

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté par
M^{lle} DOUAER Asma

Pour l'obtention du diplôme de
MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : Biotechnologie Alimentaire

THEME

**Effets des extraits de mélisse citronnelle (*Mélissa officinalis* L.) sur la
qualité physicochimique microbiologique et organoleptique d'un lait
fermenté alicament type yaourt ferme**

Soutenu publiquement le : 04/ 07/2018

DEVANT LE JURY

Présidente	Mm. ABASSENE	M.A.A	Université de Mostaganem
Encadreur	M. BENMILOUD. Dj	M.C.A	Université de Mostaganem
Examineur	M. BELABBES. M	Doctorant	Université de Mostaganem

Thème réalisé au niveau du laboratoire de Microbiologie et le laboratoire de Biochimie –

Université de Mostaganem

Année Universitaire 2017/2018

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction 01

Partie théorique

Chapitre I : Généralité sur le lait

1. Définition du lait de consommation	02
2. Critères de fabrication de lait	02
2.1. Critères hygiéniques d'ordre microbiologique	02
2.2. Critères nutritionnels	02
2.2.1. Lactose	04
2.2.2. Protéines	04
2.2.3. Matière grasse	04
2.2.4. Minéraux	04
2.2.5. Vitamines	04
2.3. Maitrise de la qualité	05
2.4. Influence des traitements sur la valeur nutritionnelle du lait	05
2.4.1. Chauffage	05
2.4.2. Rayonnement	05
2.4.3. Oxydation	05

Chapitre II : Généralité sur le yaourt

1. Histoire	06
2. Définition	06
3. Composition du yaourt	07
3.1. Glucides	07
3.2. Protéines	07
3.3. Lipides	07
3.4. Minéraux	07
3.5. Vitamines	08
3.6. Autres aspects	08
4. Différents types du yaourt	08

4.1. Selon la technologie de fabrication	08
4.2. Selon la teneur en matière grasse	08
5. Processus de fabrication	09
5.1. Règles d'hygiène	09
5.2. Préparation du lait	09
5.3. Addition de sucre	09
5.4. Homogénéisation	10
5.5. Traitement thermique	10
5.6. Refroidissement	10
5.7. Ensemencement	11
5.7.1. Levain spécifique du yaourt	12
5.7.1.1. Définition de levain	12
5.7.1.2. Caractéristiques des bactéries du yaourt	12
5.7.1.3. Intérêt des bactéries lactiques du yaourt dans l'industrie	13
5.7.2. Aptitudes technologiques de bactéries lactiques du yaourt	14
5.7.2.1. Activité protéolytique	14
5.7.2.2. Activité aromatique	14
5.7.2.3. Activité texturant	14
5.7.3. Symbiose des souches	15
5.8. Arrêt de fermentation	16
5.9. Conditionnement	17
5.10. Forme de présentation à la vente	19
5.10.1. Préemballage	19
5.10.2. Emballage extérieur	19
5.10.3. Etiquetage	19
6. Accidents de fabrication	19
6.1. Défauts d'apparence et de texture	19
6.2. Défauts de goût	20
7. Qualité du yaourt au cours de la conservation	22
7.1. Qualité physico-chimique	22
7.2. Qualité microbiologique	22
7.3. Qualité organoleptique	23
8. Valeur nutritionnelle et intérêts thérapeutiques du yaourt	24
8.1. Valeur nutritionnelle	24
8.2. Intérêts thérapeutiques	26

Chapitre III: *Mélissa officinalis*

1. La mélisse	27
2. Histoire	27

3. Classification	28
4. Description botanique	28
5. Habitat	29
6. Culture et récolte	29
7. Conservation	30
7.1. Manipulation	30
7.2. Séchage	30
7.3. Entreposage	30
7.4. Conditionnement	31
7.5. Analyses et contrôle de la qualité	31
8. Composition chimique	31
8.1. Composition chimique des feuilles de la mélisse	31
8.1.1. Acides phénoliques	31
8.1.2. Flavonoïdes	32
8.1.3. Triterpènes	32
8.1.4. Autres	32
8.2. Composition chimique de l'huile essentielle de la mélisse	32
8.2.1. Terpénoïdes	33
8.2.2. Aldéhydes monoterpéniques	33
8.2.2.1. Citral	33
8.2.2.2. Citronellal	33
9. Utilisation traditionnelle	33
10. Propriétés de la mélisse	36
10.1. Antalgique dans les douleurs d'origine digestive	36
10.2. Effet antispasmodique de la mélisse	36
10.3. Effet antioxydant	37
10.4. Effet antimicrobien	37
10.4.1 Effet antibactérien	37
10.4.2. Effet antifongique	38
10.4.3. Effet antivirale	38

Partie Méthodologique

Chapitre IV: Matériels et méthodes

1. Objectifs	40
2. Région du prélèvement et traitement préliminaires du matériel végétal	40
3. Extraction des composés bioactifs	41
4. Essai de fabrication d'un lait fermenté alicament enrichi d'extrait de mélisse citronnelle	41
4.1. Protocole expérimental	41

4.2.Préparation du levain	42
4.3.Technologie de fabrication des laits fermentés expérimentaux	42
5. Mesures et contrôles	44
5.1.Analyses physico-chimiques	44
5.2.Analyses microbiologiques	45
5.3.Analyses sensorielles	46
6. Traitement statistique	46

Chapitre V: Résultats et Discussion

1. Résultats

1.1.Analyses physicochimiques	47
1.1.1. Acidité	47
1.1.2. Viscosité	49
1.2.Analyses microbiologiques	51
1.2.1. <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	51
1.2.2. <i>Streptococcus thermophilus</i>	53
1.3.Tests sensoriels	55
1.3.1. Adhésivité	55
1.3.2. Cohésivité	56
1.3.3. Couleur	57
1.3.4. Odeur	58
1.3.5. Goût de fraîcheur	59
1.3.6. Goût acide	60
1.3.7. Arrière goût	61

2. Discussion

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Remerciements

*Avant tous je remercie le bon dieu qui m'a aidé et guidé mes pas
au bon sens et vers la voie du savoir*

*En premier lieu, je tiens à remercier particulièrement Monsieur
BENMILOUD. Dj de l'université de Mostaganem en tant que directeur
de mémoire d'avoir accepté d'encadrer ce travail; de m'avoir soutenu,
encouragé et avec qui j'ai pu achever ce mémoire.*

*Mes remerciements s'adressent également à Monsieur BELABBES. M
d'avoir accepté d'être parmi le jury en tant que examinateur pour évaluer
le contenu de ce document.*

*Je tiens à adresser mes sincères remerciements à Madame ABASSENE
d'avoir accepté d'être parmi le jury en tant que présidente et évaluer le
contenu de mon document*

*Je remercie tous les professeurs et les professionnels qui ont participé à ma
formation théorique et expérimentale.*

DÉDICACES

Je dédie ce travail,

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

A mon cher frère Oussama et sœur Malek que je les souhaite la réussite aux études et particulièrement ma sœur Meryem pour son soutien durant cette année.

A Monsieur LAÏOUB A. E. R aussi pour sa patience, de m'avoir encouragé, soutenu et aidé à dépasser mes moments de faiblesse.

A Monsieur BERNARD LMOUMENE. Dj qui m'a aidé à achever mon travail et surtout avec ses conseils

A mes chères copines Zahina et Fahima qui m'ont soutenu et aidé à dépasser beaucoup de difficultés au cours de la période de réalisation de mon travail

A tous ceux qui sont proches de mon cœur et dont je n'ai pas cité leur nom.

Liste des abréviations

%	Pourcentage
2S/1L	<i>2Streptococcus thermophilus/ 1Lactobacillus bulgaricus</i>
µg	Microgramme
a_w	Activité d'eau
AFSSaPS	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé
APG	Groupe Phylogénétique des Angiospermes
C°	Degré Celsius
CI₅₀	Concentration inhibitrice 50
CMI	Concentration minimale inhibitrice
CPPARM	Comité des Plantes à Parfum Aromatiques et Médicinales
cm	Centimètre
CO₂	Dioxyde de carbone
Cu	Cuivre
°D	Degré Dornic
DLC	Date limite de consommation
DLUO	Date limite d'utilisation optimale
E	<i>Eshirichia</i>
EMA	European Medicine Agency
EST	Extrait sec total
Fe	Fer
g	Gramme
ha	Hectare
h	Heure
HMPC	Herbal Medicinal Products Committee
ITEIPMAI	Institut technique interprofessionnel des plantes à parfum, médicinales et aromatiques
j	Jour
Kg	Kilogramme
KJ	Kilojoule
L	<i>Lactobacillus</i>
Lb	<i>Lactobacillus</i>

Liste des abréviations

l	Litre
M.G	Matière grasse
M	<i>Mélissa</i>
m	Mètre
mg	Milligramme
m³	Mètre cube
ml	Millilitre
mm	Millimètre
ng	Nano gramme
N.E.P	Nettoyage en place
Nx	Nombre de germe
ND	Non déterminé
n°	Numéro
OMS	Organisation Mondiale de Santé
Pa	Pascal
pH	Potentiel d'hydrogène
S	<i>Streptococcus</i>
St	<i>Streptococcus</i>
t	Temps
UFC	Unité formant une colonie
U.V	Ultra violet
HIV	Virus d'Immunodéficience Humaine

Liste des figures

Figure N°01: Composition globale du lait de vache avec le détail de sa composition minérale	03
Figure N°02: Morphologie électronique de souche <i>St. thermophilus</i> (x1000) (Terre, 1986)	12
Figure N°03: Morphologie électronique de souche <i>Lactobacillus bulgaricus</i> (x1000) (Terre, 1986)	13
Figure 04: Interaction de <i>Streptococcus thermophilus</i> et <i>Lactobacillus bulgaricus</i> en culture mixte dans le lait.....	16
Figure 05: Diagramme de fabrication du yaourt étuvé et brassé (d'après Béal et Sodini, 2003)	18
Figure N°06: Chronologie des indications de la mélisse	27
Figure N°07: Mélisse officinale (<i>Melissa officinalis</i>)	29
Figure N°08: Flacons anciens d'Eau des Carmes Boyer (Collection Laboratoire Boyer, Paris) (Marx, 2005)	34
Figure N°09: Etiquette de l'Eau des Carmes Boyer	34
Figure N°10: Diagramme de fabrication des laits fermentés expérimentaux enrichi d'extrait de <i>Mélissa officinalis</i>	43
Figure N°11: Diagramme de dilution décimale	45
Figure N°12: Evolution de l'acidité Dornic des laits fermentés expérimentaux additionnés d'extrait de <i>Mélissa officinalis</i>	47
Figure N°13: Evolution de la viscosité des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse	49
Figure N°14: Evolution du nombre des <i>Lactobacillus bulgaricus</i> dans les laits fermentés expérimentaux	51

