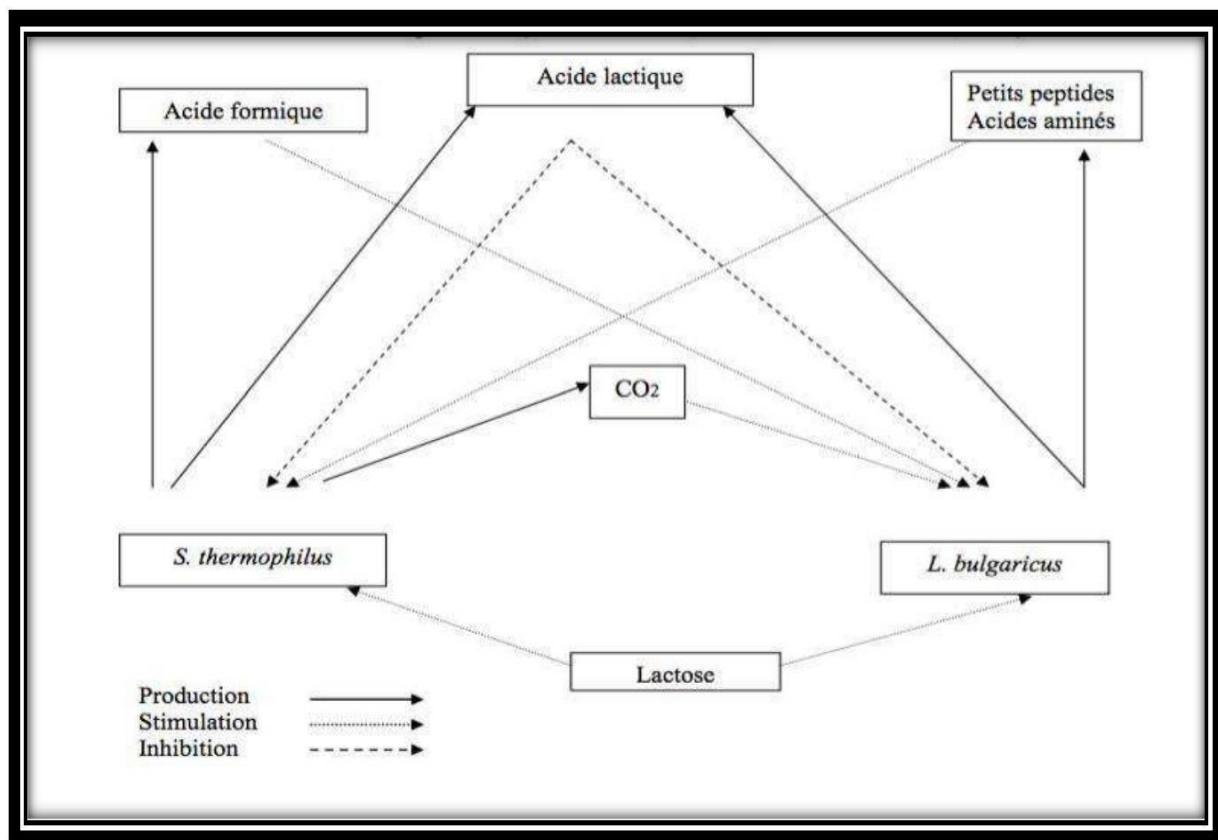


Figure 5 : Interactions de *Sreptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* en culture mixte dans le lait (Mahaut et al., 2000).

5. Les différents types de yaourt :

En technologie, trois types de yaourts, différents selon la consistance ou non du gel formé, peuvent être fabriqués : yaourts liquides (ou à boire), brassés ou fermes. Le yaourt « à boire » ou liquide est battu après avoir été brassé puis conditionné et stocké au froid. Le yaourt « brassé » est préparé en vrac. Le caillé subit un brassage puis un refroidissement avant d'être conditionné en pots qui seront stockés au froid. Le yaourt « ferme » est conditionné en pots après mélange des ingrédients, passage à l'étuvage à 45°C puis en chambre froide pour arrêter l'acidification.

6. Technologie du yaourt :

La fabrication du yaourt, même si elle est connue depuis des temps très lointains, demeure un procédé assez complexe et en perpétuelle évolution car, il intègre à chaque fois les connaissances et les progrès réalisés dans des domaines variés tels : la biologie moléculaire et cellulaire, la chimie, la biophysique . . . etc.

Les étapes de fabrication (**figure3**) 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 dilacéré et brassé pour être rendu plus ou moins visqueux, puis conditionné en pots.

Globalement, nous distinguons dans le processus d'élaboration les étapes énumérées ci-dessous :

6.1. Standardisation du mélange :

La matière première utilisée (lait frais, lait recombinaé, mélange des deux) doit être de bonne qualité microbiologique, exempte d'antibiotiques ou autres inhibiteurs et parfaitement homogénéisée.

La teneur en matière grasse du yaourt est variable. Généralement, elle est ajustée de sorte que le produit entre dans l'une des catégories ci-après :

- Yaourt entier : au minimum 3 % (en poids) de matière grasse ;
- Yaourt partiellement écrémé : moins de 3 % de matière grasse ;
- Yaourt écrémé : au maximum 0,5% de matière grasse.

L'homogénéisation (à des pressions de 250 atmosphères) réduit le diamètre des globules gras et permet ainsi une meilleure dispersion de celle-ci dans le produit, limite sa remontée au cours de l'incubation et donnent une consistance plus uniforme au yaourt fabriqué (**Litim, 1984**).

La consistance et la viscosité du yaourt sont, pour une grande partie, sous la dépendance de la matière sèche du lait. La matière grasse confère de l'onctuosité, masque l'acidité et améliore la

saveur. Les protéines améliorent la texture et masquent aussi l'acidité. Selon le code des recommandations **FAO/OMS (1975)**, la teneur minimale en matière sèche laitière non grasse doit être de 8,2 % (en poids) quelle que soit la teneur en matière grasse.

6.2. Traitement thermique :

Lorsque la préparation du lait terminée, celui-ci est soumis alors à un traitement thermique de pasteurisation (de 94 à 96°C pendant 3 à 5 minutes). Ce traitement a pour but de:

- ✓ Détruire les micro-organismes pathogènes pouvant être présents et la plus grande partie de la flore banale. Il permet aussi la suppression éventuelle d'inhibiteurs naturels et la stimulation des bactéries par l'apparition de facteurs de croissance .
- ✓ Provoquer un déplissement par dénaturation partielle des protéines solubles et leur fixation sur les caséines. Cet effet a pour conséquence d'augmenter les capacités de rétention d'eau du yaourt entraînant la modification des propriétés rhéologiques du coagulum acidifié. Le caillé devient plus ferme et la tendance à l'expulsion de sérum au cours du stockage est réduite. Avec ce traitement, le yaourt brassé présente une structure plus homogène et visqueuse (**Anonyme, 1995**).

Immédiatement après le traitement thermique, le lait reconstitué est refroidi à une température de 6°C, puis stocké dans des tanks pour être, par la suiteensemencé.

6.3. Ensemencement :

Elle se fait à l'aide d'un levain comprenant exclusivement chacune des deux bactéries spécifiques du yaourt : *Streptococcus salivarius, subsp. thermophilus*, et *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. La culture utilisée estensemencée à raison de 2%. Une bonne agitation est nécessaire pour rendre parfaitement homogène le mélange lait/ferment.

6.4. Réchauffage :

Le lait reconstitué ainsiensemencé est amené à une température généralement voisine de 45 °C , par 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 aromatiques. Les caractères recherchés dépendent des souches utilisées et de la température d'incubation. En abaissant celle-ci de 1 à 3°C (42-44°C), on favorise le développement du streptocoque et donc la production d'arôme. Si en l'augmentant légèrement (45-46 °C), on favorise le lactobacille et donc la production d'acide.

I.6.5. Phase d'incubation (Etuvage/ brassage) :

Selon la nature du yaourt à fabriquer, on procède soit à une incubation au niveau des chambres chaudes (dans le cas du yaourt ferme) ou à une fermentation en cuve (dans le cas d'un yaourt brassé).

a) Etuvage :

Dans le cas des yaourts étuvés (dit aussi en pot, fermes ou traditionnels), le laitensemencé est rapidement réparti en pots en plastique (poly-vinyl).

Dans le cas des yaourts sucrés, aromatisés, aux fruits, à la confiture... etc., l'apport des additifs se fait avant le remplissage des pots.

Après le capsulage (fermeture étanche par une membrane en aluminium), les pots sont acheminés vers une chambre chaude pour incubation qui dure environ de 2 à 3 heures.

L'acidification dépend de la température et de la durée d'incubation. Les pots sont maintenus dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'une acidité de 0,75 (au minimum) à 1% environ d'acide lactique, soit 75 à 100° Dornic. Le caillé obtenu dans ces conditions doit être ferme, lisse et sans exsudation de sérum.

Une fois l'acidité attendue est atteinte, les pots de yaourts sont alors immédiatement sortis des locaux d'étuvage, refroidis le plus rapidement possible à la température de +4°C, ce qui a pour but d'arrêter l'acidification par inhibition des bactéries lactiques. Les pots sont ensuite stockés à cette température pendant 12 à 24 heures pour augmenter la consistance du produit sous l'effet du froid.

b) Brassage :

En vue de fabriquer des yaourts brassés, le laitensemencé est maintenu en cuve à la même température que dans le cas des pots (entre 42 et 46 °C) jusqu'à obtention de l'acidité voulue. On procède par la suite au découpage et au brassage du caillé pour le rendre onctueux.

Ce traitement, qui doit se faire avec précaution, pour ne pas induire des transformations indésirables, a pour but de rendre le caillé onctueux. Il doit être réalisé avec précaution en optant par l'un des procédés suivants :

- ✓ Agitation mécanique à l'aide d'un brasseur à turbine ou à hélice ;
- ✓ Passage du gel à travers un tamis ;
- ✓ Homogénéisation a basse pression.

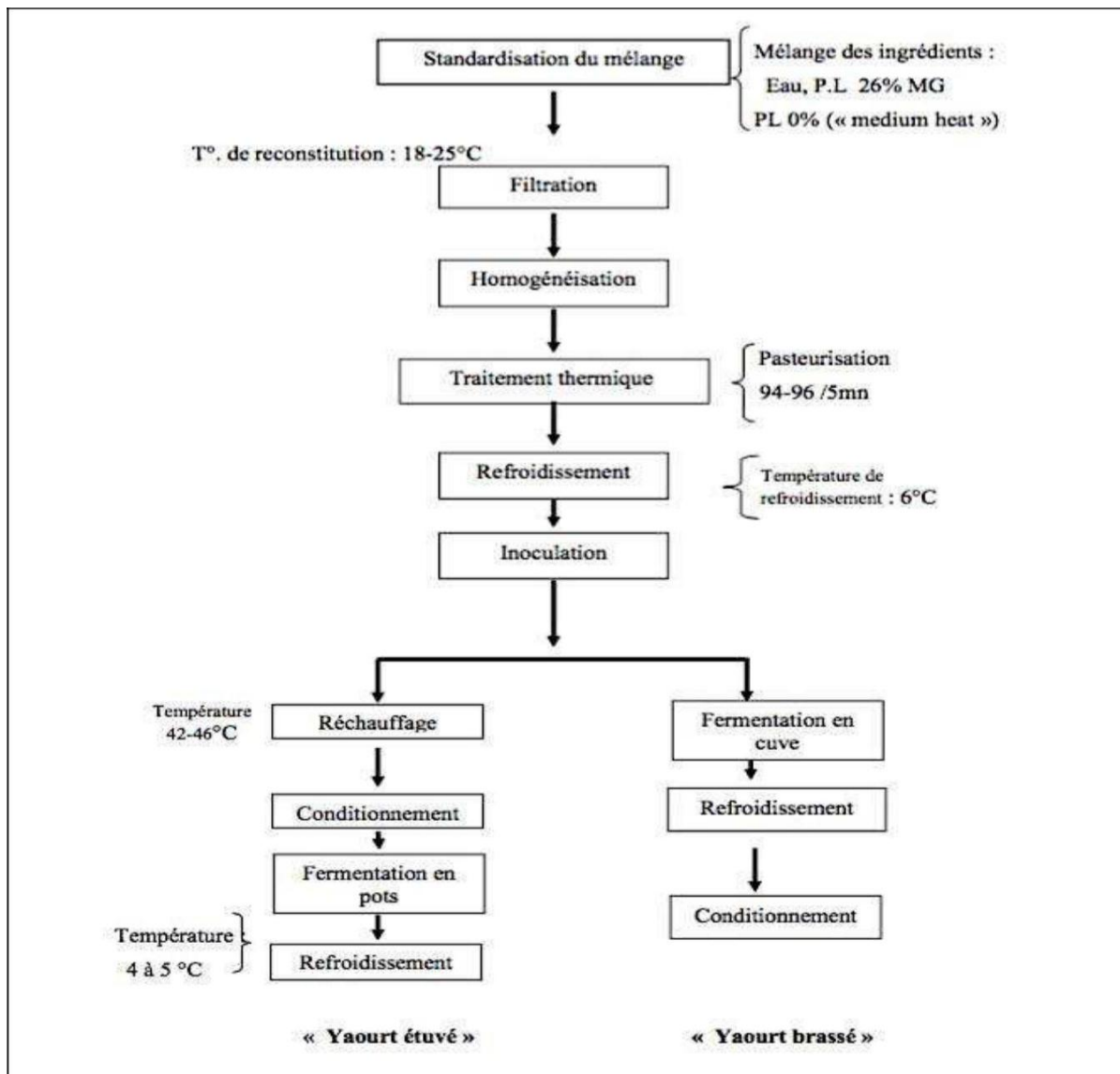
Une fois ce traitement opéré, le caillé est immédiatement et rapidement refroidi à une température inférieure à 10 °C. La réfrigération dans le tank se fait trop lentement et peut provoquer une sur acidification. C'est pour cette raison qu'elle doit être réalisée par passage

dans un échangeur-réfrigérant à plaques ou tubulaire. Le brassage du caillé au cours de la réfrigération améliore l'onctuosité du produit.