Figure N°15: Evolution du nombre des <i>Streptococcus thermophilus</i> dans les laits fermentés expérimentaux	53
Figure N°16: Evolution de l'adhésivité des laits fermentés expérimentaux additionnés d'extrait de mélisse	55
Figure N°17: Evolution de la cohésivité des laits fermentés expérimentaux au 21 ^{ème} jour	56
Figure N°18: Evolution de la couleur des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21 ^{ème} jour	57
Figure N°19: Evolution de l'odeur des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21 ^{ème} jour	58
Figure N°20: Evolution du gout de fraîcheur des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21 ^{ème} jour	59
Figure N°21: Evolution du gout acide dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21 ^{ème} jour	60
Figure N°22: Evolution d'arrière gout dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21 ^{ème} jour	61

Tableau N°01: Travaux proposant des températures optimales de croissance et d'acidification pour <i>S. thermophilus</i> et <i>Lb. bulgaricus</i>	11
Tableau N°02: Principales altérations du yaourt	21
Tableau N°03: Apports des différents yaourts pour un pot de 125 g	24
Tableau N°04: Comparaison entre la composition du lait et celle du yaourt	25
Tableau N°05: Médicaments à base de plantes contenant de la mélisse, autorisés en France	35
Tableau N°06: Posologies recommandées par l'HMPC dans le cadre d'un usage traditionnel de la mélisse EMA, 2007	36
Tableau N°07: Evolution du taux d'acidité des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse	48
Tableau N°08: Evolution de la viscosité des yaourts expérimentaux incorporés d'extrait de mélisse	50
Tableau N°09: Evolution du nombre de germe de <i>Lactobacillus bulgaricus</i> dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse	52
Tableau N°10: Evolution du nombre de germe de <i>Streptococcus thermophilus</i> dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse	54
Tableau N°11: Evolution de l'adhésivité des laits fermentés expérimentaux additionnés d'extrait de mélisse citronnelle	55
Tableau N°12: Evolution de la cohésivité des yaourts expérimentaux	56
Tableau N°13: Evolution de la couleur des yaourts expérimentaux après 21 jours de conservation	57
Tableau N°14: Evolution de l'odeur des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21 ^{ème} jour	58

Tableau 15: Evolution du gout de fraicheur des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour 59

Tableau 16: Evolution du gout acide dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour 60

Tableau 17: Evolution de l'arrière gout dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour 61

Résumé

Cette étude a pour but de déterminer les effets de l'extrait aqueux obtenu à partir des feuilles d'une plante médicinale et aromatique récoltée dans la région de Tipaza à savoir la *Mélissa officinalis* L. sur la qualité physicochimique, microbiologique et organoleptique d'un lait fermenté type yaourt ferme.

L'expérimentation a été réalisée à des différents taux d'incorporation de l'extrait de mélisse à 0, 2, 4, 6 et 8% respectivement, dans les laits fermentés étuvés. Chaque paramètre étudié est représenté par trois pots de 100ml; soit un nombre total de 15 échantillons expérimentaux. Durant la période de fermentation et de post acidification de 21 jours de conservation les mesures de contrôles suivant ont été effectués tous les 7 jours sur chaque produit transformé: physicochimique (acidité Dornic et viscosité), ainsi que microbiologique (dénombrement des germes spécifiques du yaourt) et organoleptique (adhésivité, cohésivité, couleur, odeur, goût de fraîcheur, goût acide et arrière goût).

L'ajout d'extrait aqueux de *Mélissa officinalis* L. à des doses sévères de 6 et 8% a altéré relativement la qualité microbiologique et organoleptique des laits fermenté par rapport au témoin.

Il est possible d'incorporer les extraits aqueux de *Mélissa officinalis* L. jusqu'à un taux de 4%.

A ces taux les panelistes ont bien accepté les échantillons expérimentaux au même titre au yaourt témoin.

Mots clés: *Mélissa officinalis*, extrait aqueux, yaourt, lait fermenté, qualité.

A decorative border with a repeating geometric pattern in orange and yellow colors surrounds the page.

Partie
théorique

Introduction

Introduction

Le lait sans précision de l'espèce est du lait de vache. Le lait et les produits laitiers constituent des denrées alimentaires d'origine animale de très grande valeur nutritive en raison de leur richesse en protéines, en calcium et en vitamines. La fermentation du lait permettait la conservation pour quelques jours de cette denrée très riche, mais très périssable.

Parmi les nombreux produits laitiers fermentés, les yaourts tiennent une place de choix. Ils sont obtenus par la mise en œuvre des procédés connus et transformés en processus de fabrication industrielle.

L'Homme consomme régulièrement de nombreux produits laitiers tels que le lait et le yaourt. L'un est liquide et l'autre est solide. Ils sont pourtant issus de la même matière première.

L'évolution du consommateur vers la recherche d'un nouveau goût dans l'aliment, néanmoins dépourvus d'additifs alimentaires artificiels pour une tendance à une consommation biologique, contribue actuellement au développement de la consommation des produits naturels qui deviennent aussi une des caractéristiques de l'alimentation particulière dite de diététique moderne.

L'utilisation des plantes aromatiques par l'Homme est une pratique antique ([Majinda et al. 2001](#)). De nos jours la majorité des habitants du globe terrestre les utilisent surtout comme substitutions aux traitements conventionnels.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), dans la plupart des pays industrialisés, 70 à 95 % de personnes ont recours aux médecines traditionnelles (phytothérapie incluse), ce qui représente un marché de plus de 65 milliards d'euros en 2008 ([OMS, 2011b](#)).

La mélisse (*Melissa officinalis*) est consommée par l'homme depuis l'Antiquité ([Babulka, 2005](#)), en infusion c'est-à-dire en tant qu'extrait aqueux liquide, pour son vertus sédatif et relaxant. Ces propriétés sont liées à des observations empiriques des effets de cette plante sur l'organisme.

La problématique est de mettre en évidence les effets de la mélisse citronnelle sur un lait fermenté type yaourt ferme. Il s'agit non seulement de caractériser son cible d'utilisation en tant que plante aromatique à effet médicinale, mais aussi de prévoir ou de comprendre certains effets secondaires, et de définir précisément les doses efficaces, en-deçà desquelles un principe actif n'exerce aucun effet, et au-delà desquelles il devient toxique.

CHAPITRE I

Généralités

sur le lait

1. Définition du lait

Le lait est défini comme "le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée". Il doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé à l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation.

Le lait est un fluide biologique complexe sécrété par les mammifères quotidienne de l'Homme vu sa composition équilibrée en nutriments de base (protéines, lipides et glucides), sa richesse en calcium et son apport non négligeable en vitamines (A, B2, B5 et B12) et en divers sels minéraux (Ouali, 2003).

2. Critères de fabrication de lait

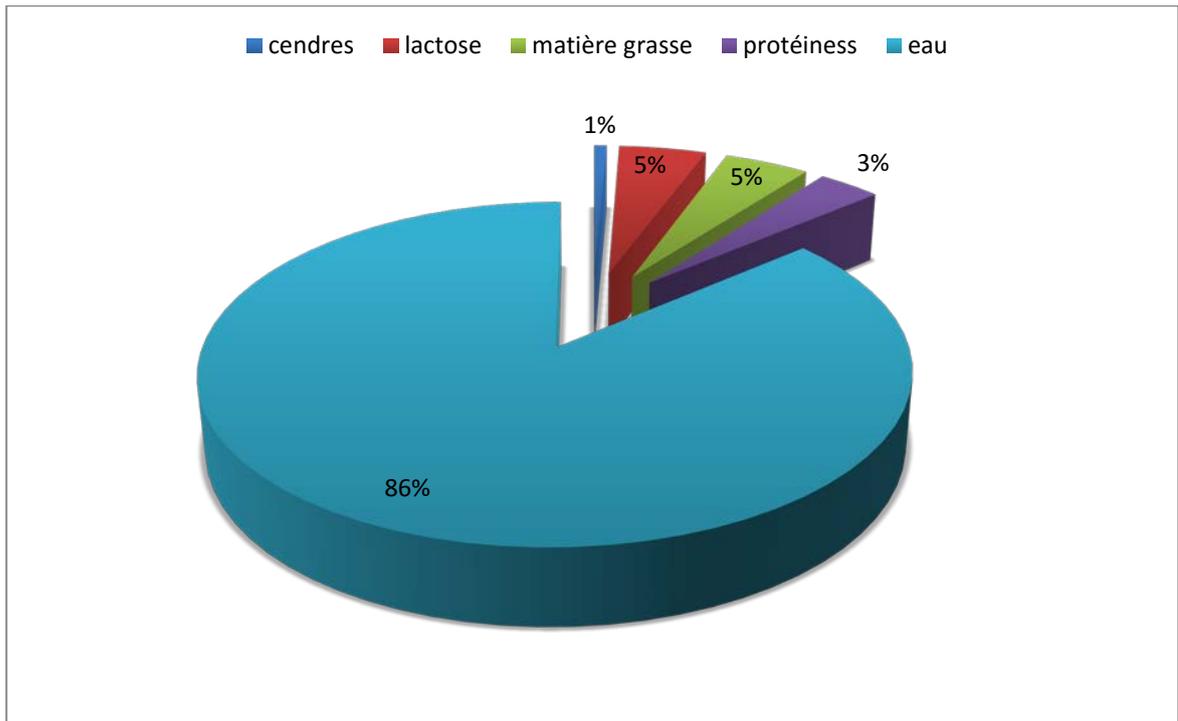
2.1. Critères hygiéniques d'ordre microbiologique

Le lait et les produits laitiers peuvent contenir des micro-organismes pathogènes pour l'Homme et être des agents de transmission de maladies contagieuses. Ces germes dont les origines sont variées (mamelle, environnement, Homme, etc.) peuvent être à l'origine de toxi-infections alimentaires en infectant l'organisme des consommateurs. Le lait peut ainsi être le vecteur de *Salmonella*, streptocoques, ou encore des virus...

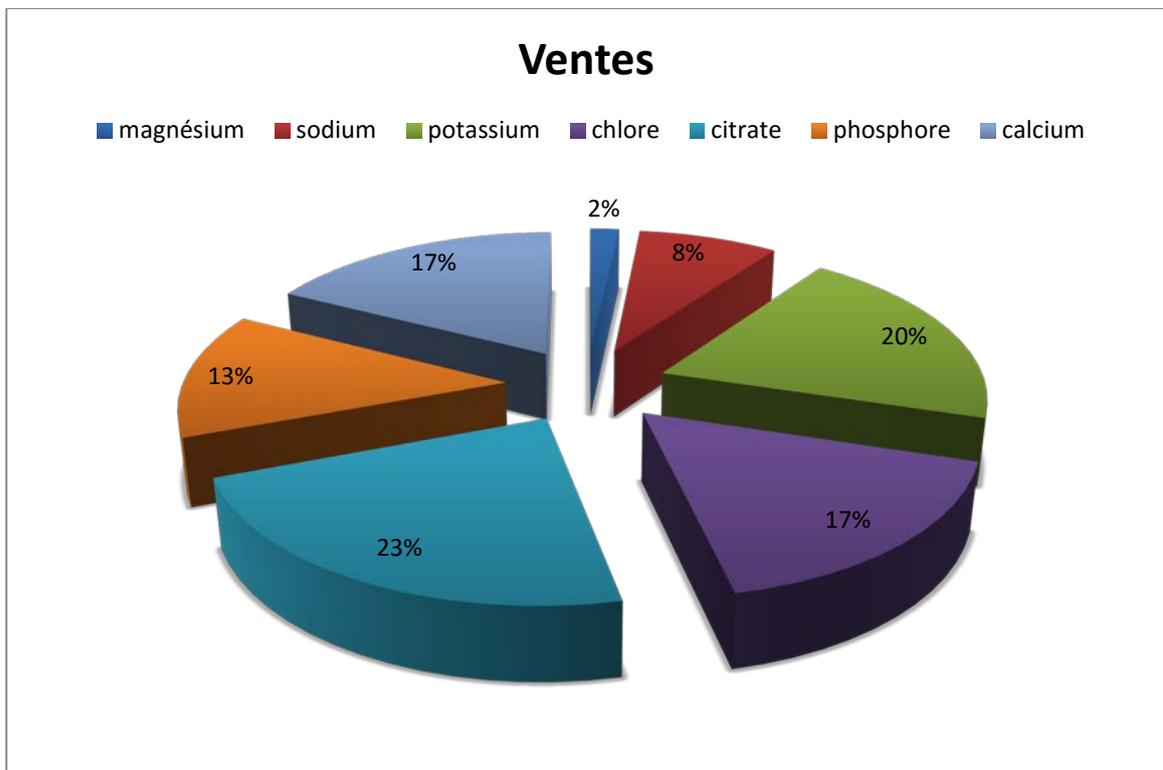
2.2. Critères nutritionnels

Le lait contient presque tous les éléments nutritifs nécessaires pour la croissance du jeune mammifère. Un litre de lait d'origine bovine contient environ 50 g de lactose, 32 g de protéines et 40 g de matières grasses. Le potentiel énergétique d'un litre de lait est respectivement de 2720 kJ, 2090 kJ et 1460 kJ suivant qu'il est entier, demi-écrémé ou écrémé.

Le lait n'est cependant pas un aliment complet, car carencé en fer et acides aminés soufrés (méthionine, cystéine). Il contient des protéines riches en résidus d'acides aminés essentiels et des minéraux d'intérêt nutritionnel (calcium et phosphore) sous forme organique et minérale facilement assimilable par l'organisme.



Composition globale du lait (g.l⁻¹)



Composition minérale du lait (g.l⁻¹)

Figure 1: Composition globale du lait de vache avec le détail de sa composition minérale

- **Lactose** : Le lactose est le constituant majeur de la matière sèche du lait, en particulier du lait de la femme, où il représente plus de la moitié de l'extrait sec total (EST). Sa concentration est relativement constante et sujette aux variations saisonnières. Le lactose a un pouvoir sucrant faible, six fois moins élevé que celui du saccharose. Il joue un rôle dans l'élaboration du système nerveux.
- **Protéines** : Les protéines laitières représentent près de la moitié de la totalité des protéines animales consommées en Europe. On notera la présence d'acides aminés indispensables dont principalement la lysine, la thréonine, l'histidine, particulièrement indispensable chez le nourrisson qui triple son poids en un an, et méthionine. Le lait est donc le complément idéal des céréales. Les protéines laitières fournissent 12% de l'apport énergétique total. L'apport conseillé est 70 g/jour.
- **Matière grasse** : La matière grasse (MG) est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0,1 à 10.10⁻⁶ m et est essentiellement constituée de triglycérides 98%. La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Parmi ceux-ci, la proportion d'acides gras polyinsaturés est faible 3%.
- **Minéraux** : Le lait et les produits laitiers sont les principales sources alimentaires de calcium et phosphore, pour lesquels ils couvrent plus de la moitié de nos besoins journaliers. Le lait apporte en outre de nombreux minéraux. Les plus importants sont:
 - ☞ Le calcium: 1,2 g.l⁻¹
 - ☞ Le phosphore: 0,9 g.l⁻¹
 - ☞ Le potassium: 1,5 g.l⁻¹
 - ☞ Le magnésium: 0,13 g.l⁻¹
 - ☞ Le chlore: 1,2 g.l⁻¹
- **Vitamines** : On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantités constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) en quantités variables de facteurs exogènes (race, alimentation, radiations solaires, etc.).

D'une manière générale, le lait ne permet pas de satisfaire tous les besoins vitaminiques. Cependant, il existe des laits sur le marché à teneur garantie en vitamines pour s'affranchir des facteurs exogènes. Ce sont surtout les vitamines A, B₁, B₂, qui constituent la valeur nutritive du lait.

2.3. Maitrise de la qualité

L'objectif que s'est fixé l'industrie du lait de consommation est de préserver la qualité nutritionnelle et organoleptique tout en assurant la qualité hygiénique. En effet, les traitements technologiques mis en œuvre pour détruire ou inactiver les micro-organismes et enzymes ont des effets d'ordre chimique ou thermodynamique sur les structures moléculaires des éléments du lait. Les propriétés nutritionnelles et organoleptiques peuvent en être modifiées, soit par disparition de nutriments indispensables (acides aminés essentiels, vitamines, etc.), soit par formation de substances indésirables.

La qualité du lait de consommation dépend en premier lieu de la charge microbienne de la matière première qui peut être réduite par une meilleure hygiène à la production et par des traitements physiques d'épuration (microfiltration) et, en second, de la maîtrise des traitements technologiques dont l'objectif est de détruire la flore microbienne (pasteurisation, stérilisation) ou de l'inhiber par réduction de l'activité de l'eau (a_w : lait concentré ou déshydraté).

2.4. Influence des traitements sur la valeur nutritionnelle du lait

Tous les constituants du lait (protéines, matière grasse, lactose, minéraux et vitamines) ne se retrouvent pas entièrement sous forme native selon les traitements appliqués. Les traitements mis en œuvre ne sont jamais inoffensifs ; ils entraînent toujours une perte de valeur nutritionnelle.

2.4.1. Chauffage : Il peut provoquer une diminution de la valeur nutritionnelle du lait par altération des acides aminés et des vitamines.

2.4.2. Rayonnements : La lumière solaire et le rayonnement ultraviolet provoquent la destruction des vitamines A, B₂, B₆ et C. Les autres vitamines n'y sont peu ou pas sensibles. Les radiations ionisantes ont des effets comparables à ceux des rayonnements UV et entraînent des saveurs désagréables, consécutives aux oxydations induites.

2.4.3. Oxydation : L'oxygène dissout dans le lait provoque l'oxydation de la vitamine C. Sous l'effet de la lumière, elle est transformée en acide déhydro-ascorbique qui reste biologiquement actif mais très instable.



CHAPITRE II
Généralités sur
le yaourt

1. Histoire du yaourt

Le yaourt n'est pas Bulgare mais Turc. On trouve l'origine du terme yaourt "Yogurmak" 1798 qui signifie "épaissir le lait" au centre de l'Eurasie, au 11^{ème} siècle.

Il apparaît en France vers 1542, offert par Soliman le magnifique à François 1^{er} qui souffrait de troubles intestinaux. Le roi fut guéri mais le médecin du sultan garda sa recette secrète. Il fallut attendre plus de 400 ans et la découverte des micro-organismes à l'origine des fermentations par Pasteur, pour que le yaourt fasse son retour en France en 1919 (première guerre mondiale). Sa fabrication industrielle, elle a débuté dans les années 1930.



Publicité pour le yaourt et kéfir Danone en 1919

Et encore, les mots "yaourt" et "yogourt" sont entrés dans "Le Petit Larousse" en 1925.

2. Définition du yaourt

La réglementation française précise : "La dénomination yaourt ou yoghourt est réservée au lait fermenté obtenu, selon les usages loyaux et constants, par le développement des seules bactéries lactiques, *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouvent vivantes dans le produit à raison d'au moins 10⁷bactéries/g, la quantité d'acide lactique libre ne doit pas être inférieure à 0,7g/100g lors de la vente au consommateur" ([article 8 du décret 63-695](#)).

Le yaourt est un lait fermenté obtenu exclusivement par la coagulation du lait sous l'action de deux bactéries : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* (Quiberoni et al., 2010 ; Iyeret et al., 2009 ; De Vuyst et Tsakalidou, 2008 ; Delorme, 2008; Michaylova et al., 2007).

Tous les produits contenant des ferments autres que ceux cités ci-dessus ne peuvent se voir attribuer le nom de yaourt mais celui de lait fermenté, ce qui est le cas de la plupart des nouveaux produits dits "produits santé".

Le yaourt est fait en introduisant des souches bactériennes spécifiques dans le lait, qui est plus tard fermenté dans des températures contrôlées (**42-43C°**) et des conditions environnementales (dans la cuve de fermentation), particulièrement dans la production industrielle. Les bactéries ingèrent les sucres naturels du lait et libèrent l'acide lactique comme produit. L'acidité accrue fait coaguler les protéines du lait dans une masse pleine (lait caillé) dans un processus appelé dénaturation (Robinson et Tamime, 1986). L'acidité accrue (**pH = 4-5**) empêche la prolifération des bactéries potentiellement pathogènes (Yildiz, 2010).

3. Composition du yaourt

La principale matière première pour la fabrication des yaourts est le lait dont, pour l'essentiel, le lait de vache. Il est constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche totale contenant des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux (Tamime et Robinson, 1999).

La fermentation du lait va entraîner des modifications de sa composition, énumérées ci-dessous.