6.6. Conservation des yaourts :

Préparés selon une technologie rigoureuse et dans des conditions hygiéniques strictes, ces réserves d'être maintenus au froid (entre 4 et 8°C).

Si le maintien des yaourts au froid empêche la multiplication bactérienne, il n'arrête pas complètement leur activité métabolique. Bien que lente, la production d'acide lactique se poursuit. De plus, des enzymes hydrolysent les protéines avec, comme conséquences, une diminution de la fermeté et de la viscosité et l'apparition de peptides à goût amer. Pour ces raisons, on procède parfois, quand la réglementation le permet, à un traitement thermique après la fermentation.



PL : poudre de lait ; MG : matière grasse

Figure 6 : Diagramme des principales étapes de fabrication du yaourt .

7. Qualités du yaourt :

7.1. Aspects physico-chimiques :

Le yaourt doit répondre aux caractéristiques suivantes :

- Couleur franche et uniforme ;
- Goût franc et parfum caractéristique ;
- Texture homogène (pour le yaourt brassé) et ferme (pour le yaourt étuvé).

7-2 Aspects hygiéniques :

Selon la norme nationale de 1998, N°35 parue au Journal Officiel, les yaourts ne doivent contenir aucun germe pathogène.

Le traitement thermique appliqué sur le lait avant 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.

Les levures et les moisissures peuvent se développer dans le yaourt. Ces dernières proviennent principalement de l'air ambiant dont la contamination se situe au stade du conditionnement (**Larpen et Bourgeois, 1989**).

7.3. 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 (résumés dans le Tableau 1) apparaissent et dont certaines sont préjudiciables à la qualité finale du produit (**Luquet, 1988**).

Tableau 3. Principaux défauts rencontrés dans la fabrication des yaourts.

(B)

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

(C)

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

7.4. Qualité organoleptique :

a) Gélification acide :

b) Les structures principales impliquées lors de la gélification acide du lait sont les micelles de caséines. Lors de la baisse du pH, due à la fermentation lactique, les micelles de caséines subissent des changements substantiels. Le déplacement de l'équilibre acido-basique entraîne une diminution progressive de la charge ionique des micelles qui devient nulle. En parallèle, une solubilisation du phosphate de calcium micellaire est observée, entraînant la dissolution de la structure micellaire. Le pH auquel commence la gélification du lait dépend de la température et des prétraitements thermiques (**Tamime et Robinson, 1985**).

L'abaissement du pH par acidification entraîne une déminéralisation progressive des micelles de caséines. Celles-ci vont s'associer entre-elles par formation de liaisons hydrophobes, hydrogènes et électrostatiques pour former un réseau protéique retenant la phase aqueuse. A un pH inférieur au point isoélectrique (pH=4,6), les micelles qui flocculent, précipitent, du fait de leur densité, et le réseau formé se stabilise et n'évolue pratiquement plus .

Les études réalisées sur la microstructure du gel ainsi formé montrent que celle-ci dépend de plusieurs facteurs dont la concentration en matière sèche (**Schkoda et al., 1998 ; Van marle, 1998**), la méthode d'enrichissement du lait (**Tamime et al., 1984**), le traitement thermique subi (**Kessler, 1998**) et enfin, la nature des souches bactériennes utilisées et de leur capacité à synthétiser des polysaccharides exocellulaires (EPS) capables d'augmenter la viscosité du gel (**Hassan et al., 1995**).

Ainsi, les travaux de **Kessler (1998)** montrent que les micelles de caséines issues d'un yaourt fabriqué à partir de lait chauffé forment des chaînettes bien liées entre elles ; tandis qu'elles forment des agrégats dans un yaourt fabriqué à partir du lait non chauffé (**figure 4**). Cette différence est essentiellement due au comportement de la β -Lactoglobuline (protéine sérique majoritaire) qui a la propriété de former un complexe protéique avec la caséine kappa (**Dalgleish, 1990**).

c) Comportement rhéologique :

La transformation du lait en yaourt s'accompagne aussi d'un changement des propriétés rhéologiques en passant d'un liquide à un gel à destruction non réversible. Les additifs et les étapes du procédé de fabrication jouent également un rôle sur ce comportement (**Pacikora, 2004**).

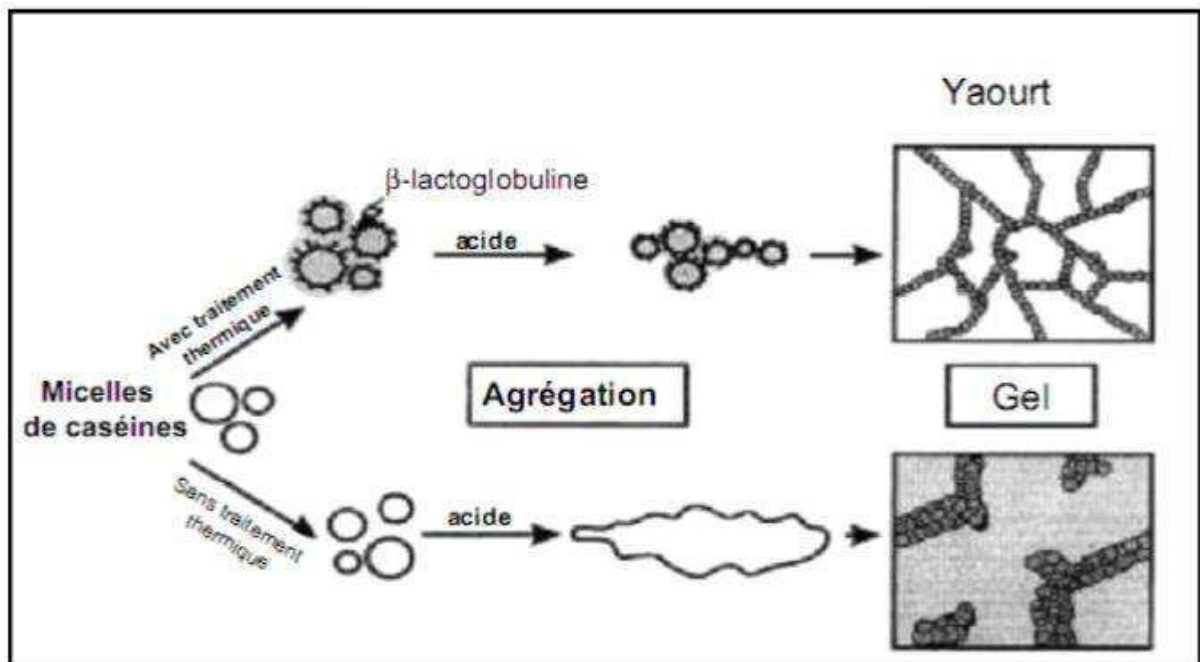


Figure 7 : Effet du traitement thermique sur la microstructure du yaourt
(Kessler et al.,1998)

La connaissance précise de ce comportement rhéologique est nécessaire pour la conception et le dimensionnement des installations de transformation. Elle permet également d’appréhender la texture des produits finis.

Le yaourt est défini comme un fluide viscoélastique. Il possède donc à la fois les propriétés visqueuse d’un liquide et les propriétés élastiques d’un solide. Le comportement rhéologique du yaourt est de type non newtonien, dans ce sens où la viscosité du produit

dépend de la vitesse de cisaillement ou de la contrainte exercée.

La loi de Newton s’écrit :

$$\mu = \tau / \gamma = \text{constante}$$

μ = viscosité (Pas),

τ =contrainte de cisaillement (Pa),

γ = vitesse de cisaillement (s-1).

Dans le cas des yaourts, la viscosité diminue quand la vitesse de cisaillement augmente. On parle dans ce cas de viscosité apparente à une vitesse de cisaillement donnée.

Différents appareils de laboratoire sont utilisés pour caractériser les propriétés rhéologiques, à savoir le viscosimètre Brook-field, le rhéomètre rotatif, les pénétromètres ou encore l'entonnoir de Posthumus.

Généralement, les viscosimètres permettent de mesurer uniquement les propriétés visqueuses (viscosité apparente), tandis que les rhéomètres mesurent les propriétés viscoélastiques. En fonction de la géométrie du module de mesure, des contraintes ou des vitesses de cisaillement appliquées, les analyses réalisées déstructurent plus au moins le gel lactique.

8. Propriétés et analyses sensorielles :

8.1. Propriétés organoleptiques :

L'analyse sensorielle constitue une approche indispensable à l'évaluation de la qualité organoleptique d'un produit alimentaire. Etroitement associée à la caractérisation des propriétés physicochimiques, elle peut être un outil d'aide à la maîtrise de la qualité et la formulation des produits transformés.

La qualité organoleptique des aliments regroupe les propriétés d'un produit perceptibles par les organes des sens (norme **ISO 5492,1992**).

Nous développerons ci-après seulement les aspects liés aux sensations en bouche perçues par le panel entraîné lors de la consommation du produit à savoir : l'odeur, le goût et la texture.

L'odeur et l'arôme sont perceptibles par l'organe olfactif. Pour l'arôme « 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 (**Imhof et al., 1994**).

Par ailleurs, de nombreuses notes aromatiques supplémentaires peuvent être apportées au yaourt par ajout de composés d'arôme et de préparation de fruits.

La saveur correspond à la sensation perçue par l'organe gustatif lorsqu'il est stimulé par certaines substances solubles. Le yaourt est caractérisé par une saveur acide due à la présence d'acide lactique. D'autres saveurs, mais moins intenses, sont les saveurs sucrée et amère. La saveur sucrée est due à la présence du lactose non hydrolysé et du galactose produit au cours de la fermentation. Elle peut être renforcée par l'ajout du saccharose. La saveur amère, considérée indésirable, est due aux peptides amères produits par certains ferments ou à une contamination par des germes protéolytiques (**Biliaderis et al., 1992 ; Weber, 1994**)

La texture est définie comme l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit, perceptibles par les mécanorécepteurs, les récepteurs tactiles, et éventuellement les récepteurs visuels et auditifs.

Les propriétés mécaniques sont celles liées à la réaction du produit à une contrainte. Elles sont subdivisées en cinq caractéristiques primaires : dureté, cohésion, viscosité, élasticité et adhérence.

Les propriétés géométriques sont celles liées aux dimensions, à la forme et à l'arrangement des particules dans un produit. Les propriétés de surface sont celles liées aux sensations telles que celles produits par l'eau et la matière grasse.

Enfin, la texture en bouche des yaourts est caractérisée le plus fréquemment par le caractère épais, nappant et « mouthfeel » qui est une sensation relative à la densité et la viscosité. Elle est faible pour les produits liquides et importante pour les produits qui replissent et restent en bouche.

8.2. Analyse descriptive quantitative :

L'analyse sensorielle met en œuvre le sujet comme « instrument de mesure ». Son but est de décrire la nature des perceptions et de quantifier leur intensité, de manière à donner une carte d'identité du produit précise, reproductible et compréhensible par tous.

Barthelemy (1998) définit l'analyse descriptive comme : «la recherche d'un nombre minimum de descripteurs qui permettront de donner le maximum d'informations sur les propriétés sensorielles du produit à analyser ; la mesure de l'intensité de la sensation perçue pour chacun des descripteurs choisis ; la construction du profil du produit à l'aide de l'ensemble des descripteurs quantifiés ».

L'application de cette méthode passe par les étapes clés de sélection du jury, de choix des descripteurs, de choix de l'échelle de notation, d'entraînement des sujets et le contrôle des performances, d'organisation des séances et la compilation des résultats.

8.2.1. Sélection du jury :

La littérature répertorie quatre critères sur lesquels doit porter la sélection (**Lesschaeve, 1997**) :

- Les aptitudes sensorielles : sensibilité normale, capacité discriminative, aptitude à décrire les sensations perçues, capacité à analyser des aliments complexes, aptitude à mémoriser et à reconnaître les arômes,
- La personnalité du sujet, sa motivation à participer à l'étude,
- L'état de santé du sujet, le suivi d'un régime alimentaire spécifique ou l'existence d'allergies particulières,
- Enfin, la disponibilité du sujet.

8.2.2. Choix des descripteurs :

Les descripteurs doivent répondre aux critères de pertinence, précision, pouvoir discriminant, exhaustivité et éventuellement indépendance (MacLeod *et al.*, 1998).

Le choix des descripteurs peut être effectué selon une des trois procédures suivantes; une liste préétablie est imposée aux sujets, la liste est élaborée par les sujets ou une combinaison des deux procédures précédentes.

8.2.3. L'échelle de notation :

L'échelle de notation permet de quantifier l'intensité des perceptions. Les échelles d'intensité les plus souvent utilisées sont : ordinale (classement), d'intervalle, structurée en catégories numériques ou non structurées et de rapport. Les différentes expérimentations réalisées pour comparer plusieurs types d'échelles donnent des résultats contradictoires. Elles ne permettent pas d'établir, de façon évidente, la supériorité d'une échelle sur une autre (Montet, 2001).

8.2.4. L'entraînement des sujets et le contrôle des performances :

Après avoir choisi les descripteurs et l'échelle de notation, les sujets sont entraînés à leur utilisation. L'entraînement consiste à homogénéiser la valeur sémantique des termes utilisés par le jury et à déterminer les protocoles de dégustation. Il est également utile d'élaborer un lexique définissant chacun des termes employés. Des références externes concrètes représentant le descripteur peuvent être fournies aux sujets afin de les aider à créer les concepts sensoriels associés (Murray *et al.*, 2001).

8.2.5. Organisation des séances :

Le principe de base qui régit l'environnement de toute mesure sensorielle est l'obtention de la part du sujet d'une réponse qui ne dépend que du stimulus et qui, par conséquent, ne soit pas biaisée par l'environnement (Stringler, 1998). Tous les facteurs extrinsèques au produit (température, quantité présentée, récipient, ...etc) doivent être absolument constants, les échantillons sont codés avec des nombres à trois chiffres pris au hasard et sont présentés aléatoirement. Ils peuvent être présentés simultanément ou de façon monadique c'est-à-dire l'un après l'autre. Dans le premier cas, l'évaluation de chaque produit est relative aux autres produits évalués. Dans le deuxième cas, le sujet note dans l'absolu en faisant appel aux références construites lors de l'entraînement. Dans le cas d'une évaluation monadique des produits, l'ordre de leur dégustation peut induire des artefacts dans le jugement des sujets dus à des effets de rang

et de report (**Callier, 2001**). Par exemple, il a été constaté lors de nombreuses études que le produit évalué en premier a tendance à être sur-noté par rapport aux produits évalués aux rangs suivants. L'effet de report provient du ou des produits précédant le produit évalué.

Il apparaît donc très important d'équilibrer le plan de présentation des produits par rapport à ces effets. Différentes possibilités existent : ordre de présentation aléatoire, plan en carrés latins, etc (**Mcfie et al., 1989**).

Partie 2 : Méthodologie

1. Objectifs.

L'expérimentation a pour but d'étudier l'effet antimicrobien d'extrait à l'eau de *Mentha pipérита L* (menthe poivrée) sur la croissance de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*, et son impact sur la qualité et la stabilité d'un lait fermenté (type yaourt étuvé) au cours de fermentation et de conservation au froid pendant 21 jours qui correspond à la période post acidification.

2. Région de récolte

L'espèce végétale « la menthe poivrée » utilisée dans cette expérimentation a été récoltée dans la région de « Ouargla » au sud Est d'Algérie.

Un échantillon de 4 à 5 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).

3-Préparations des échantillons

La matière végétale collectée dans la zone d'étude a été ensuite étalée sur du papier journal, puis séchée à l'air ambiant. Les échantillons séchés ont été enfin broyés par l'entremise d'un broyeur à lame de cuisine, puis 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- Extraction des composés bioactifs

Selon Almas et Al-Bagich (1999) et Almas(2001), les extraits à l'eau arrivent à agir en générale sur la croissance de certaines bactéries appartenant au genre *Streptococcus* à des taux d'extraction de 5 g/100 ml 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 objet de l'étude (*Mentha Pipérита L*) a été effectuée donc sur des prises en triple essai de 10g de matière végétale broyée. Chaque échantillon de broyat a été mélangé avec 100ml 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. Les extraits à l'eau obtenus ont été filtrés en utilisant un papier filtre Wattman N°1 ayant une porosité

de 0,3 μ m et débarrassés du solvant (l'eau) par évaporation sous vide à 45 °C , pour l'obtention d'un extrait pure (Sultana *et al.*, 2009).

Des solutions filles ont été enfin préparées à partir de la solution mère d'extrait de *Mentha Pipérita*, récupérée après extraction ,par dilution avec une eau stérile déminéralisée selon les concentrations suivantes : 0(eau distillée),20,40,60,80 et 100% (extrait pur) (figures 8 et 9).

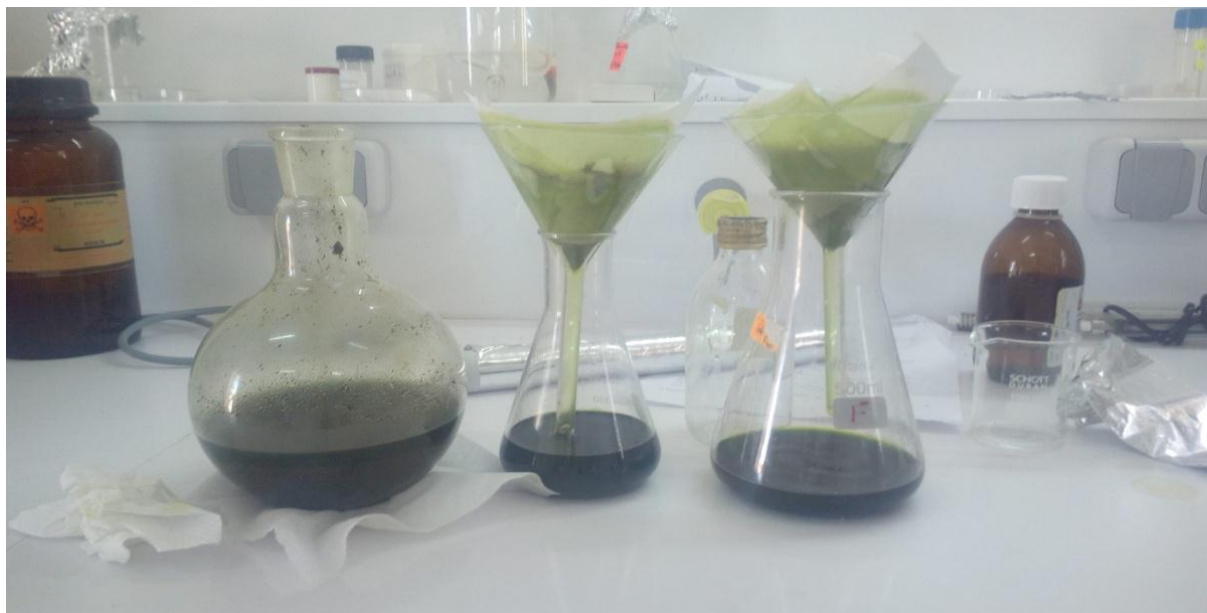


Figure08: Filtration après macération



Figure 09: Évaporation du solvant (eau) sous vide par Rota vapor

3-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 », puis a subi une pasteurisation durant 2 minutes à 100°C, et un refroidissement à 45°C.

Ce lait a été fractionné 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 référence *Streptococcus thermophilus* (Bioprox753+), le second échantillon a été à son tourensemencé avec 0,25 g d'une souche pure de *Lactobacillus bulgaricus* (YOPROX 781). Ces deux échantillons ensemencement aux deux ferments spécifiques et une fermentation d'une heure dans une étuve réglée à 45°C, ont été mélangés ensemble dans un bécher.

Le levain prêt à l'emploi, préparé avec un rapport de souches de 2 *Streptococcus thermophilus* pour et 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 d'extrait de Menthe poivrée) et maintenu durant environ 3 heures à 45°C.

6-Technologie de fabrication des laits fermentés :

Le lait utilisé dans l'étude est un lait cru de vache pasteurisé conservé au frais 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 de menthe poivrée (*Mentha pipéríta L*), à raison de 0, 2, 4,6%, respectivement. Les échantillons ont été enfinensemencés à 3% par un levain lactique renfermant un rapport de souches *Streptococcus thermophilus* sur *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.

7- Mesures et contrôles :

7-1 Effets antimicrobiens :

7.1.1 Activation des inocula microbiens :

L'étude a concerné les deux souches pures de références et spécifiques du yaourt à savoir *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Chaque espèce lactique a été tout d'abord

activée avant son utilisation expérimentale. Une prise de 0.25 g de la souche lyophilisée conservée au froid à 4 °C est au préalable ensemencée dans 10 ml de bouillon nutritif, puis incubée à 37°C durant 03 heures. 0,1 ml de cette dernière solution constituant la solution mère a été pris pour être ensemencée en surface d'une boîte de Pétri contenant un milieu spécifique gélosé de croissance pour chaque espèce microbienne (MRS ou M17) puis le mélange et incubé à 37°C pendant 24 heures.

7.1.2 Méthode de contact direct (Bourgeois et Leveau, 1980):

Une colonie issue d'une culture jeune de chaque espèce microbienne activée comme préalablement sur milieu solide gélosé spécifique a été prélevée à l'aide d'une anse à platine stérile, chacune a été ensuite ensemencée dans un tube contenant 10 ml de bouillon nutritif, suivi d'une incubation à 37°C durant 03 heures. A partir de ces dernières solutions dont chacune constitue une solution mère d'une espèce de bactérie lactique donnée, des dilutions décimales isotopiques croissantes dans l'eau physiologique ont été effectuées ; allant à 10^{-5} pour respectivement les *Streptococcus thermophilus* et les *Lactobacillus bulgaricus*. Des prélèvements de 01 ml de chaque dernière dilution décimale ont été ensuite individuellement ajoutés à 09 ml de chaque extrait de Menthe poivrée dilué à l'eau distillée, respectivement, à raison de 0, 20, 40, 60, 80 et 100%.

Les mélanges des solutions ont été enfin ensemencés en triple essais (03 boîtes de Pétri) chacune en surface à raison de 0.1 ml sur le milieu spécifique de croissance pour chaque espèce microbienne. La lecture du nombre de colonies développé a été effectuée après incubation des milieux ensemencés à 37°C pendant 24 heures (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

7.1.3 Méthode des disques par diffusion sur gélose :

Les disques ont été confectionnés à partir de papier filtre (Whatman n° 1), à raison de 6mm de diamètre. Pour éviter tous risques de contamination aux germes exogènes au cours de l'expérimentation les disques ont été stérilisés à 120°C pendant 15 minutes dans un autoclave.

Une colonie de chaque espèce lactique prélevée du milieu gélosé spécifique après activation a été ensemencée dans 10 ml de bouillon nutritif ; ce mélange constitue la solution mère. Des prises de volume de 1ml de cette dernière solution ont été étalées séparément en surface de plusieurs boîtes de Pétri contenant le milieu MRS ou M17 selon l'espèce microbienne étudiée. Trois disques imbibés pendant 5 minutes dans chaque extrait obtenu selon le solvant utilisé, ainsi que dans une solution contenant un puissant antibiotique dont la Gentamicine, ont été ensuite déposés successivement à la surface de chaque boîte de Pétri contenant le milieu gélosé spécifique ensemencé au germe lactique approprié (**Prescott et al.,2003**).

La lecture des diamètres d'inhibition a été effectuée après incubation des boîtes de Pétri à 37°C pendant 24 heures à l'aide d'un pied à colisse (**Guignar, 1998**).

7.1.4 Détermination de la concentration minimale inhibitrice : CMI

La concentration minimale inhibitrice est la plus petite concentration en antibiotique, en antifongique et /ou en principes composés actifs nécessaires pour inhiber la croissance d'un microorganisme (**Denis et al., 2011**).

Dans le cas de notre étude, c'est les principes actifs de l'extrait aqueux de la matière végétale de la Menthe poivrée obtenus par extraction qui a été utilisé pour déterminer la concentration minimale inhibitrice des espèces de germe spécifiques du yaourt (*Streptococcus thermophilus* ou *Lactobacillus bulgaricus*).

Ainsi, une colonie jeune de *Streptococcus thermophilus* ou de *Lactobacillus bulgaricus* prélevée à l'aide d'une anse à platine dans 10 ml de bouillon nutritif a été incubée pendant 03 heures à 37°C en vue d'obtenir les inoculas. Des prises de 0,2 ml de chaque inoculum ont été introduites respectivement dans 2 ml de chaque extrait dilué non pas avec de l'eau mais avec le bouillon Mueller Hinton.

Les mélanges des tubes contenant séparément chaque extrait préparé à différentes concentrations (0, 20, 40, 60, 80 et 100%) et l'inoculum de bactérie lactique ont été ensuite incubés à 37 °C pendant 24 heures (**Moroh et al, 2008**).

La détermination de la concentration minimale inhibitrice CMI a été effectuée à partir de la mesure de la turbidité induite par la croissance du microorganisme étudié. La CMI correspond donc à la plus petite concentration pour laquelle il y a absence de turbidité. Par conséquent c'est le premier tube où la valeur d_i est égale à d_f ($d_i = d_f$).

Le taux de survie du microorganisme a été mesuré au spectrophotomètre réglé à 560 nm comme suit :

$$S = \frac{d_f - d_i}{D_f - D_i} \times 100.$$

-S : Taux de survie du microorganisme en %.

- $d_f - d_i$: Différence de densité optique dans la solution phénoliqueensemencée avant et après incubation à 37°C durant 18 heures.

- $D_f - D_i$: Différence de densité optique sans extrait deMenthe après ensemencement à la souche bactérienne lactique avant et après incubation à 37°C durant 18 heures (**Kra et al., 2001 ; Zrihiet al., 2007**).

7.1.6 Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB) :

La concentration minimale bactéricide d'une espèce de germe *lactique* étudié représente la plus petite concentration d'extrait de la plante qui laisse 0,01% au moins de survivant de l'inoculum initial après incubation (Moroh et al., 2008).

Pour sa détermination, le tube témoin (inoculum) a été dilué à l'eau physiologique jusqu'à 10^{-4} . Cette dilution représente 0,01% de survie du microorganisme. Elle est ensemencée par strie de 5 cm sur une Gélose Mueller Hinton puis incubée à 37°C pendant 24 heures. Le nombre de colonies de bactéries obtenu sur la strie de la dilution 10^{-4} est comparé à celui de chaque tube expérimental contenant l'inoculum, également ensemencé sur le même milieu de culture en strie de 5cm et incubé à 37 °C durant 18 à 24 heures. Ainsi, le premier tube expérimental dont le nombre de colonies présent sur sa strie est inférieur ou égal à celui de la dilution 10^{-4} correspond à la CMB.

7-2 Mesures et contrôles sur le yaourt à l'extrait de Menthe poivrée :

Les analyses expérimentales ont été réalisées en triples essais, dans chaque pot de lait fermenté et pour chaque traitement effectué après 0,2, 4 heures et après 7, 14, 21 jours.