❖ Glucides

En partant d'un lait enrichi de poudre de lait écrémé au taux de 2%, la teneur du yaourt en lactose résiduel est de l'ordre de **4,5g pour 100g**. la dégradation du lactose conduit à la formation de galactose, de glucose et d'acide lactique qui passe d'un niveau pratiquement nul à un niveau de **0,8 à 1%**, dont 50 à 100% d'acide lactique selon les ferments.

Les quantités finales de galactose sont aux alentours de **1 à 1.5%**. Les concentrations en glucose et oligosaccharides sont très faible (Toba et al, 1983; Vidal-Valverde et al., 1984).

❖ Protéines

Les bactéries lactiques produisent des enzymes qui hydrolysent partiellement les protéines du lait. De ce fait un yaourt, contient plus de peptides et d'acides aminés libres que le lait (Rasic et al., 1971).

❖ **Lipides**

Il existe une hydrolyse très modérée des triglycérides qui n'a pas d'incidence nutritionnelle observable (Alm, 1982a; Boccignone et al., 1984).

❖ **Minéraux**

C'est surtout la richesse en calcium du yaourt qui est à noter. La poudre de lait ajoutée au lait lors de la fabrication des yaourts augmente en effet la teneur en calcium par rapport au lait d'origine. Un pot de yaourt de **125g** apporte **180 à 200 mg** de calcium.

❖ **Vitamines**

La composition des vitamines du yaourt dépend principalement de celle du lait utilisé. La composition en vitamines liposolubles A et D varie en fonction de leur teneur dans le lait utilisé.

❖ **Autres aspects**

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

4. Différents types du yaourt

4.1. Selon la technologie de fabrication: En fonction de la technologie, les yaourts sont classés en:

- ❖ **Le yaourt étuvé :** Un yaourt ferme dont la fermentation a lieu en pots et toute addition de fruit ou arômes est réalisée avant que la fermentation débute. Ce sont généralement les yaourts "nature" ou "aromatisés".
- ❖ **Le yaourt brassé:** C'est la forme la plus populaire du yaourt commercial. C'est un yaourt dont la fermentation a lieu en cuve avant brassage et conditionnement. Ici l'ajout des fruits ou d'arômes est réalisé après refroidissement du lait fermenté.
- ❖ **Yaourt aux fruits:** Les fruits, les sirops de fruit, ou le pâté de remplissage peuvent être ajoutés au yaourt. Ils sont placés sur le dessus, sur le fond, ou remués dans le yaourt (Robinson et Tamime, 1986; Yildiz, 2010).

4.2. Selon la teneur en matière grasse: On distingue trois types de yaourt:

- ❖ **Yaourt entier :** Comme sa dénomination l'indique, ce yaourt est à base de lait entier. Il contient **3%** de matière grasse au minimum, il renferme **3 à 4%** de matière grasse.

- ❖ **Yaourt partiellement écrémé:** C'est un produit qui renferme moins de **3%** (en poids) de matière grasse; en pratique industrielle (Guyot 1992).
- ❖ **Yaourt écrémé (maigre):** Le produit contient au maximum **0.5%** (en poids) de matière grasse et de **0,05 à 0,1%** de protéines (Guyot 1992).

5. Processus de fabrication du yaourt

5.1. Règles d'hygiènes

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

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

5.2. Préparation du lait

5.2.1. Enrichissement en matière sèche: La teneur en matière sèche du lait mis en œuvre dans la fabrication du yaourt est un facteur important, car elle conditionne la viscosité et la consistance du produit.

- ❖ **Addition de poudre:** Plus fréquemment par addition de poudre de lait écrémé à des doses variant de **1 à 3%**, soit avec du lait entier.
- ❖ **Concentration du lait:** Cette méthode donne une meilleure consistance et un gout au produit fini. Elle est très simple à intégrer dans une ligne de fabrication en continu; par contre elle est plus chère que l'addition de la poudre.

5.3. Addition de sucre

La quantité maximale de sucre que l'on peut ajouter dans le yaourt est de **12%**, au-dessus de cette norme, il peut y avoir un effet inhibiteur des bactéries lactiques. Egalement, il est préférable d'effectuer son addition avant la pasteurisation du lait, ce qui peut détruire le maximum de germes notamment les levures présentes dans le sucre.

5.4. Homogénéisation

L'homogénéisation du lait, ce traitement est pratiqué dans le cas des laits gras (**10 à 25.10⁶ Pa à 60-90°C**), en réduisant la taille des globules gras et en générant une interface de nature protéique évite la remontée de la matière grasse pendant la gélification, limite la synérèse en améliorant la rétention de l'eau et améliore la texture (viscosité et fermeté accrues par interaction entre globule gras et caséines) du produit fini.

5.5. Traitement thermique (pasteurisation):

La réglementation impose la présence de seulement deux bactéries (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*) dans le yaourt.

Pour détruire tous les germes pathogènes et réduire le taux des germes banaux, le lait est traité thermiquement à une température voisine de **90°C (85°C au minimum)**, pendant **5 à 10 minutes**.

La température de pasteurisation en cuve avec agitation varie entre **85°C et 90°C**; l'opération dure quelques secondes.

Conseils pratiques:

Il ne faut pas se fier aux thermomètres des cuves de pasteurisation. Au fil du temps, ils se dérèglent et l'on observe une différence de plusieurs degrés entre la valeur affichée et la valeur réelle. Il convient de vérifier de temps en temps la température réelle à l'aide d'un thermomètre à mercure étalonné.

5.6. Refroidissement

Le refroidissement de lait s'effectue par l'ajustement de la température à un point auquel le levain lactique peut êtreensemencé; généralement l'abaissement de la température à des degrés (voisin de **45°C**).

5.7. Ensemencement

L'ensemencement d'une culture de *Lactobacillus bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* doit se faire à un taux assez élevé pour assurer une acidification correcte: il varie selon la vitalité des cultures entre **1 et 7%** dans un rapport *Streptococcus thermophilus* / *Lactobacillus bulgaricus* de **1,2 à 2/1** pour les yaourts nature et pouvant atteindre **10/1** pour les yaourts aux fruits.

La température optimale de développement se situe selon les auteurs de **37 à 46°C** pour *Streptococcus thermophilus* et de **42 à 50°C** pour *Lactobacillus bulgaricus* (tableau 01).

Tableau 01 : Travaux proposant des températures optimales de croissance et d'acidification pour *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus*.

Références	<i>S. thermophilus</i>	<i>L. bulgaricus</i>	Cultures mixtes	Critères d'appréciation
Dirar et Collins (1972)	ND	37 à 40°C	ND	Rendement de croissance
Accolas et al., (1977)	42 à 45°C	44 à 47°C	ND	Niveau d'acidification
Driessen et al., (1977)	ND	ND	45°C	Vitesse d'acidification
Hemme et al., (1980)	37 à 42°C	ND	ND	Biomasse finale
Martley (1983)	39,3 à 46,1°C	41,8 à 46,6°C	ND	Acidité acquise
Tayeb et al., (1984)	40,5°C	44°C	42°C	Taux de croissance, biomasse finale
Radke – Mitchell et Sandine (1986)	35 à 42°C	43 à 46°C	42°C	Taux de croissance
Amoroso et al., (1988)	40 à 45°C	45°C	45°C	Biomasse finale
Robinson (1988)	42°C	45°C	ND	Acidité acquise
Larsen et Anon (1989)	42 à 43,2°C	43,7 à 44,6°C	ND	Vitesse d'acidification
Beal (1991)	40°C	44°C	42°C	Biomasse finale

ND : Non déterminé.

5.7.1. Levain spécifique du yaourt

5.7.1.1. Définition de levain

Les levains est la population des microorganismes que l'ont peut rencontrer dans une farine que l'ont aura laissé fermenter sans autre adjonction des microorganismes et après l'avoir placée dans des bonnes conditions de développement (apport d'eau et température de 20 à 25°C) (Bourgeois C B; Larpent J P, 1996).

Les ferments du yaourt sont formés de deux microorganismes : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* vivants en symbiose dans le lait.

5.7.1.2. Caractéristiques des bactéries du yaourt

❖ *Streptococcus thermophilus*

St. Salivarius subsp. thermophilus est une bactérie gram positif et sphérique thermophile avec une température optimale de croissance de 37°C. Cependant, certaines activités métaboliques telles que la production de polysaccharide ou la synthèse de l'acétaldéhyde peuvent avoir lieu aux différentes températures. Sa croissance cesse à 10°C. Leur activité acidifiante se limite au glucose, lactose et saccharose; avec préférence aux deux disaccharides.



Figure 02: Morphologie électronique de souche *St. thermophilus* (x1000) (Terre, 1986)

❖ *Lactobacillus bulgaricus*

Le genre *Lactobacillus* est caractérisé comme gram positif, asporulé, de forme en bâtonnets, de catalase négatif et cellules micro-aérophiles. Leur croissance généralement augmentée par le CO₂ à 5%. *L. bulgaricus* sont présent dans le lait et les produits laitiers. *L. bulgaricus* appartient au groupe des homofermentaires obligatoires. *L. bulgaricus* est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et magnésium et sa

température optimale de croissance est d'environ **42°C**. Cette bactérie à un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiénique du yaourt.

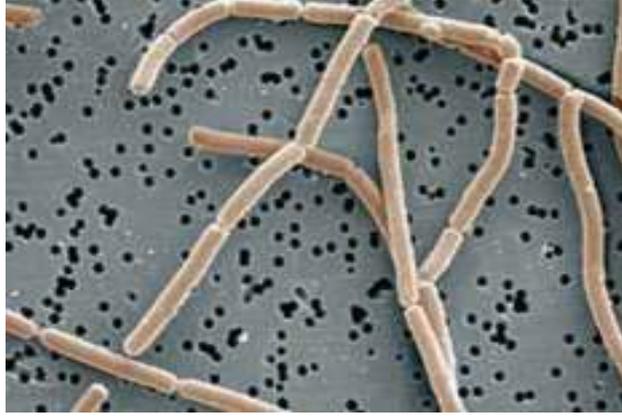


Figure 03: Morphologie électronique de souche *Lactobacillus bulgaricus* (x1000)
(Terre, 1986)

5.7.1.3. Intérêt des bactéries de yaourt dans l'industrie

❖ *Streptococcus thermophilus*

Le rôle principal de *St. Thermophilus* est la fermentation du lactose de lait en acide lactique, plus son pouvoir acidifiant, elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharide (composés de galactose, glucose, ainsi que des petites quantités de raménose, arabinose et de mannose) (Bergamaier, 2002).