7-2-1 Paramètres physicochimiques :

7-2-1-1 Acidité :

L'acidité a été déterminée d'une façon précise par titration de 10ml d'une prise de yaourt à l'aide d'une soude caustique NaOH préparée à 1/9 N en présence de 4 à 5 gouttes de phénophtaléine jusqu'au virage de couleur rose persistante.

7-2-1-2 PH :

La lecture du pH est réalisée par un pH-mètre étalonné par deux solutions étalons de PH 4.01 et PH 7.01.

5.1.3 Viscosité cinématique (Viscosité d'Ostwald) :

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 petite pour que la loi de poiseuille puisse s'appliquer : Le débit volumique Q :

$$Q = \frac{\pi R^4}{8\eta} \times \frac{\Delta p}{L}$$

Le tube capillaire est un tube de très petite section telle que les effets de la viscosité sur le profil des vitesses de l'écoulement soit important. $\frac{\Delta p}{L}$ est le 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 de pression entre le haut et le bas de la colonne de liquide est pratiquement nulle, car la pression atmosphérique est pratiquement uniforme autour du diapositif. Mais si le liquide s'écoule

en régime stationnaire, la perte de charge horizontale vaut $\frac{\Delta p}{L} = \rho_{liq}g$ ou ρ_{liq} est la masse volumique du liquide.

Le débit volumique devient $Q = \frac{\pi R^4}{8\eta} \times \rho_{liq}g$

La durée nécessaire pour l'écoulement d'un volume V donné

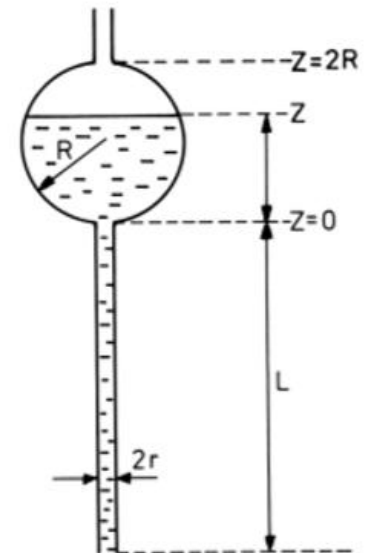
de liquide avec un débit Q une fois vérifiée ;

la relation $Q = \frac{V}{\tau} = \frac{\text{quantité de liquide écoulé}}{\text{durée de l'écoulement}}$

On obtient la relation donnant la viscosité du liquide

$$\eta = \frac{\pi R^4}{8V} \times \rho_{liq}g \times \tau.$$

On peut déduire la viscosité cinématique $\nu(m^2s^{-1}) = \frac{\eta}{\rho_{liq}} = k \times \tau$



*** Expression des résultats :**

- **R** : rayon du tube en (m)
- **ν** : viscosité cinématique en $(m^2.s^{-1})$
- **ρ_{liq}** : Masse volumique du liquide en (kg/l)
- **g**: accélération de la pesanteur en (
- **τ** : Temps d'écoulement en second (s)
- **k** : constante du viscosimètre utilisé (k=0.1413).

La viscosité est établie par l'utilisation d'un tube capillaire avec une vitesse débitante assez petite pour que la loi de Poiseuille puisse s'appliquer.

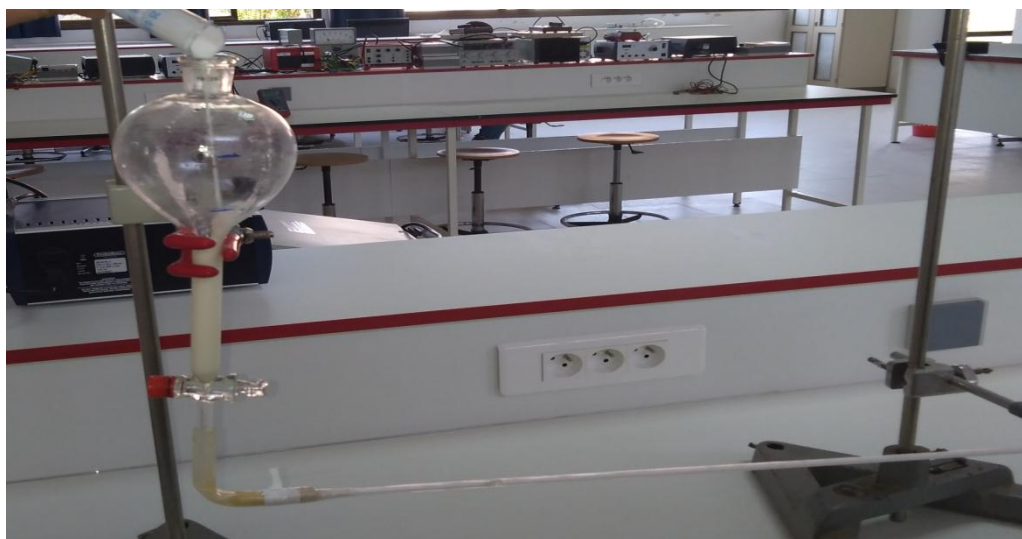


Figure 10 . Dispositif (viscosimètre) de calcul de la viscosité du yaourt.

7-2-2 Analyses microbiologiques :

- *Streptococcus thermophilus* : Le dénombrement des germes a été réalisé par culture d'une prise de dilution (10^{-5}) ou (5g/45ml de l'eau physiologie) sur un milieu de culture sélectif « M17 » incubé à 37°C pendant 48h.
- *Lactobacillus bulgaricus* : Le dénombrement des germes a été effectué par culture d'une prise de dilution sur un milieu de culture sélectif « MRS » incubé à 37°C pendant 48h.

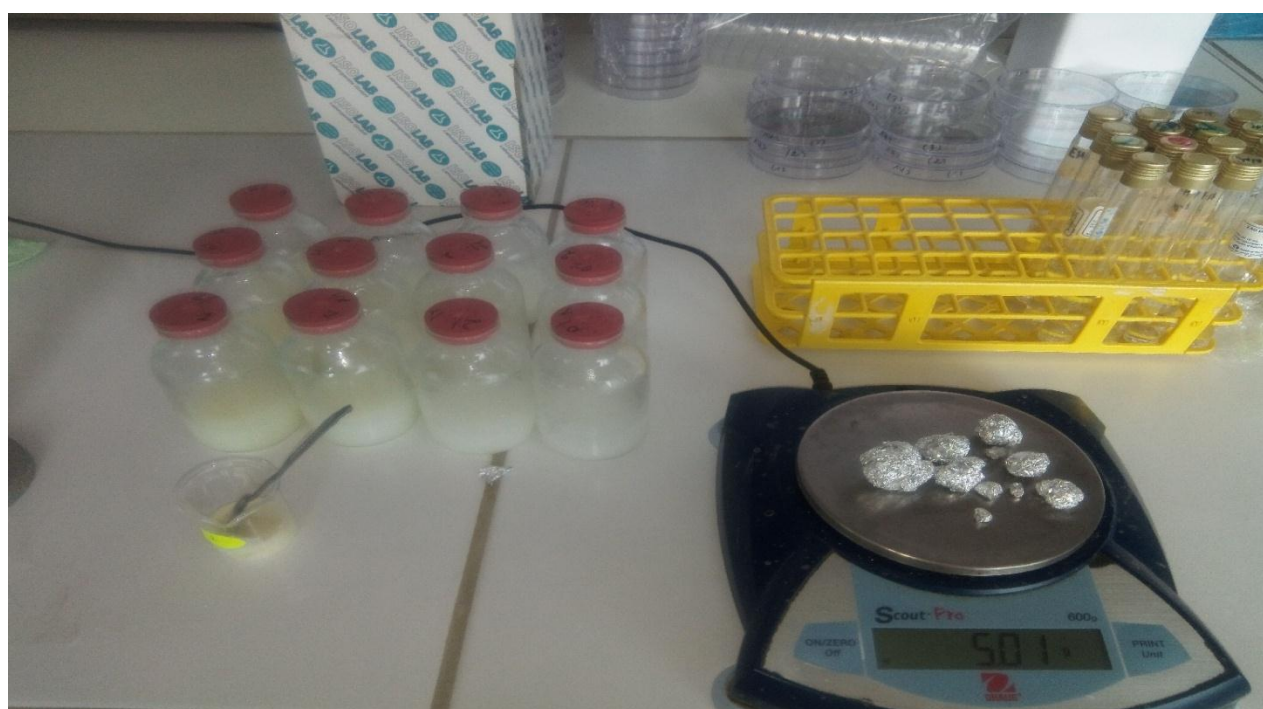


Figure 11 . Dilutions du yaourt pour le dénombrement de LB et STR.

7-2-3 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 les produits sur une échelle de notation variable de 1 à 10 selon les critères des produits suivants :

- **Gout acide** : Consiste à apprécier l'ampleur de l'acidité développée par les germes lactiques ensemencés dans les laits fermentés type yaourt au cours de l'entreposage.
- **Gout de fraîcheur** : Consiste à apprécier l'ampleur de la sensation de fraîcheur lors de la mise en bouche 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.
- **Odeur** : Le panéliste est appelé à apprécier la sensation d'odeur désagréable des produits conservés au froid à 4°C.
- **Arrière-goût** : Le panéliste est appelé à apprécier la sensation de l'arrière-gout amère dans les produits présentés.
- **Couleur** : Consiste à apprécier le niveau d'acceptabilité de la couleur des produits par les consommateurs.

8-Traitement statistique :

Les résultats paramétriques ont été traités statistiquement par une analyse de variance mono et bi factorielle en randomisation totale suivie d'une comparaison des moyennes deux à deux selon le test de NEWMAN et KEULS. Par contre, ceux relatifs au test organoleptique ont été analysés statistiquement par le test non paramétrique de Friedman.

Les données ont été traitées par un logiciel de statistique disponible au laboratoire de Technologie Alimentaire et Nutrition de l'Université de Mostaganem à savoir le **STAT BOX 6.4**.

Les résultats ont été exprimés en valeurs moyennes, accompagnées des écart-types correspondants

Les effets des facteurs étudiés (Traitements) sur les variations des variables mesurées ont été démontrés aux deux seuils de probabilité ; à $p < 0,05$ et $p < 0,01$.

Partie 3 : Résultats et discussion

1-Résultats

1-1-Effets antimicrobiens de l'extrait aqueux de *Mentha Pipérита* vis à vis des germes spécifiques du yaourt.

1-1-1 Test de croissance

Les *Streptococcus thermophilus* s'avèrent évoluer d'une manière inversement proportionnelle ($P < 0.01$) aux concentrations d'extrait aqueux de *Mentha pipérита* variables de 0, 20, 40, 60, 80, et 100% ; avec un nombre de germes qui diminue de $260 \cdot 10^5$, $207 \cdot 10^5$, à $122 \cdot 10^5$, à $70 \cdot 10^5$ à $20 \cdot 10^5$ et à 0 UFC/ml respectivement.

Concernant, les *Lactobacillus bulgaricus*, les meilleurs résultats ($P < 0.01$) ont été obtenu avec le témoin, sans extrait de *Mentha pipérита* ($193 \cdot 10^5$ UFC/ml) suivi de l'extrait à 20% ($123 \cdot 10^5$ (UFC/ml) et l'extrait à 40 % ($84 \cdot 10^5$ UFC/ml). Toutefois, les médiocres ($P < 0.01$) réponses de la croissance du germe ont été remarquées dans les solutions d'extrait préparées à 60, 80 et 100 % ; $35 \cdot 10^5$, 10^6 et $30 \cdot 10^4$ UFC/ml, respectivement (**Tableau 04**).

Tableau 4 : Effets de l'extrait aqueux de *Mentha pipérита* sur la croissance des germes spécifiques du yaourt.

	Concentrations d'extrait aqueux de <i>Mentha Pipérита</i> (%)						Effets des concentrations d'extrait de menthe
	0	20	40	60	80	100	
<i>Streptococcus thermophilus</i> (UFC/ml)	$260 \cdot 10^{5a}$	$207 \cdot 10^{5b}$	$122 \cdot 10^{5c}$	$70 \cdot 10^{5d}$	$20 \cdot 10^{5e}$	0^e	$p < 0,01$
<i>Lactobacillus bulgaricus</i> (UFC/ml)	$193 \cdot 10^{5a}$	$123 \cdot 10^{5b}$	$84 \cdot 10^{5c}$	$35 \cdot 10^{5d}$	$10 \cdot 10^{5d}$	$3 \cdot 10^{5d}$	$p < 0,01$

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes avec un nombre de répétitions $n = 3$; UFC : unité formant colonie ; $p > 0,05$: effet non significatif du facteur étudié (concentrations en extrait aqueux de la menthe poivrée) $P < 0,05$: effet significatif du facteur étudié ; $P < 0,01$ effet hautement significatif du facteur étudié, a, b, c ... etc. ; groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

1-1-2 Taux de croissance.

D'une façon générale, l'élévation des concentrations de l'extrait aqueux de *Mentha pipérита* de 0 à 100 % a fait réduire significativement ($P < 0.01$) le taux de croissance des germes spécifiques du yaourt ; à 0% pour les germes *Streptococcus thermophilus* et à 1.89% chez les *Lactobacillus bulgaricus*. (**Tableau 05**)

Tableau 5. Effets des concentrations de l'extrait aqueux de *Mentha Pipérита* sur le taux de croissance des germes spécifiques du yaourt.

Germes	Concentrations d'extrait aqueux de <i>Mentha Pipérита</i> (%)						Effets des concentrations d'extrait de menthe
	0	20	40	60	80	100	
<i>Streptococcus thermophilus</i>	100 ^a	79,54 ^b	46,93 ^c	24,11 ^d	7,8 ^e	0 ^f	p<0,01
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	100 ^a	63,51 ^b	43,3 ^c	18,07 ^d	5,33 ^d	1,89 ^e	p<0,01

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes avec un nombre de répétitions n= 3 ;UFC :unité formant colonie ; p>0,05 :effet non significatif du facteur étudié(concentrations en extrait aqueux de la menthe poivrée)P<0,05 :effet significatif du facteur étudié ; P<0,01 effet hautement significatif du facteur étudié, a, b, c ... etc. ; groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls .

1-1-3 Tests de diffusion sur disques :

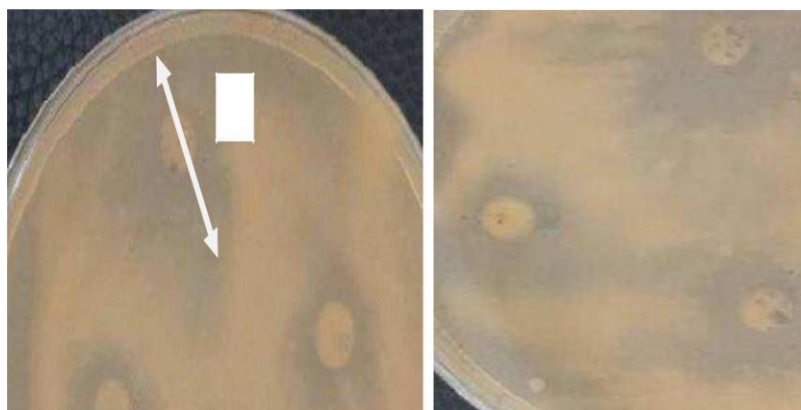
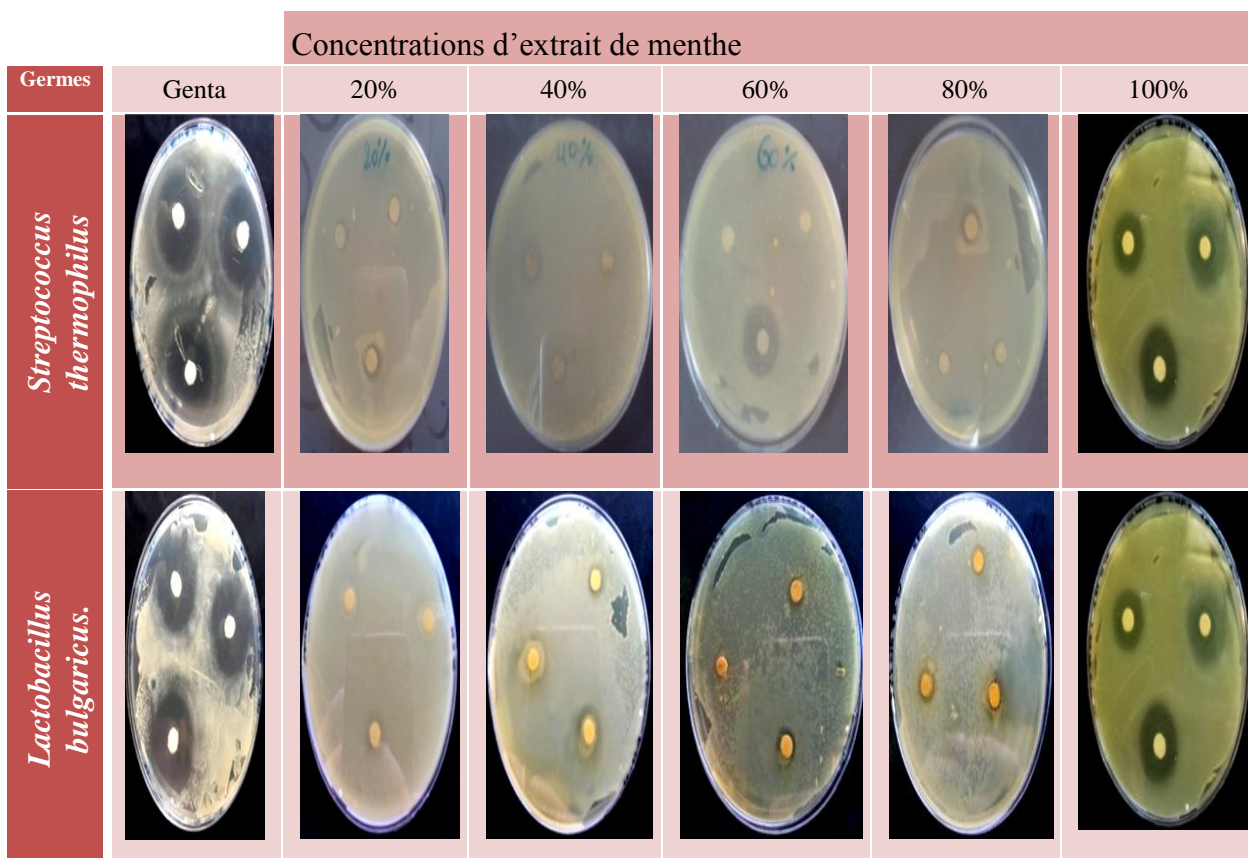
D'une manière globale, les diamètres d'inhibitions ont tendance à augmenter significativement (P<0.01) de 07 à 19 mm chez le *Streptococcus thermophilus* et de 6.66 à 28.33 mm chez les *Lactobacillus bulgaricus* et ceci en fonction de l'augmentation de la concentration de l'extrait aqueux de menthe de 20 à 100% .Ces diamètres restent toutefois inférieurs à ceux de la gentamicine estimés à 21.66, vs ,30 mm, respectivement chez les deux germes spécifiques du yaourt (Tableau 06 et Figure 12).

Tableau 6 : Effets des concentrations de l'extrait aqueux de *Mentha pipérита* sur le diamètre d'inhibition (mm) des deux germes spécifiques du yaourt.

Germes	Concentrations d'extrait aqueux de <i>Mentha Pipérита</i> (%)						Effets des concentrations d'extrait de menthe
	Gentamicine	20	40	60	80	100	
<i>Streptococcus thermophilus</i>	21,66 ^a	7 ^d	7,66 ^d	14,66 ^c	17,66 ^b	19 ^b	p<0,01
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	30 ^a	6,66 ^e	7 ^e	11,33 ^d	22,33 ^c	28,33 ^b	p<0,01

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes avec un nombre de répétitions n= 3 ; UFC : unité formant colonie ; p>0,05 : effet non significatif du facteur étudié (concentrations en extrait aqueux de la menthe poivrée) P<0,05 : effet significatif du facteur étudié ; P<0,01 effet hautement significatif du facteur étudié, a, b,c... etc. ; groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Figure 12. Effets de l'extrait aqueux de *Mentha pipérита* .L sur les diamètres d'inhibition des germes spécifiques du yaourt



D : Diamètre d'inhibition en (mm)

1-1-4 Taux d'inhibitions

Les taux d'inhibitions des germes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* s'avèrent évoluer significativement ($P < 0.01$) (de 32.31 à 87.71 %) et de (22.22 à 94.44 %) respectivement avec l'augmentation de la concentration de (20 à 100%) de l'extrait aqueux de *Mentha pipérита* .L (Tableau 07).

Tableau 7. Effets des concentrations d'extrait aqueux de *Mentha Pipérита* sur le taux d'inhibition des germes spécifiques du yaourt.

Germes	Concentrations d'extrait aqueux de <i>Mentha Pipérита</i> (%)						Effets des concentrations d'extrait de menthe
	Gentamicine	20	40	60	80	100	
<i>Streptococcus thermophilus</i>	100 ^a	32, 31 ^d	35,39 ^d	67,71 ^c	81,56 ^b	87,71 ^b	p<0 ,01
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	100 ^a	22,22 ^e	23,33 ^e	37,77 ^d	74 ,4 ^c	94,44 ^b	p<0 ,01

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes avec un nombre de répétitions n= 3 ;UFC :unité formant colonie ;p>0 ,05 :effet non significatif du facteur étudié(concentration en extrait aqueux de la menthe poivrée)P<0 ,05 :effet significatif du facteur étudié ; P<0 ,01 effet hautement significatif du facteur étudié, a ,b,c ... etc. ; groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls .

1-1-5 Concentration minimales inhibitrices

La concentration minimale inhibitrice chez *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* a été obtenue avec l'extrait aqueux de la menthe concentré à 40 % (**Tableau 08**).

Tableau 8. Evaluation des CMI de l'extrait de menthe vis-à -vis des deux germes spécifiques du yaourt.

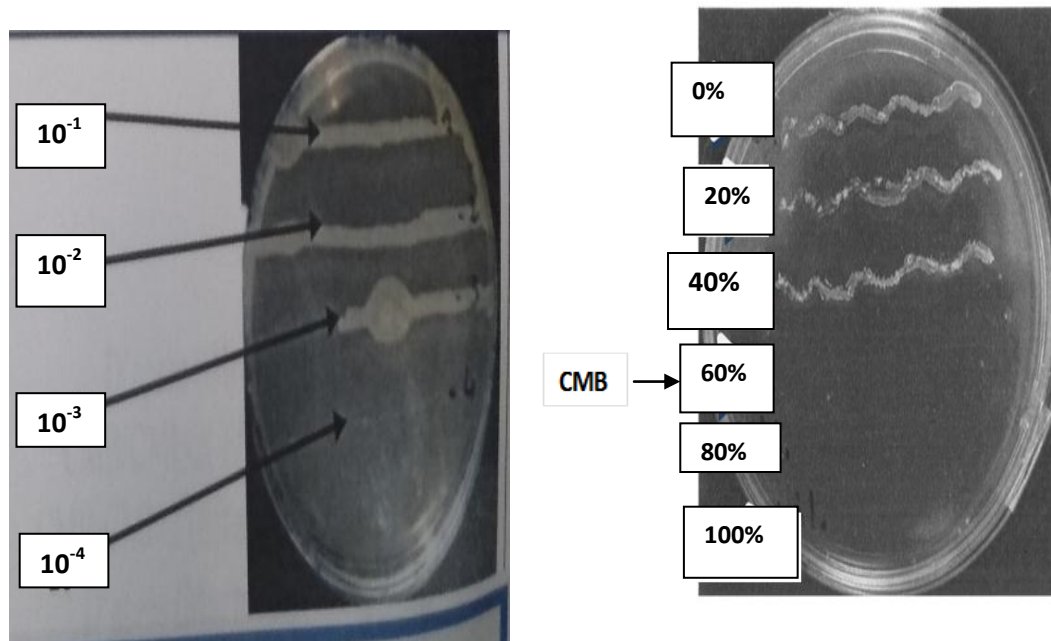
Variables et paramètres mesurées		Concentrations d'extrait aqueux de <i>Mentha Pipérита</i> (%)					
		0%	20%	40%	60%	80%	100%
<i>Streptococcus thermophilus</i>	di	0,062	0,089	0,143	0,25	0,45	0,6
	df	0,088	0,11	0,142	0,249	0,45	0,55
	df-di	0,026	0,021	-0,001	-0,001	0	-0,05
	S%	100	80,769	0	0	0	0
CMI = Extrait à 40 %							
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	di	0,041	0,47	0,594	0,82	0,997	1,37
	df	0,054	0,472	0,593	0,817	0,99	1,36
	df-di	0,013	0,002	-0,001	-0,003	-0,007	-0,01
	S%	100	15,38	0	0	0	0
CMI =Extrait à 40 %							

CMI : concentration Minimale Inhibitrices, df-di : différence de densité optique dans la solution d'extrait de mentheensemencée avant et après incubation à 37 °C durant 24 heures ;df : densité optique après incubation ;di :densité optique avant incubation.

1-1-5. Concentrations minimales bactéricides :

La concentration minimale bactéricide pour la bactérie lactique *Lactobacillus bulgaricus*

Spécifique du yaourt a été déterminée avec la solution d'extrait de Mentha Pipérита concentrée à de40 %.et pour *Streptococcus thermophilus* est de 60%, elle a été observée dans l'extrait aqueux de Mentha pipérита (Figure 13).



Streptococcus thermophilus CMB = 60%

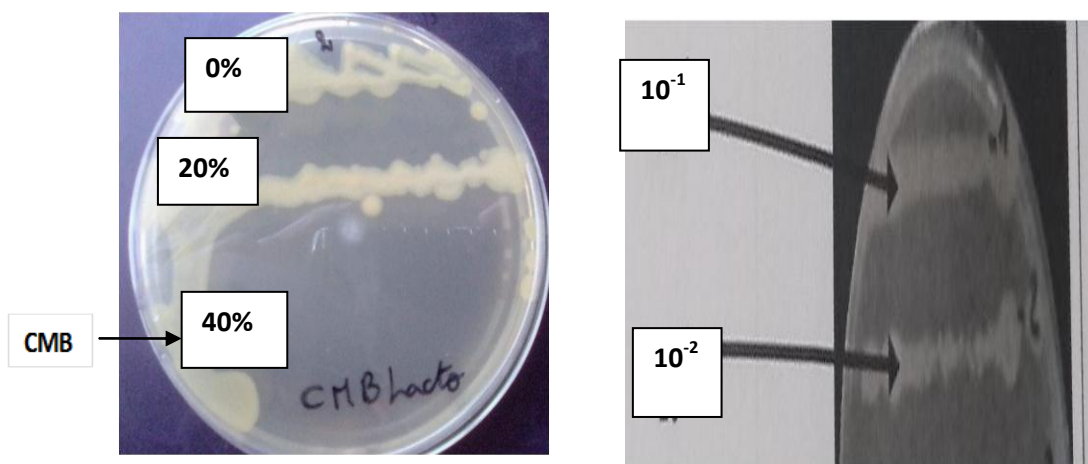


Figure 13 : Concentrations minimales bactéricides chez les deux germes spécifiques du yaourt.