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

❖ *Lactobacillus bulgaricus*

Lb. Bulgaricus est une bactérie thermophile ne produise sauf l'acide lactique comme produits final a partir des hexoses de sucre par vois d'Embden Meyerhof et incapable de fermente le pentoses, cette bactéries a un rôle important dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques de yaourt (Merty-teyssset et al., 2000).

L. 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 à un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt.

5.7.2. Aptitudes technologiques des bactéries lactiques du yaourt

❖ Production d'acides lactiques

La production d'acide lactique est une des principales fonctions des bactéries lactiques. Car cette acide organique permet de concentrer et conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien

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

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
- Intervient comme inhibiteur vis-à-vis des microorganismes indésirables.

❖ 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.

❖ 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.

❖ Activité texturant

La texture et l'onctuosité consistent, 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.

5.7.3. Symbiose des souches

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

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

Bien que les deux souches puissent se développer indépendamment, le taux de production d'acide est beaucoup plus haut une fois utilisé ensemble que si l'une ou l'autre des deux se développent individuellement. La *Streptococcus thermophilus* se développe plus rapidement et produit l'acide formique et le CO₂. Le formate et le CO₂ produits stimulent la croissance de *Lactobacillus bulgaricus*. D'autre part, l'activité protéolytique de *Lactobacillus bulgaricus* produit les peptides stimulateurs et les acides aminés pour qu'ils soient utilisés par *Streptococcus bulgaricus*. Ces microorganismes sont finalement responsables de la formation de la flaveur typique et de la texture du yaourt. Le mélange de yaourt se coagule pendant la fermentation due à une baisse dans le pH de la préparation du yaourt approximativement à 5. Les lactobacilles sont responsables de la diminution à pH=4. Les produits issus de la fermentation contribuent à la saveur acide lactique, acétaldéhyde, acide acétique et di acétyle (figure 02).

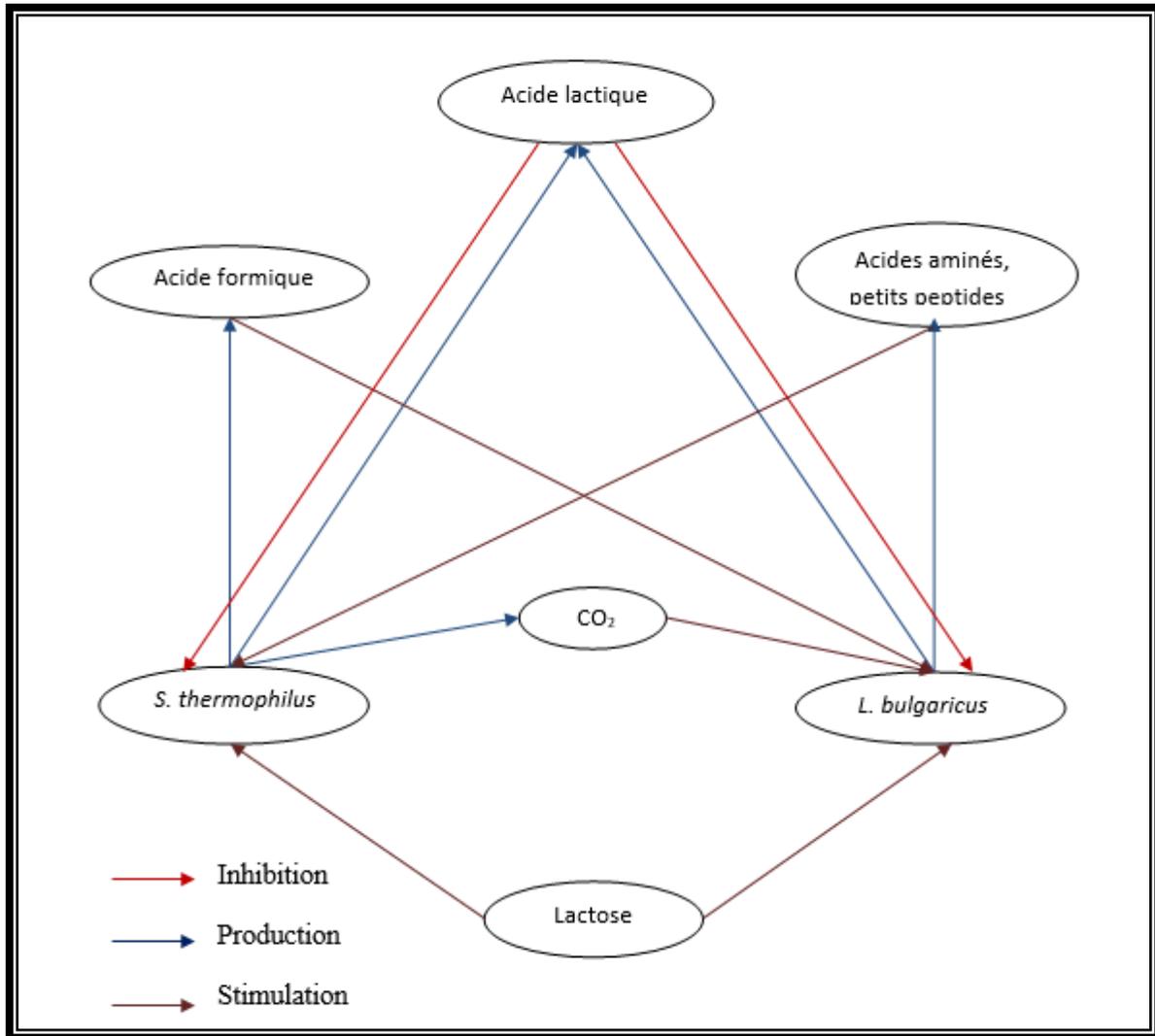


Figure 04: Interaction de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* en culture mixte dans le lait

5.8. Arrêt de fermentation

Lorsque l'acidité est atteinte, on procède à un refroidissement rapide pour bloquer la fermentation.

Dans le cas (cas de yaourt brassé), un brassage est réalisé au préalable par agitation mécanique. Le refroidissement est réalisé au moyen d'un échangeur à plaques, tubulaire ou à surface raclée.

Il est nécessaire d'arrêter la fermentation des bactéries lactiques par refroidissement à 4°C, lorsque l'acidité atteint 100 à 120°D dans le cas du yaourt brassé.

5.9. Conditionnement

L'opération réalisant la protection d'une denrée par l'emploi d'une première enveloppe ou d'un premier contenant au contact direct de la denrée, et par extension cette enveloppe ou ce contenant.

La mise en pots de plastique s'effectue automatiquement, le dosage (celui du yaourt et des fruits ajouté), la fermeture, l'impression de la date limite de consommation sont réalisés par machines (conditionneuse, dateur).

Conseils pratiques:

Avant le conditionnement proprement dit, il faut toujours faire un essai à vide pour vérifier la bonne fermeture des opercules et la date limite de consommation inscrite sur le tampon encreur.

Les cinq ou six premiers pots conditionnés sont à jeter car ils contiennent généralement l'eau issue du nettoyage des matériels de conditionnement.

Au cours du conditionnement, il faut vérifier de temps en temps que l'opercule est bombé après fermeture. Ce détail prouve que la soudure est parfaitement étanche.

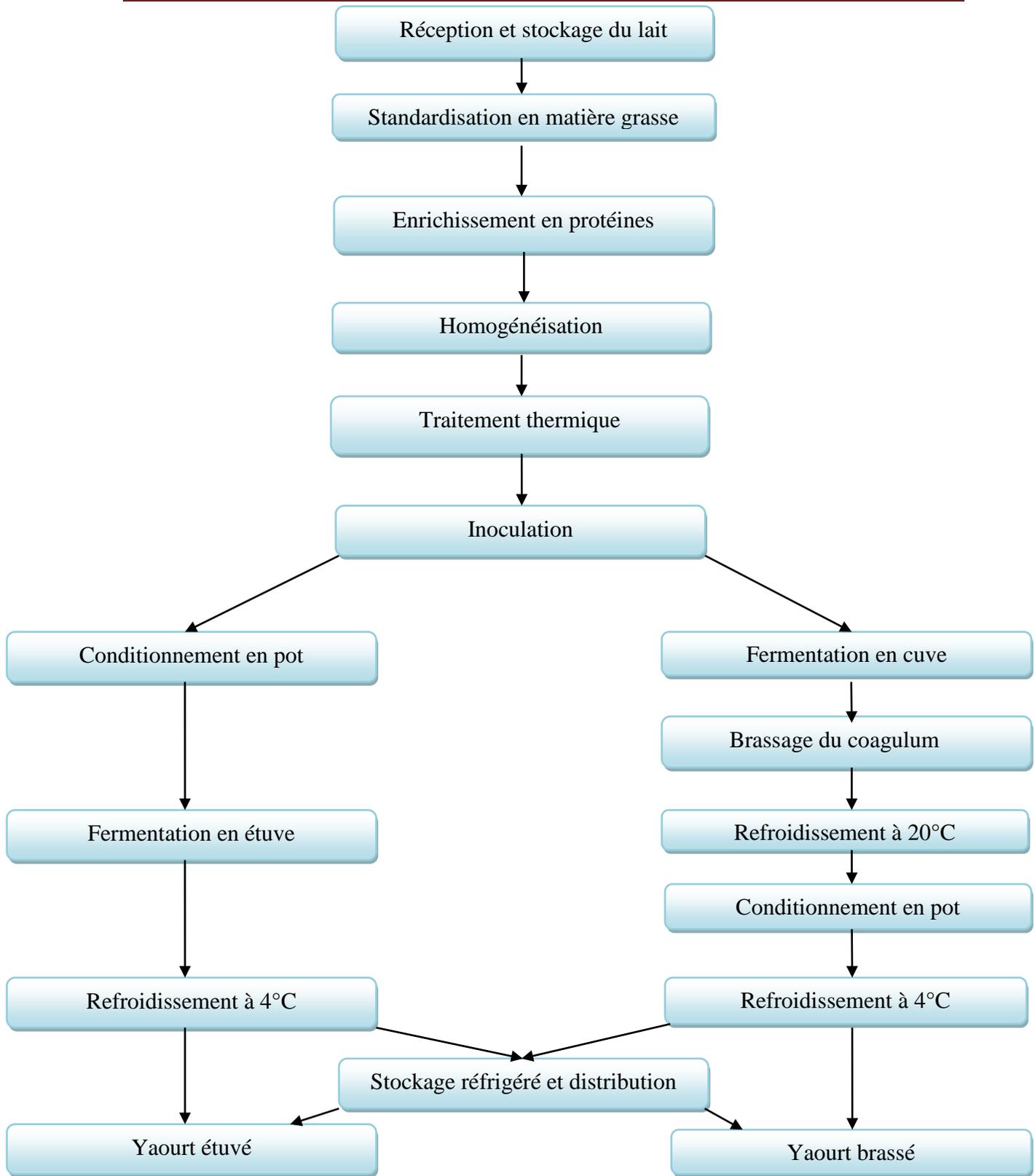


Figure 05: Diagramme de fabrication du yaourt étuvé et brassé (d'après Béal et Sodini, 2003)

5.10. Forme de présentation à la vente

5.10.1. Préemballage: L'emballage dans lequel a été conditionnée une unité de vente d'une denrée alimentaire avant sa présentation à la vente, que cet emballage la recouvre entièrement ou partiellement mais de telle façon que le contenu ne puisse être modifié sans que l'emballage subisse une ouverture ou une modification.

5.10.2. Emballage extérieur: L'emballage dans lequel la denrée préemballée est présentée lors de sa commercialisation.

Deux types d'emballage sont utilisés: les pots en verre et les pots en plastique (thermoformage).

5.10.3. Etiquetage: Sans préjudice des dispositions relatives au contrôle métrologique, l'étiquetage des produits préemballés doit obligatoirement comporter les mentions suivantes:

- ❖ La dénomination de vente.
- ❖ La quantité nette.
- ❖ La date de durabilité minimale ou, lorsque les denrées sont périssables microbiologiquement la date limite de consommation complétée le cas échéant de l'indication des conditions particulières de conservation.
- ❖ L'indication du lot, ou la date limite de consommation optimale quand elle exprimée en jour, mois et année (le n° de lot peut être la DLUO ou la DLC si sous forme de jour/mois/année).
- ❖ La liste des ingrédients, sauf quand le produit en est exempté.
- ❖ La quantité de certains ingrédients ou catégories d'ingrédients.

6. Accidents de fabrication

On peut les regrouper en deux catégories: les défauts d'apparence et de texture et les défauts de goût.

6.1. Défauts d'apparence et de texture

Ils peuvent être de plusieurs formes:

- ❖ Décantation et synérèse: ce phénomène résulte souvent d'une suracidification ou postacidification liée à une cinétique de refroidissement trop lente et/ou à une température de stockage trop élevée pendant la phase de commercialisation. Les contraintes mécaniques (agitation-vibration) auxquelles sont soumis les produits au cours du transport peuvent contribuer également à une déstructuration du gel.

- ❖ Production de gaz: elle est due à la présence de coliformes ou levures.
- ❖ Couche de crème: le crémage se produit lorsque l'homogénéisation est insuffisante ou absente.
- ❖ Manque de fermeté: ce défaut peut être dû à un teneur en matière sèche faible, à un traitement thermique trop modéré, à un niveau d'ensemencement trop bas ou à une mauvaise conduite de l'incubation (temps trop faible et/ou température trop élevée conduisant à une acidification insuffisante ou trop rapide; la fermeté maximale est atteinte aux alentours de pH 4,4-4,6. Dans le cas de yaourt brassé, les conditions d'incubation et de brassage (cisaillement, température, pH).
- ❖ Texture sableuse: plusieurs facteurs sont incriminés: composition (extrait sec ou rapport [protéines solubles/caséines] trop élevé), mauvaise réhydratation de la poudre de lait, traitement thermique trop intense ou température d'homogénéisation trop élevée, acidification trop rapide ou température trop élevée induisant une déstabilisation des micelles peu déminéralisées.

6.2. Défauts de goût

On trouve notamment les défauts suivants:

- ❖ Amertume: elle se développe lorsque l'activité protéolytique des ferments est trop importante ou lorsqu'il y a contamination par des germes protéolytique.
- ❖ Acidité trop forte ou insuffisante: l'acidité dépend de la composition (effet tampon), du taux d'ensemencement, de l'activité des ferments, de la présence éventuelle d'inhibiteurs ou de bactériophages, de la conduite de la fermentation (température et durée) et des vitesses de réfrigération (postacidification).
- ❖ Goût levuré: la contamination par des levures peut générer des goûts fruités et d'alcool.
- ❖ Goût de rance: il est dû à la contamination par des germes lipolytiques.
- ❖ Goût oxydé: il peut apparaître dans le cas d'une mauvaise protection contre la lumière (pot en verre) ou en présence de métaux catalyseurs d'oxydation (fer, cuivre).
- ❖ Goût de moisi: il peut résulter de l'emploi de fruits de mauvaise qualité (moisissures).
- ❖ Goût de cuit: cette caractéristique due à la réaction de Maillard se développe dans le cas de traitements thermiques intenses.
- ❖ Absence d'arôme: il provient en général d'un déséquilibre de la flore (trop de streptocoques) résultant soit de la qualité des levains, soit des conditions d'incubation.

Tableau 02 : Principales altérations du yaourt

Défauts	Types d'altération	Causes
Texture	Manque de fermeté	Ensemencement trop faible, mauvaise incubation, agitation avant complète coagulation et matière sèche trop faible.
	Trop filante	Mauvaise fermentation et/ou température trop faible.
	Granuleuse	Mauvais brassage, teneur en matière sèche trop élevée et/ou mauvais choix des ferments.
Apparence	Synérèse	Mauvaise conduite de la fermentation, température trop élevée pendant le stockage, conservation trop longue, refroidissement trop faible et/ou agitation trop poussée.
	Production du gaz	Contamination par les levures et moisissures.
	Couche de crème	Mauvaise ou absence d'homogénéisation.
Goût	Amertume	Trop longue conservation, activité protéolytique trop forte des ferments, contamination par des germes protéolytiques et ajout successif d'arôme artificiel.
	Rancidité	Contamination par des germes lipolytiques et/ou traitement thermique trop faible.
	Oxydé	Mauvaise protection contre la lumière et/ou présence de métaux (Fe, Cu).
	Aigre	Mauvaise conduite des levains (contamination par une flore lactique sauvage et/ou coliformes)

7. Qualité du yaourt au cours de la conservation

Si le maintien de yaourt au froid empêche la multiplication bactérienne, il n'arrête pas complètement son activité métabolique. Le yaourt montre des modifications durant toute la durée de conservation, ce qui altère sa qualité (Dave et Shah 1998).

7.1. Qualité physico-chimique

- ❖ **pH:** Le pH influe la saveur et la texture finale du produit et reflète donc la qualité du produit final. Si la valeur du pH est très basse, nous aurons un yaourt très acide avec des problèmes de séparation d'eau (synérèse), et si elle est haute, la saveur sera affectée en raison de manque d'acidité (Tamime et Robinson, 1999).
- ❖ **Synérèse:** La synérèse ou la séparation spontanée du petit lait sur la surface du yaourt est considérée comme un défaut. Ce problème peut être réduit ou éliminé par l'augmentation du niveau des solides du lait à 15% (Shah, 2003).
- ❖ **Viscosité:** La viscosité du yaourt diminue progressivement pendant le stockage. Cette diminution est due à l'augmentation du temps de stockage (Shakeel Hanif et al., 2012). Elle se change en fonction de ferment utilisé grâce à leurs protéases ce qui implique le rôle des microorganismes en affectant la viscosité de yaourt (Olivera et al., 1996).

7.2. Qualité microbiologique

La qualité microbiologique du lait et les produits laitiers est influencée par la flore initiale du lait cru, les conditions de la transformation et la contamination après le traitement thermique. Les microorganismes les plus souvent évoqués sont les psychrotrophes Gram négatives, les coliformes, les levures et les moisissures. En outre, diverses bactéries telle que *Salmonella sp.*, *Listeria monocytogenes*, les souches pathogènes d' *E. coli* et les souches entéro-toxinogènes de *Staphylococcus aureus* peuvent également être trouvées en lait et produits laitiers. Actuellement, la maîtrise de ces bactéries pathogènes nécessite la mise en place d'un système de contrôle et de surveillance rigoureux (Roginski et al., 2003).

La viabilité des bactéries lactiques constitue le plus important obstacle rencontré au cours de la fabrication, et particulièrement pendant le stockage à cause de leur courte durée de vie dans les produits laitiers fermentés (Analie et Vilojoen, 2001). Les principaux facteurs responsables de la perte de viabilité des bactéries lactiques ont été

attribués à la diminution du pH du milieu et de l'accumulation des acides organiques en raison de la croissance et de la fermentation (Sun et Griffiths, 2000).

7.3. Qualités organoleptiques

- ❖ **Fermeté:** Le maintien d'une texture et d'une dureté uniformes au cours de la fabrication et pendant toute la période de conservation est le principal objectif dans la production du yaourt. La fermeté du yaourt n'est probablement pas affectée au cours de la conservation (Shakeel Hanif et al., 2012).
- ❖ **Arôme:** Le yaourt doit être consommé à environ 10°C, au dessous de cette température, le profil de la flaveur n'est plus apprécié à cause du froid, il est rapporté que tous les composants volatils présents dans le yaourt diminuent au cours du stockage à moins 8°C, au dessus de 10°C le produit perd sa fraîcheur (Gafaar, 1992).
- ❖ **Texture:** Les différences de texture entre les yaourts sont attribuées au type du lait utilisé et leurs différences compositionnelles (Shakeel Hanif et al., 2012). En effet, un taux élevé de matière sèche totale augmente la fermeté de gel et réduit le degré de la synérèse (Mohammed et al., 2004).
- ❖ **Goût:** La perte du goût du yaourt est le résultat du développement de l'acidité, l'oxydation de graisse ou la protéolyse des protéines (Shakeel Hanif et al., 2012). Les activités protéolytiques des bactéries lactiques peuvent avoir quelques effets nuisibles sur le lait fermenté. La production des peptides amers est en grande partie attribuée à la protéolyse par *Lb. delbrueckii ssp bulgaricus* pendant le stockage (Gursoy et al., 2010).

8. Valeur nutritionnelle et intérêts thérapeutiques du yaourt

8.1. Valeur nutritionnelle

En plus d'être apprécié pour son goût et sa texture, un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait:

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

Tableau 03 : Apports des différents yaourts pour un pot de 125 g :

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

*D'après données Syndifrais et table de composition des aliments CIQUAL.

Chapitre II: Généralités sur le yaourt

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications. Certaines de ces modifications en font un produit d meilleure valeur nutritionnelle que le lait (**Tableau 04**).