1-1-7.Types d'inhibitions de l'extrait aqueux de la menthe poivrée.

A travers les rapports CMB/CMI inférieurs à 2, il s'avère que l'extrait aqueux de *Mentha Pipéríta* exerce un effet de type bactéricide vis-à-vis des germes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* (Tableau09).

Tableau 9.Types d'inhibitions de l'extrait aqueux de *Mentha pipéríta L* .

	CMI	CMB	CMB/CMI	Type d'inhibition
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	40%	60%	1.5	Bactéricide
<i>Streptococcus thermophilus</i>	40%	60%	1.5	Bactéricide
Norme	D'après (Olivier, 2007) - CMB/CMI ≤ 2 (effet bactéricide) - CMB/CMI ≥ 2 (effet bactériostatique)			

CMI : Concentration minimale inhibitrice ; CMB : Concentration minimale bactéricide.

1-2Essai d'incorporation de l'extrait aqueux dans un lait fermenté type yaourt :

1-2-1Qualité physico-chimique :

1-2-1-1.pH :

D'une façon globale, du début à la fin de la fermentation et de post-acidification, on a remarqué une chute notable de 6.32 à 4.39 du pH des laits fermentés.

Par ailleurs, après 4 heures de fermentation, les produits expérimentaux ont accusé des valeurs de pH comparables ($P > 0.05$) ; 4.71 à 4.79 , en moyenne.

Néanmoins, aux 14 ième et 21 ième jours de la période de post-acidification, leséchantillons additionnés d'extrait aqueux de *Mentha pipéríta* à 2,4 et 6% ont montré des valeurs de pH significativement ($P < 0.01$) élevé que le témoin : 4.33 VS 4.37, VS4.46, VS 4.36 en moyenne et 4.52 VS 4.42 VS 4.33 VS 4.29 en moyenne, respectivement. Ainsi, l'essai préparé à un taux sévère d'extrait de 6% a dévoilé un fort pH par comparaison au témoin, sans extrait ; 4.92 VS 4.84 en moyenne (Tableau 10).

Tableau10. Effets d'incorporations à différentes concentrations de l'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* sur les variations du pH des laits fermentés.

Périodes		Taux d'incorporation (%) d'extrait de <i>Mentha Pipérита</i>				Moyennes	Effet De l'incorporation de l'extrait de menthe
		0	2	4	6		
Fermentation	0H	6.26 ^a ± 0.015	6.31 ^c ± 0.015	6.34 ^b ± 0.015	6.37 ^a ± 0.01	6.32	p<0,01
	2H	5.05 ^c ± 0.023	5.03 ^c ± 0.023	5.07 ^b ± 0	5.08 ^a ± 0.01	5.05	p<0,01
	4H	4.72 ± 0.021	4.71 ± 0.21	4.73 ± 1.72	4.79 ± 0.04	4.73	P>0.05
Post acidification	7J	4.41 ± 0.012	4.51 ± 0.07	4.49 ± 0.023	4.49 ± 0.006	4.47	P>0.05
	14J	4.36 ^b ± 0.0006	4.33 ^c ± 0.01	4.37 ^b ± 0.021	4.46 ^a ± 0.01	4.38	p<0,010
	21J	4.29 ^c ± 0.035	4.52 ^a ± 0.058	4.42 ^b ± 0.029	4.33 ^c ± 0.012	4.39	p<0,010
Moyennes		4.84	4.9	4.9	4.92		

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes suivies des écarts types correspondant, avec un nombre de répétitions n=03 ; P>0.05; H :heures ,J :jours ; effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait aqueux incorporé dans le yaourt) ; p<0.05 ; effet significatif du facteur étudié ; p<0.01 :effet hautement significatif du facteur étudié ; a,b,c...etc :groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

1-2-1-2. Acidité.

L'acidité des laits fermentés a nettement augmentée durant les périodes de fermentation et de post-acidification ; de 16.07 à 77.41°D et de 77.41 à 110.91°D ,en moyenne respectivement.

Apparemment, à la fin de la phase de fermentation après 4 heures, l'acidité des produits expérimentaux additionnés ou non de l'extrait de *Mentha pipérита L* restent comparables (P>0.05) ; 72.66 à 80.33, en moyenne.

Par ailleurs, au 7^{ème}, 14^{ème} et 21^{ème} jours, les variations des taux d'incorporations de l'extrait aqueux de la plante de (0 à 6%) ont engendré des diminutions significatives (P<0.01) de l'acidité dans les échantillons expérimentaux ; avec des teneurs ayant varié (de 91.66 à 70°D), de (97 à 91 °D)et de (129.66 à 95°D) ,en moyenne , respectivement (**Tableau 11**).

Tableau11. Effet d'incorporation à différentes concentrations de l'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* sur les variations d'acidité des laits fermentés.

Périodes		Taux d'incorporation (%) d'extrait de <i>Mentha Pipérита L</i>				Moyennes	Effet de l'incorporation de l'extrait de menthe.
		0	2	4	6		
Fermentation	0H	18.83 ^a ±0.289	18.16 ^a ±0.2 89	15.16 ^b ± 0.289	14.66 ^b ± 0.557	16.7	p<0 ,01
	2H	63.33 ^b ± 1.157	65.33 ^a ± 0.577	49.33 ^c ± 1.528	47.33 ^d ± 0.577	56.33	p<0 ,01
	4H	80.33±2.309	80.33 ± 1.528	76.33 ± 1.528	72.66 ± 5.774	77.41	P>0.05
Post acidification	7J	91.66 ^a ± 0.012	86.66 ^a ± 0.07	73 ^b ± 0.023	70 ^b ± 0.006	80..33	p<0 ,01
	14J	97 ^a ± 3.464	98.66 ^a ± 0.577	95 ^a ± 1	91 ^b ± 1.732	95.41	p<0 ,01
	21J	129.66 ^a ± 9.238	111.33 ^b ± 3.215	107.66 ^b ± 2.309	95 ^c ± 4.359	110.91	p<0 ,01
Moyennes		80.13	76.74	69.41	65.1		

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes suivies des écarts types correspondants, avec un nombre de répétitions n=03 ; P>0.05 :effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait incorporé dans le yaourt);H :heures ,J :jours effet non significatif du facteur étudié(taux d'extraits aqueux incorporés dans le yaourt) ; p<0.05 ; effet significatif du facteur étudié ; p<0.01 :effet hautement significatif du facteur étudié ;a,b,c...etc. :groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls .

1-2-1-3. Viscosité.

En fonction du temps de 0, à 4heures, au 7^{ème} jours, 14^{ème} et 21^{ème} jours des périodes de fermentation et de post-acidification, la viscosité des laits fermentés expérimentaux a varié respectivement de 0.7, à13.47, à 40.53, à 37.53, à 52.44 et à 54.59 m²/s, en moyenne.

Par ailleurs, durant ces deux périodes, la viscosité a diminué de (42.73, à 40.12,à 27.70 et 19.16 m²/s) avec l'élévation du taux d'incorporation (de 0, à 2, à 4 et 6 %) de l'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* dans les produits(**Tableau 12**).

Tableau 12. Effet d'incorporation à différentes concentrations de l'extrait aqueux de *Mentha pipérta L* sur les variations de viscosité des laits fermentés.

périodes		Taux d'incorporations d'extrait de <i>Mentha Pipérta L</i> (%)				Moyennes	Effet d'incorporation de l'extrait de menthe
		0	2	4	6		
Fermentation	0H	0,725 ± 0,059	0,75 ± 0,03	0,72±0,01 6	0,65 ± 0,082	0.71	P>0.05
	2H	22,749 ^a ± 10,725	17,427 ^{ab} ± 4,946	9,373 ^{ab} ± 0,356	4,38 ^b ± 0,141	13.47	P<0.05
	4H	70,13 ^a ±5 ,612	56,897 ^b ± 12,273	23,97 ^{ab} ±8, 821	11,16 ^b ±1, 63	40.53	p<0,01
Post acidification	7j	50,633 ^a ± 1,079	54,401 ^b ±0,706	30,144 ^c ±3,502	14,978 ^d ±0 ,509	37.53	p<0,01
	14J	52.46±0, 454	51,433± 5,889	56,285±5, 925	49,596±0, 245	52.44	P>0.05
	21J	59,723 ^a ± 0,356	59,864 ^a ±0,432	45,734 ^b ±0 ,326	34,242 ^c ±0,163	54..59	p<0,010
Moyennes		42.73	40.12	27.70	23.13		

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes suivies des écarts types correspondant, nombre de répétition n=03 ;H :heures ,J :jours. P>0.05 effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait aqueux incorporé dans le yaourt) ; p<0.05 ; effet significatif du facteur étudié ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ;a,b,c...etc. :groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

1-2-2. Dénombrement des germes spécifiques :

1-2-2-1 *Streptococcus thermophilus* :

D'une façon globale, les variations du nombre de *Streptococcus thermophilus* dans les différents laits fermentés expérimentaux sont marquées par une nette décroissance de 0H à 2H de $137 \cdot 10^4$ à $65 \cdot 10^4$ UFC/ml, suivies d'une augmentation à $296 \cdot 10^4$ UFC/ml au 7^{ème} jour, puis d'une régression notable au 14^{ème} (à $254 \cdot 10^4$ UFC/ml) et au 21^{ème} jour ($244 \cdot 10^4$ UFC/ml) de conservation. A la fin de la phase de fermentation, la prolifération bactérienne s'avère

inversement proportionnelle (de $309 \cdot 10^4$ à $56 \cdot 10^4$ UFC/ml) avec l'élévation des doses de l'extrait aqueux variables de (0 à 6%) dans les produits ($P < 0.01$).

En post-acidification, c'est seulement au 14^{ème} jours que la croissance des germes *Streptococcus thermophilus* a diminué significativement ($P < 0.01$) de $290 \cdot 10^4$, à $250 \cdot 10^4$ et à $216 \cdot 10^4$ UFC/ml en fonction de la hausse du taux de l'extrait, respectivement de (0 à 2, à 4 et à 6%) dans les produits expérimentaux .En revanche, au 7^{ème} et au 21^{ème} jours de conservation aucune variation ($P > 0.05$) en ce germe n'a été observée(**Tableau 13**).

Tableau 13. Effet d'incorporation à différentes concentrations d'extrait aqueux sur les variations du dénombrement de *Streptococcus thermophilus* ($N \cdot 10^4$ UFC/ml) des laits fermentés.

Périodes (jours)		Taux d'incorporation d'extrait de <i>Mentha Pipérta</i> (%)				Effet de l'incorporation de l'extrait de menthe
		0	2	4	6	
Fermentation	0H	233 ^a	160 ^b	103 ^c	53 ^d	$p < 0,010$
	2H	25 ^a	112 ^d	80 ^b	43 ^c	$p < 0,010$
	4H	30 ^a	266 ^b	106 ^c	56 ^d	$p < 0,010$
Post acidification	7J	330	290	264	300	$P > 0.05$
	14J	290 ^a	260 ^{ab}	250 ^b	216 ^b	$p < 0,05$
	21J	241	251	248	237	$P > 0.05$

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes suivies des écarts types correspondants, avec un nombre de répétitions $n=03$; $P > 0.05$ effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait aqueux incorporé dans le yaourt) ; H :heures ,J :jours ,N :nombre de colonies ; $p < 0.05$ effet significatif du facteur étudié ; $p < 0.01$:effet hautement significatif du facteur étudié ; a,b,c...etc. :groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls .

1-2-2-2.Lactobacillus bulgaricus.

Apparemment, à la fin de la phase de fermentation après 4 heures, le lait fermenté à 2% d'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* a marqué un nombre de germes *Lactobacillus bulgaricus* comparable ($P>0.05$) au témoin ; $290 \cdot 10^4$ VS $300 \cdot 10^4$, en moyenne. Cependant, les autres échantillons préparés à 4 et 6% d'extrait ont dévoilé de faibles charges ($P<0.01$) en ces germes ; $220 \cdot 10^4$ vs $77 \cdot 10^4$ vs $300 \cdot 10^4$ en moyenne.

Concernant la période de post-acidification, il s'avère que les essais à 2 et 4% d'extrait ont accusé des résultats similaires ($P>0.05$) au yaourt témoin au 7^{ème} jours ($296 \cdot 10^4$ vs $226 \cdot 10^4$ vs $300 \cdot 10^4$ UFC/ml) et au 14^{ème} ($270 \cdot 10^4$ vs $276 \cdot 276$ vs 296 UFC/ml) jours de stockage. Par ailleurs, pendant toute l'expérimentation, la croissance des germes *Lactobacillus bulgaricus* a chuté de 325 UFC/ml pour le témoin à 140 UFC/ml dans le produit préparé à un taux sévère de x 6 % d'extrait de la plante (**Tableau 14**).

Tableau 14 : Effet d'incorporation à différentes concentrations de l'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* sur le nombre ($N \times 10^4$ UFC/ml) de *Lactobacillus bulgaricus* des laits fermentés.

Périodes (jours)		Taux d'incorporation d'extrait de <i>Mentha Pipérита L</i> (%)				Effet de l'incorporation de l'extrait de menthe
		0	2	4	6	
Fermentation	0H	340	226	270	153	$P>0.05$
	2H	386 ^a	200 ^b	80 ^b	43 ^b	$p<0,010$
	4H	300 ^a	290 ^a	220 ^b	77 ^c	$p<0,010$
Post-acidification	7J	300 ^a	296 ^a	226 ^a	77 ^b	$p<0,01$
	14J	296	290	276	273	$P>0.05$
	21J	331 ^a	278 ^{ab}	250 ^b	221 ^b	$p<0,05$

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes suivies des écarts types correspondants, avec un nombre de répétitions $n=03$; H :heures ,J :jours. $P>0.05$: effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait aqueux incorporés dans le yaourt) ; $p<0.05$: effet significatif du facteur étudié ; $p<0.01$: effet hautement significatif du facteur étudié ; a,b,c...etc. :groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

1-2-3 qualité organoleptique :

1-2-3-1 Evaluation sensorielle des critères de gout :

Globalement, durant toute la période de post-acidification, le gout acide apprécié par les panelistes s'avère d'autant plus détériorer (réduit) que le taux d'incorporation d'extrait de menthe est augmenté de (0 à 2,4 et 6%) respectivement dans les laits fermentés expérimentaux ($P < 0.01$); 17.37 vs 18.87 vs 28.12 vs 35.62 somme des rangs en moyenne (**Tableau 15**).