Tableau 04: Comparaison entre la composition du lait et celle du yaourt:

Lait	Yaourt
Eau	Eau
Glucides : <ul style="list-style-type: none"> • Lactose 47 à 52 g 	Glucides : <ul style="list-style-type: none"> • Lactose 33 à 36 g • Galactose 15 g • Glucose 0,5 g
Lipides	Lipides
Protides : <ul style="list-style-type: none"> - Protéines non enzymatiques: <ul style="list-style-type: none"> • Caséine 31 à 34 g (soluble) • Albumines 27 à 29 g • Autres 4 à 5 g - Protéines enzymatiques (traces): <ul style="list-style-type: none"> • Amylases • Lipases • Protéases 	Protides : <ul style="list-style-type: none"> - Protéines non enzymatiques en quantité importantes: <ul style="list-style-type: none"> • Caséines (insoluble) • Albumine • Autres - Protéines enzymatiques en quantité assez importante: <ul style="list-style-type: none"> • Amylases • Lipases • Protéases - Acides aminés
Vitamines : traces	Vitamines : traces
Sels minéraux: quelques mg	Sels minéraux: traces
Gaz dissous: 5% du volume	Composés aromatiques
	Acide lactique : quantité importante
	Bactéries : 10^7 / g

8.2. Intérêts thérapeutiques

☞ Amélioration de l'absorption du lactose

La présence de bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactose.

☞ Amélioration de la digestibilité des protéines

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

☞ Amélioration de la digestibilité des matières grasses

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

☞ Activité antimicrobienne

En dehors de l'acide lactique, les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes et des prébiotiques, notamment des oligosaccharides.

☞ Stimulation du système immunitaire

L'effet immunorégulateur du yaourt a été démontré. Son rôle dans l'augmentation de la production d'interférons et d'immunoglobulines et dans l'activation des lymphocytes B est attribué à *Lb. bulgaricus*.

☞ Action préventive contre les cancers de la sphère digestive

Les lactobacilles modifieraient les enzymes bactériennes à l'origine des inducteurs de tumeurs cancéreuses dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation de ces substances précancéreuses. Cet effet serait notamment attribué à la production de polysaccharides par les ferments.

CHAPITRE III

La mélisse citronnelle (Mélissa officinalis)

1. La mélisse (*Melissa officinalis* L.)

Plante herbacée aromatique des régions méditerranéennes et d'Asie occidentale, aux propriétés médicinales, et dont les feuilles dégagent une forte odeur citronnée. Nom courant citronnelle (Larousse 2002).

La mélisse est depuis l'Antiquité (**Figure 06**) une plante utilisée dans les cas de nervosité et de troubles mineurs du sommeil, ainsi qu'en cas de troubles gastro-intestinaux telles les flatulences et les douleurs abdominales. C'est de façon empirique que ces propriétés lui ont été attribuées (Babulka, 2005 ; Ollier, 2011).

2. Histoire

La mélisse est connue depuis la Grèce antique. En effet, Théophraste (372 - 287 av. J.-C.) et Hippocrate (460 – 377 av. J.-C.) utilisaient déjà les feuilles de cette plante pour améliorer la digestion et réduire les états de nervosité. Au XVIème siècle, Paracelse (1493 - 1541) l'utilisait aussi (Wichtl & Anton, 2003).

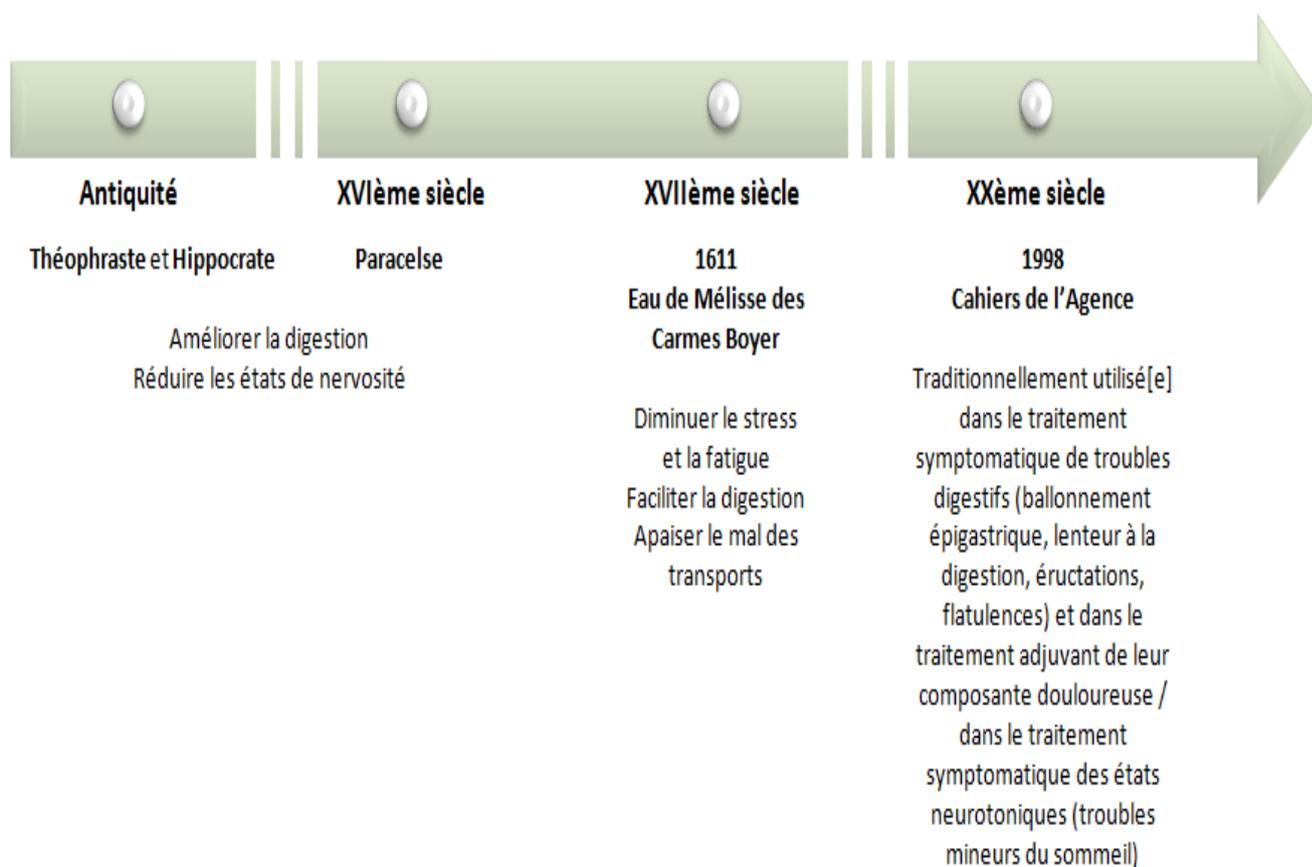


Figure 06: Chronologie des indications de la mélisse

3. Classification

La place de la mélisse dans la classification phylogénétique APG III (2009) est la suivante (Perrot & Paris, 1971 ; Meyer *et al.*, 2008 ; Thoby, 2009):

Règne : Végétal,	Ordre : Lamiales,
Embranchement : Spermaphytes,	Famille : Lamiacées,
Sous-embranchement : Angiospermes,	Genre : <i>Melissa</i> ,
Classe : Eudicotylédones,	Espèce : <i>officinalis</i> .
Sous-classe : Astéridées,	

Il existe trois sous-espèces : *officinalis*, *inodora* et *altissima* (Sari & Ceylan, 2002) mais c'est la sous-espèce *officinalis* qui est utilisée en thérapeutique (Carnat *et al.*, 1998).

Elle possède plusieurs appellations vernaculaires en français telles que : citronnelle, thé de France, piment des abeilles et pincirade (Wichtl & Anton, 2003). En anglais, elle porte le nom de *lemon balm*, *sweet lemon* ou *cure-all* (Perrot & Paris, 1971). Ces dénominations font référence au parfum citronné qui se dégage des feuilles lorsqu'elles sont froissées.

4. Description botanique

La mélisse (Figure a) est une plante herbacée vivace à la tige carrée (Figure g), dressée et ramifiée, poussant en touffe, mesurant le plus souvent entre 30 et 80 centimètres de haut (Perrot & Paris, 1971 ; Thoby, 2009).

Les feuilles (Figure f), pétiolées, sont réparties de façon opposée et décussée sur la tige (Wichtl & Anton, 2003). Leurs bords sont fortement crénelés. Elles sont de forme ovale et cordiforme, aux nervures réticulées très saillantes sur la face inférieure, donnant cet aspect gaufré à la face supérieure. La surface est recouverte de fins poils courts (Perrot & Paris, 1971).

Les fleurs sont regroupées par douzaine ou demi-douzaine, en verticille (Figure c), à la base des feuilles. De couleur blanche à rosée, elles sont formées d'une corolle tubulaire (Figure b) constituée de deux lèvres inégales. La lèvre supérieure est dressée (Perrot & Paris, 1971) et celle inférieure est divisée en trois lobes. Quatre étamines didynes (Figure d) s'insèrent sur le tube formé par la corolle, elles sont courbées et tendent ainsi les unes vers les autres. Le pistil, quant à lui, est constitué de quatre loges et possède un long style terminé par un stigmate. Le calice (Figure e) est bilabié et pubescent (Wichtl & Anton, 2003).

Le fruit est un tétrakène contenant de petites graines brunes, foncées et luisantes.

La mélisse officinale peut parfois, notamment si elle est cueillie à l'état sauvage, être confondue avec d'autres plantes (Wichtl & Anton, 2003 ; Babulka, 2005) qui sont : la cataire citronnée (*Nepeta cataria* var. *citriodora*), la mélisse des bois (*Melittis melissophyllum*), la mélisse à grandes fleurs (*M. grandiflora* Sm.) et la mélisse de Moldavie (*Dracocephalum moldavicum*).

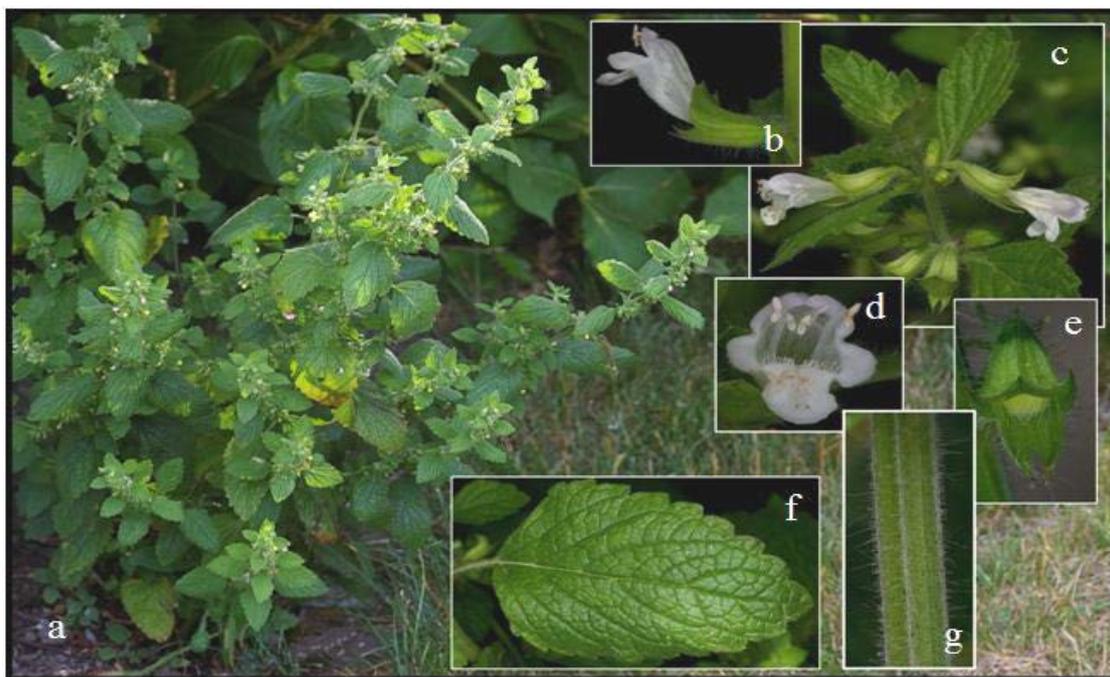


Figure 07: Mélisse officinale (*Melissa officinalis*)

<http://www.herbierimages.be>

a : plante entière ; b : fleur zygomorphe ; c : fleurs disposées en verticilles à la base des feuilles ; d : quatre étamines ; e : calice bilabié et pubescent ; f : feuille ; g : tige carrée.

5. Habitat

La mélisse est présente à l'état sauvage dans le sud de l'Europe et de l'Amérique du Nord, et en Asie Mineure (Sari & Ceylan, 2002) dans des endroits légèrement ombragés tels que le bord d'une haie, un bois ou un lieu non cultivé et frais (Perrot & Paris, 1971 ; Wichtl & Anton, 2003). Elle est cultivée en Europe centrale et occidentale, ainsi qu'aux Etats-Unis (OMS, 1999a).

6. Culture et récolte

La première récolte normale ne se fait qu'après la deuxième année de culture (Wichtl & Anton, 2003). En effet, la première année, le producteur ne peut espérer que 25 % d'un rendement normal. Les feuilles et les tiges sont ramassées avant la floraison c'est-à-dire fin juin à début juillet. Une deuxième récolte peut avoir lieu fin août à début septembre. A l'origine, le ramassage se faisait à la faucille mais désormais il existe des récolteuses mécaniques, utilisées surtout lorsque la surface du champ est importante (Fiche technique de l'ITEIPMAI : Mélisse). Le séchage de la plante doit être effectué sitôt la cueillette terminée car la plante s'abîme très rapidement (Fiche technique de l'ITEIPMAI : Mélisse ; Filière des plantes médicinales biologiques du Québec, 2003).

En 2008, la culture de la mélisse représentait 55,24 ha en France, soit 1,6 % des terres cultivées pour les plantes aromatiques et médicinales (Krausz, 2009). En 2009, l'exploitation des terres pour cette plante était constante, c'est-à-dire 50 ha dont 40 en agriculture biologique. Près de 50 % de la production de mélisse est transformée en huile essentielle (source : CPPARM, 2011). En 2010, la culture de la mélisse a doublé, 98 ha y sont consacrés (source : antenne de Volx, ministère de l'Agriculture). Une trentaine d'hectares est située en Anjou (source : producteurs angevins).

7. Conservation (post-récolte)

7.1. Manipulation

La mélisse récoltée doit être manipulée avec délicatesse. Le transport au séchoir doit se faire immédiatement après la récolte. Il faut éviter d'empiler le feuillage frais sur plus de 20 cm et de le compacter au cours de la manutention et du transport, car le froissement des tissus amène le brunissement des feuilles. Le feuillage de la mélisse fermente très facilement. Donc, il doit être mis à sécher le plus vite possible. L'écart de temps entre la récolte et la mise au séchoir devrait être en deçà de 30 minutes pour préserver la qualité. Le séchoir doit donc être à proximité du champ.

7.2. Séchage

Les séchoirs à claies horizontales grillagées, en nylon (mailles de 5 mm) montées sur des chariots mobiles, conviennent pour les gros volumes de mélisse. L'épaisseur d'empilement des plantes entières sur les claies peut être de 2 à 5 cm, une épaisseur moindre permettant un séchage plus rapide. La température de séchage peut varier entre 20 et 30°C. Il est préférable, pour le maintien de la qualité du produit, de débiter le séchage à 20°C pour ensuite élever la température à 30°C. Le feuillage au départ est à environ 80% d'humidité. La durée du séchage est de 2 à 5 jours selon la performance du séchoir. Le taux d'humidité maximal après le séchage est de 11 à 12%.

7.3. Entreposage

La mélisse séchée peut facilement se ré-humidifier, absorber les odeurs de matériaux voisins, d'autres récoltes, ou encore être colonisée par des insectes ou des moisissures. Il importe de ne pas laisser séjourner la mélisse près des sources de contamination ou d'adultération. Dans de bonnes conditions, la mélisse séchée ne se conserve pas plus d'un an.

7.4. Conditionnement

La feuille doit être conditionnée selon les exigences du marché auquel on la destine, soit les herboristes, les fabricants de tisanes ou les transformateurs.

7.5. Analyses et contrôle de qualité

Le parfum de la mélisse fraîche est caractéristique et intense. Le séchage atténue beaucoup son parfum. Le contrôle de qualité s'effectue d'abord par les sens (évaluation organoleptique) : apparence de la récolte, couleur et odeur.

8. Composition chimique de la Mélisse

8.1. Composition chimique des feuilles de mélisse

Les feuilles de mélisse sont riches en acides-phénols (ou acides phénoliques) et en flavonoïdes.

8.1.1. Acides phénoliques

Un acide phénolique (ou acide-phénol) est un composé organique polaire constitué d'au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Dans le monde végétal, ce terme désigne les dérivés cinnamiques (C6-C3) et les dérivés benzoïques (C6-C1). L'acide rosmarinique, comme son nom l'indique, a été isolé et identifié pour la première fois à partir du romarin (*Rosmarinus officinalis*) par Scarpati et Oriente, en 1958 (Pereira *et al.*, 2005). Pourtant, il est présent en plus grande quantité dans les feuilles de mélisse, où sa concentration est de 3,9% contre 2,5% dans le romarin *Rosmarinus officinalis* (Geller *et al.*, 2010). Sa teneur peut toutefois atteindre les 4,7 % (Gruenwald *et al.*, 2007). L'acide rosmarinique est un ester de l'acide caféique et de l'acide 3,4-hydroxyphényllactique (Pereira *et al.*, 2005). C'est une molécule polaire (ce qui explique sa solubilité dans l'eau et l'éthanol). Il est présent chez les Lamiacées, les Borraginacées et les Apiacées (Penchev, 2010) et est supposé participer aux mécanismes de défense de la plante (Petersen & Simmonds, 2003).

Ils peuvent être extraits par les solvants organiques en milieu légèrement acide. Les acides-phénols sont des molécules instables qui ont tendance à s'oxyder, notamment en milieu alcalin (Bruneton, 2009).

8.1.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés souvent polaires et donc solubles dans l'eau et dans l'alcool, qui possèdent tous la même structure de base puisque qu'ils ont une origine biosynthétique commune. Leur teneur, dans les feuilles de mélisse, varie de 0,2 % à 0,7 % (Bruneton, 2009).

8.1.3. Triterpènes

Les triterpènes sont des composés en C30 issus de la cyclisation du squalène ou de l'époxysqualène. Ils possèdent le plus souvent une fonction oxygénée en 3. Ce sont des molécules fortement lipophiles, propres au monde végétal (Bruneton, 2009), tandis que les stéroïdes qui en dérivent sont communs aux deux règnes.

L'acide ursolique et l'acide oléanolique sont des triterpènes contenus dans les feuilles de mélisse (Bruneton, 2009). Ce sont deux isomères largement répandus dans le monde végétal (Liu, 1995).

8.1.4. Autres

Les feuilles de mélisse possèdent également des tanins catéchiques qui correspondent aux proanthocyanidols. Ils possèdent des propriétés sur l'érythisme cardiaque (Thoby, 2009).

Comme beaucoup de plantes, la mélisse contient des vitamines, notamment B1 et B2 (Thoby, 2009), de la chlorophylle, des cires et des stérols, ainsi que de l'acide succinique (Penchev, 2010).

8.2. Composition chimique de l'huile essentielle de mélisse

L'huile essentielle ne représente en moyenne que 0,05 pour cent des feuilles de mélisse sèches (Bruneton, 2009). Cette faible quantité explique son prix élevé (Sari & Ceylan, 2002) bien que la concentration en huile essentielle soit en fait très variable : de 0,02 à 0,8% (Babulka, 2005 ; Gruenwald *et al.*, 2007). L'huile essentielle, de couleur jaune pâle, est riche en composés terpéniques volatils qui lui confèrent une légère odeur citronnée (Bahtiyarca Bagdat & Cosge, 2006).

8.2.1. Terpénoïdes

Les terpénoïdes sont des composés fortement lipophiles constitués d'unités isopréniques. Ils sont principalement représentés par les monoterpènes et les sesquiterpènes. Certains de ces produits sont très volatils (Bruneton, 2009) ce qui explique leur présence dans l'huile essentielle.

2.1.1.3. Aldéhydes monoterpéniques

Les aldéhydes monoterpéniques sont généralement acycliques (Bruneton, 2009). Ils contribuent à l'arôme de l'huile essentielle de mélisse. Ils représentent 50 à 97 % de cette dernière (Teuscher *et al.*, 2005).

a. Citral

Le citral est un mélange de deux isomères : le géranial, ou citral et le néral, ou citral. Sa quantité est variable dans l'huile essentielle de mélisse, toutefois le rapport géranial/néral est assez stable, à savoir de 4/3 à 5/3 (Teuscher