Concernant le gout de fraîcheur, l'essai préparé à 4 % a présenté pendant cette période de conservation, une même sensation par les panelistes que le témoin standard ($p > 0.05$); 23.12 vs 16.5, somme des rangs, en moyenne. Néanmoins, l'essai préparé à 6% d'extrait a été mal apprécié par les dégustateurs; 33 somme des rangs, en moyenne (**Tableau 16**).

Quant à l'arrière gout, les meilleurs résultats par rapport au témoin, ont été qualifiés surtout dans les produits additionnés à 2,4 et 4 6% d'extrait de menthe ($P < 0.05$); 31.37 vs 22.62 vs 25.37 vs 30.62, somme des rangs en moyenne, respectivement (**Tableau 17**).

Tableau 15. Variations sensorielles du gout acide (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt additionnés d'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* au cours de la période de post acidification.

Périodes (jours)	Taux d'incorporation de l'extrait aqueux de <i>Mentha pipérита</i> (%)				Effet d'incorporation de l'extrait aqueux de menthe
	0	2	4	6	
1 J	15,5 ^a	18,5 ^b	28,5 ^c	37,5 ^c	$p < 0,01$
7J	15,5 ^a	18,5 ^b	28,5 ^c	37,5 ^c	$p < 0,01$
14J	23,5	19,5	26,5	30,5	$p > 0,05$
21J	15 ^a	19 ^b	29 ^c	37 ^c	$p < 0,01$
Moyennes des sommes des rangs	17,37	18,87	28,12	35,62	

Les résultats sont exprimés en somme des rangs avec un nombre de panelistes $n=10$; $p > 0,05$: effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait aqueux incorporés dans le yaourt); $p < 0,01$: effet hautement significatif du facteur étudié; a,b,c,...etc: groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 16. Variations sensorielles du gout de fraîcheur (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt additionné d'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* au cours de la période de post-acidification.

Périodes (jours)	Taux d'incorporation de l'extrait aqueux de <i>Mentha pipérита</i> (%)				Effet d'incorporation de l'extrait aqueux de menthe
	0	2	4	6	
1 J	15,5 ^a	26,5 ^a	26,5 ^a	31,5 ^b	p<0,01
7J	15,5 ^a	26,5 ^a	25 ^a	33 ^b	p<0,01
14J	14 ^a	28 ^a	27 ^a	31 ^b	p<0,01
21J	21 ^a	28,5 ^b	14 ^c	36,5 ^d	p<0,01
Moyennes des sommes des rangs	16,5	27,37	23,12	33	

Les résultats sont exprimés en somme des rangs avec un nombre de panelistes n=10;p>0,05:effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait aqueux incorporés dans le yaourt);p<0,01:effet hautement significatif du facteur étudié ; a,b,c,...etc: groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 17. Variations sensorielles d'arrière gout (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt additionné d'extrait aqueux de *Menthe pipérита L* au cours de la période de post acidification

Périodes (jours)	Taux d'incorporations de l'extrait aqueux de <i>Mentha pipérита L</i> (%)				Effet d'incorporation de l'extrait aqueux de menthe
	0	2	4	6	
1 J	26	24	23	27	p>0,05
7J	26	24	23	27	p>0,05
14J	19 ^a	22 ^{ab}	27,5 ^{ab}	31,5 ^b	p<0,05
21J	14,5 ^a	20,5 ^b	28 ^c	37 ^d	p<0,01
Moyenne des sommes des rangs	31,37	22,62	25,37	30,62	

Les résultats sont exprimés en somme des rangs avec un nombre de panélistes n=10;p>0,05:effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait aqueux incorporés dans le yaourt);p<0,01:effet hautement significatif du facteur étudié ; a,b,c,...etc :groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

1-2-3-2 Adhésivité et cohésivité :

Durant l'expérimentation, les laits fermentés expérimentaux ont été moins appréciés ($P < 0.01$) par les dégustateurs pour les critères d'adhésivité et cohésivité en fonction de l'augmentation de 0 à 6% des taux d'incorporations de l'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* ; soit des sommes des rangs moyens qui ont variés de (12.3 à 32.87) et de (20.87 à 26.12), respectivement, dans Les produits (**Tableau 18 et Tableau19**).

Tableau 18: Variations sensorielles d'adhésivité (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt additionné d'extrait aqueux de *Mentha pipérита* au cours de la période de post acidification .

Périodes (jours)	Taux d'incorporation de l'extrait aqueux de <i>Mentha pipérита L</i>				Effet d'incorporation de l'extrait aqueux de menthe
	0%	2%	4%	6%	
1 J	20 ^a	27,5 ^{ab}	32,5 ^b	20 ^b	$p < 0,01$
7J	23,5	28	27	21,5	$p > 0,05$
14J	23	29	23,5	24,5	$p > 0,05$
21J	17 ^a	17 ^b	27,5 ^c	38,5 ^c	$p < 0,01$
Moyennes des sommés des rangs	20,87	25,37	27,62	26,12	

Les résultats sont exprimés en somme des rangs avec un nombre de panelistes $n=10$; $p > 0,05$: effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait aqueux incorporés dans le yaourt); $p < 0,01$: effet hautement significatif du facteur étudié ; a, b, c,...etc :groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux, selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 19. Variations sensorielles de cohésivité (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt additionné d'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* au cours de la période de post-acidification.

Périodes (jours)	Taux d'incorporation de l'extrait aqueux de <i>Mentha pipérита L</i> (%)				Effet d'incorporation de l'extrait aqueux de menthe
	0	2	4	6	
1 J	11,5 ^a	25,5 ^{ab}	28,5 ^b	34,5 ^c	p<0,01
7J	12 ^a	25 ^{ab}	28,5 ^b	34,5 ^c	p<0,01
14J	24	23,5	23,5	29	p>0,05
21J	2 ^a	17 ^a	29,5 ^b	33,5 ^b	p<0,01
Moyennes des sommes des rangs	12,37	22,75	27,5	32,87	

Les résultats sont exprimés en somme des rangs avec un nombre de panelistes n=10; p>0,05: effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait aqueux incorporés dans le yaourt); p<0,01: effet hautement significatif du facteur étudié ; a,b,c,...etc. : groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

1-2-3-3 Odeur et couleur :

Globalement, pendant la période de post-acidification l'odeur et la couleur des laits fermentés ont été d'autant moins appréciées (P<0.01) avec l'augmentation (de 0 à 6%) du taux d'incorporation de l'extrait de menthe ; soit les moyennes des sommes des rangs qui ont varié de (20.62 à 28.25) et de (14.5 à 28.25) et de (14.5 à 32.87), respectivement.

Tableau 20: Variations sensorielles d'odeur (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt additionné d'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* au cours de la période de post- acidification.

Périodes (jours)	Taux d'incorporation de l'extrait aqueux de <i>Mentha pipérита</i> (%)				Effet d'incorporation de l'extrait aqueux de menthe
	0	2	4	6	
1 J	23,5	23,5	24	24	p<0,01
7J	23,5	28,5	24	24	p>0,05
14J	18,5 ^a	20,5 ^{ab}	32,5 ^b	28,5 ^b	p<0,01
21J	15 ^a	17,5 ^c	31 ^c	36,5 ^c	p<0,01
Moyennes des sommes des rangs	20,12	22,5	27,87	28,25	

les résultats sont exprimés en somme des rangs avec un nombre de panelistes n=10;p>0,05:effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait aqueux incorporés dans le yaourt); p<0,01:effet hautement significatif du facteur étudié ; a,b,c,...etc :groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 20: Variations sensorielles de couleur (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt additionné d'extrait aqueux de *Mentha pipérита L* au cours de la période de post-acidification.

Périodes (jours)	Taux d'incorporation de l'extrait aqueux de <i>Mentha pipérита L</i> (%)				Effet d'incorporation de l'extrait aqueux de menthe
	0	2	4	6	
1 J	14,5 ^a	30,5 ^a	24 ^a	31 ^b	p<0,01
7J	14,5 ^a	30,5 ^a	24 ^a	31 ^b	p<0,01
14J	13 ^a	21 ^a	31,5 ^b	34,5 ^c	p<0,01
21J	16 ^a	17 ^a	30 ^b	35 ^b	p<0,01
Moyenne des somme des rangs	14,5	24,75	27,37	32,87	

Les résultats sont exprimés en somme des rangs avec un nombre de panélistes n=10;p>0,05:effet non significatif du facteur étudié (taux d'extrait aqueux incorporés dans le yaourt);p<0,01:effet hautement significatif du facteur étudié ; a,b,c,...etc. :groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

2. Discussion :

Globalement, d'après cette étude, il apparaît possible d'ajouter les composés phénoliques extraits de la Menthe poivrée *Mentha pipérta L* dans le yaourt et de fabriquer un lait fermenté ayant les vertus d'un alicament santé pour le consommateur Algérien.

Néanmoins, l'acidité, le pH, la viscosité, la croissance des germes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* des produits additionnés d'extrait de *Mentha pipérta L*, semblent être relativement ($p < 0.01$) influencés, comparativement au yaourt standard qui s'est démarqué avec de meilleurs résultats.

Le rôle principal de *St. thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique. En plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture et augmente aussi la viscosité du lait par production d'exopolysaccharides (EPS).

Il est couramment admis aussi que *Lb. bulgaricus* possède une aptitude à fermenter davantage le lactose lors de la conservation des yaourts au froid positif à 4 °C, et à produire des EPS.

Au fait, il a été bien démontré dans cette expérimentation que l'extrait aqueux de la menthe poivrée ; objet de l'étude, exerce un effet antimicrobien de type bactéricide vis-à-vis des germes spécifiques du yaourt (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*). A ce propos, plusieurs auteurs ont rapporté la grande richesse de *Mentha Pipérta L* en composés phénoliques tels que l'acide rosmarinique, la lutéoline et ses dérivés, l'erucitique, la marirutine...etc.

Les extraits de la menthe par macération à l'eau ou par usage de solvants polaires aqueux comme le méthanol et l'éthanol ont montré des effets antimicrobiens avérés à l'égard de plusieurs germes pathogènes à gram⁺ et à gram⁻ tels *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi* et *Staphylococcus aureus*. Cette action antimicrobienne de composés phénoliques sur les cellules des microorganismes peut être expliquée par une multitude d'influences : sur les parois cellulaires, sur l'ADN microbien, sur la synthèse des protéines et sur l'activité des enzymes. Les composés phénoliques considérés comme des substances lipophiles agissent sur la cellule en perforant la membrane cellulaire. Cette perforation augmente le flux des protons vers l'intérieur de la cellule ce qui accroît le besoin en énergie (Luck et al., 1995).

Le métabolisme de ces bactéries de type exclusif homo-fermentaire (production de l'acide lactique) semble être donc freiné en présence des composés phénoliques de la menthe poivrée,

avec comme conséquence une chute du nombre de germes spécifiques, de l'acidité et de la qualité rhéologique des produits. Toutefois, l'acidité relevée dans les laits fermentés additionnés d'extrait de menthe est proche de la normale d'un yaourt au terme de fabrication, en fin de la période de post-acidification (Loones, 1994).

En outre, le nombre de germes lactiques au terme de la production est conforme à la norme de 10^7 germes vivants/ml. Des différences d'adhésivité et de Cohésivité ont été observées entre les essais expérimentaux. Les études réalisées sur la microstructure du gel ainsi formé montrent que celle-ci dépend de plusieurs autres facteurs dont la concentration en matière sèche (Schkoda et al., 1998 ; Van marle, 1998), la méthode d'enrichissement du lait (Tamime et al., 1984), le traitement thermique subi (Kessler, 1998) et enfin, la nature des souches bactériennes utilisées et de leur capacité à synthétiser des polysaccharides extracellulaires (EPS) capables d'augmenter la viscosité du gel (Hassan et al., 1995).

Les dégustateurs ayant participé à l'étude ont révélé également que les critères sensoriels suivants (acidité, couleur et odeur) ne sont pas altérés dans les échantillons aux extraits phénoliques de menthe qui ont d'ailleurs présenté aussi une meilleure sensation de fraîcheur que le témoin. 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 à la suite d'une hétéro-fermentation de ce dernier, dont le métabolisme ne semble pas être énormément altéré par l'action bactéricide des composés phénoliques ajoutés à de faibles taux. Parmi ceux-ci, l'acide lactique qui confère au yaourt son goût acidulé s'avère être produit à des teneurs suffisantes même en présence de composés phénoliques à fort pouvoir antimicrobien. L'acétaldéhyde, le diacétyl, l'acétone, l'acétoïne, et bien d'autres composés aromatiques produits par *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* contribuent éventuellement à l'équilibre et à la finesse de la saveur.

En fin, il apparaît que la sensation de fraîcheur ressentie par certains panélistes est due certainement à une présence de trace de menthol, ou d'autres composés non identifiés à ce jour, dans les échantillons additionnés d'extrait phénoliques de menthe, peut être aussi un atout d'aide à la maîtrise de la qualité et à la formulation de nouveaux produits santé.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de cette étude et à travers les résultats obtenus il apparaît que l'extraits à l'eau de la menthe poivrée *Mentha pipérита L*, récoltée dans la région de OUARGLA au sud est d'Algérie, exerce des effets antimicrobiens certains contre la croissance des germes spécifiques du yaourt à savoir *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. La méthode des disques montre que le diamètre d'inhibition des germes lactiques est d'autant plus augmenté que les solutions en extrait sont fortement concentrées en extrait de menthe. La méthode de contact direct a dévoilé que la prolifération de ces germes lactiques sur milieux spécifiques est inhibée totalement à des concentrations d'extrait de menthe poivrée supérieures ou égale à 40%.

Les Concentrations Minimales Inhibitrices de la croissance de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* ont été observées avec la solution préparée à 40% d'extrait de *Mentha pipérита L*; alors que les concentrations Minimales Bactéricides ont été enregistrées à 60% d'extrait de la plante.

Les substances phénoliques ont démontré ainsi une action de type bactéricide sur les germes lactiques étudiés: *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.

L'extrait de *Mentha pipérита L* a freiné relativement la prolifération des germes spécifiques au cours de la fermentation et donc de leurs pouvoir acidifiant et à produire des exo-polysaccharides (EPS) responsables de la viscosité et de la qualité rhéologique des laits fermentés et qui semblent être ensiblement affectées surtout à des fort taux d'incorporations.

Concernant la qualité sensorielle, d'une manière générale, le jury a révélé une détérioration des différents critères gustatives mesurés en fonction des taux d'extrait de menthe poivrée incorporées dans les produits. Toutefois, au plan de la fraîcheur le lait fermenté à 4 % a été mieux apprécié par les dégustateurs, que yaourt standard. Par ailleurs, le essai expérimental préparé à 2 % d'extrait de *Mentha Pipérита L* semble accusé aucune différence significative d'acidité, d'adhésivité et d'odeur par comparaison au produit témoin.

La connaissance du profil en principaux composés phénoliques de la plante, de leurs rôles biologiques et les mécanismes antimicrobiens régissant chaque composé vis-à-vis des deux germes spécifiques du yaourt peut contribuer à mieux cerner de la manière qu'il faut entreprendre pour les introduire dans le lait fermenté en vue de produire un aliment santé.

Références bibliographiques

Références :

A

- **Akpinar A. ;Yerlikaya O.et Kiliç S 2011.**Antimicrobial activity and antibiotic resistance of *Lactobacillus delbrueckii ssp.bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* strains isolated from Turkish home made yoghurts.African journal of microbiology Reseach,**5,675-682**
- **Arrêté du 24 mai 2004** rendant obligatoire une methode de dénombrement des microorganismes caractéristiques par une technique de comptage des colonies à 37°C le yaourt (JO n° 43-2004).
- **Aslim B. ;Yuksekdag ZN. ;Sarikaya E. et Beyatli Y. ;2004.**Determination of the bactericin-like substances produced by some lactic acid acid bacteria isolated from Turkish dairy product. LWT-Food science and Technology **1,1-4**
- **Aissani, Set Maata, k (1998)** : Variation de la phenylamine Ammonialyase et la peroxydase au cours de la germination de l'onion sec (*Allium cepa* L). **Mémoire d'ingénieur d'état,**
- **Alibert J, Ranjeva R et Boudet M A, 1977** : Organisation subcellulaire des voies de synthèses des composés phénoliques. Physiol. Veg. 15,279-301 p.
- **ANONYME. (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO : Alimentation et nutrition, 28.
- **ANONYME. (1992).** Norme Internationale ISO 5492. Analyse sensorielle ; contrôle de la qualité des produits alimentaires. AFNOR.

B

- **Bahorun, T. (1997).** Substances Naturelles actives : La flore mauricienne une source d'approvisionnement potentielle. **Universite de Maurice.** AMAS, Food and agricultural research council, Réduit, Mauritius, p83.
- **BARTHÉLÉMY J. (1998).** Evaluation d'une grandeur sensorielle complexe : **description**
- **BERGAMAIER D. (2002).** Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de lactobacillus rhamnosus RW-959M dans un milieu à base de permeat de lactosérum. Thèse de Doctorat, Université de Laval, Canada.
- **BILIADERIS C.G., KHAN M.M. et BLANK G. (1992).** Rheological and sensory properties of yogurt from skim milk and ultrafiltered retentates. International Dairy Journal, 2, 311-323.

- **Bourgeois, C., M., Leveau, J., Y. 1980.** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Volume 3 : Le contrôle microbiologique, Collection Sciences et techniques agro-alimentaires, 331p.
- **BOUSBIA N. (2004).** Extraction et identification de quelques huiles essentielles (nigelle, coriandre, origan, thym, romarin), étude de leur s activités antimicrobiennes. Thèse de Magistère, option Sciences Alimentaires, Institut National Agronomique, Alger (Algérie).

C

- **CAMPBELL L.B. and PAVLASEK S.J. (1987).** Dairy products as ingredients in chocolateand confections. Food Technology, 41 (10), 78-85.**CALLIER P. (2001).**
- **COURTIN P., MONNET M. and RUL F. (2002).** Cell- wall proteinases PrtS and Prt B have a different role in streptococcus thermophilus / Lactobacillus bulgaricus mixed cultures in milk. Microbiology, 148, 3413 -3421.

D

- **DALGLEISH D. G. (1990).** Denaturation and aggregation of serum proteins and caseins in the heated milk. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38, 1995-1999.
- **Delachaux et Nieslés. 2013.** 500 plantes comestibles « Histoire. Botanique. Alimentaire » :

260-261.
- **DELLAGLIO F., DE ROSSART H., TORRIANIS S., CURK M. et JANSSENS D.(1994).** Caractérisation générale des bactéries lactiques. Tec&Doc (Eds), Lorica, 1, 25-116.
- **DOLEYRES Y. (2003).** Production en conteneur du ferment lactique probiotique par la technologie des cellules immobilisées. Thèse Doctorat. Université de Laval. Quebec. 167 pages.

F

- **François C. 2012.** Les plantes et leurs noms « Histoires insolites » : 152.

- **François E, Delachaux S, Nieslés. 2009.** Guide des plantes sauvages comestibles et toxiques,141
- **FREEMAN L., CAREL Y. (2006).** Aromathérapie. *NUTRA NEWS* Science, Nutrition, Prévention et Santé.)

H

- **Harbonne.J.B, (1994)** : Polyphenolics. In : Mann, J ; Davidson, R.S ; Hobbs, J.B ; Banthorpe,D.V et Harbonne, J.B(Eds) natural products : Their chemistry and biological significance.Longman scientific and technical, London, pp 361-388.
- **HASSAN A.N., FRANK J.F., FARMER M.L., SCHMIDIT K.A. and SHALABI S.A.(1995).** Observation of encapsulated lactic acid bacteria using confocal scanning laser microscopy. *Journal of Dairy Science*, 78, 2624-2628.
- **Hertog, M.g.L ; Hollman, P.CH et Venema, D.P (1992)** : Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially and carcinogenic flavonoids in vegetables and fruits.*J.agric food chem.*, 40 :1591-1598.
- **Hollman, P. C.H et Katan, N.B (1997)** : Absorption, metabolism and health effects of dietary flavonoids in man. *Biomed and pharmacotherapy*, 51 :305-310.

I

- **IMHOF R., GLATTLI H. and BOSSET J.O. (1994).** Volatile organic aroma compounds produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*, 27, 442-449.

L

- **LAURENT Bourgeois.** *Remèdes et recettes à la menthe* , Rustica éditions, 2009, 64p. **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 maîtrise, Université de Laval, Canada.
- **LARPENT J.P. (1989).** Microbiologie alimentaire. Ed, techniques et documentation Lavoisier. Paris, 46, 1-117.
- **LEORY F., DEGEEST B. and DE VUYST L. (2002).** A novel area of predictive modeling:describing the functionality of beneficial micro-organisms in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 73, 251-259.
- **LESSCHAEVE I. (1997).** **Etude des performances des sujets effectuant l'analyse descriptive quantitative de l'odeur ou de l'arôme des produits alimentaire. Recherche des liens entreépreuves de sélection et épreuves de profil.** Thèse de doctorat. Université de Bourgogne.ENS BANA, Dijon, France.
- **LOONES A. (1994).** Lait fermenté par des bactéries lactiques. In « bactéries lactiques ». Vol II. DE ROISSART H. et LUQUET F.M. Ed. Loriga, Paris. 37-151.
- **LUQUET. (1985).** Laits et produits laitiers : Transformations et technologies. Ed, techniques et documentation, Lavoisier. 633.
- **Lugasi A, Hovari J, Sagi, K V et Biro L, (2003).** The role of antioxydant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta biologica Szegedientis*.1-4, 119-125p.
- **Luck E, Jager M (1995).** Antimicrobial action of preservatives antimicrobial food additives. *VERLAGE* : 38-42

M

- **MODLER H.W. (1985).** Functional properties of nonfat dairy ingredients. A review. Modification of products containing casein. *Journal of Dairy Science*, 68, 2195-2205.
- **MARTY-TEYSSET C. DE LA TORRE F. and GAREL J-R. (2000).** Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* upon aeration: involvement. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(1), 262-267.
- **MAHAUT M., JEANTET R., SCHAK P. et BRUL G. (2000).** Les produits industriels laitiers. Ed, techniques et documentation, Lavoisier, Paris. 26-40.
- **MAC LEOD P., SAUVAGEOT F. et KÖSTER E.P. (1998).** Les caractéristiques d'une réponse sensorielle In : « Evaluation Sensorielles ». 2 éd. Tec&Doc. Lavoisier, Paris. 6-29.
- **MONTET A. (2001).** Les principales méthodes descriptives et leurs variantes in « *Traité d'Évaluation Sensorielle* ». Urdapilleta I., Ton Nu C., Saint Denis C. and Huon de Kermade C,F. (Eds), Dunod, Paris, 3-147.
- **MURRAY J.M., DELAHUNTY C.M. and BAXTER I.A. (2001).** Descriptive sensory analysis: Past, present and future. *Food Research International*. 34, 461-471.
- **MCFIE H.J., BRATCHELL N., GREENHOFF K. and VALLIS L. (1989).** Designs to balance the effect of order of presentation and first-order effects in hall tests. *Journal of sensory Studies*, 4, 129- 148.
- **Macheix JJ, Fleuriet A, Billot J.** Fruits phenolic acids. CRC Press Boca Raton Florida 1990.3 :105-110.
- **Moroh J, LA Bahi C, Dje K, Loukou YG, Guede-guina F.** Étude de l'activité antibactérienne de l'extrait acétatique (EAC) de *Morinda morindoides* (Baker) milne-redheat (rubiaceae) sur la croissance *in-vitro* des souches *d'Escherichia coli*. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 2008 ; Vol. 77 : pp. 44 – 61

N

- **NOZNICK P.P. (1982).** Dairy Ingredients in food. Bulletin de la Fédération Internationale de santé.

O

- **Ould, E.H.M. ; M Hadj-Mohammed and H.Zabeirou (2003).** Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région d'Ouargla (Sahara septentrional est). *Courrier du savoir* 3 :47-51.
- **Ozenda.P ;1983-Flore du Sahara** Ed C.N.R.S,622 p

P

- **Patil,S.R. ;R.S.PatilandA.Godghate(2016).**"MenthapipéritaLinn :Phytochemical,anti bacterial and diperialn adulticidal approach"Int,J.Pharm.Sci8352-.55.

R

- **ROUSSEAU M. (2005).** La fabrication du yaourt, les connaissances. INRA. 9 pages.
- **ROUSSEL Y., PEBAY M., GUEDON G., SIMONET J.P. and DECARISN B. (1994).**
- **Richter, G (1993) :** Métabolisme des végétaux, physiologie et biologie et biochimie, les composés phénoliques, Edition press polytechnique, France, pp 302-304.
-
- **Riberteau – Gayon, P et Ganthert, R.J (1968) :** Les composés phénoliques des végétaux.
- **Richter, G (1993) :** Métabolisme des végétaux, physiologie et biologie et biochimie, les composés phénoliques, Edition press polytechnique, France, pp 302-304.
- **Riberteau – Gayon, P et Ganthert, R.J (1968) :** Les composés phénoliques des végétaux.Dunord, paris 243p.

T

- **TAMIME A.Y. and DEETH H.C. (1980).** Yogurt: technology and biochemistry. *Journal of Food Protection*, 43, 12, 939-977.

- **TAMIME A.Y. and ROBINSON R.K. (1999).** Yogurt science and technology. 2nd Ed. Cambridge : woodhead Publishing.
- **TAMIME A. Y. and ROBINSON R.K. (1985).** Background to manufacturing practice. Yoghurt. Science and technology. Tamime, A. Y., & R.K. Robinson. (Eds), Pergamon Press, Paris. 7-90.
- **TAMIME A. Y., KALAB M. and DAVIES G. (1984).** Microstructure of set-style yoghurt manufactured from cow's milk fortified by various methods. **Food Microstructure. 3, 83-92.**

V

- **VAN MARLE M. (1998).** Structure and rheological properties of yoghurt gels and stirred yoghurts. Thèse University of Twente, Enscheded, Pays Bas.

W

- **WEBER F. (1994).** Altérations des produits laitiers par les bactéries lactiques. In «Bactéries lactiques ». De Roissart, H. luquet, F.M.(Eds), loriga, Uriage. 567-572.

Y

- **YAKHLEF H., MADANI T., GHOZLANE F. et BIR B. (2010).** Rôle du matériel animal et de l'environnement dans l'orientation des systèmes d'élevages bovins en Algérie ; in : « la èmes filière lait en Algérie ». Communication aux 8 Journées des Sciences Vétérinaires ,18 et 19 avril. Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger.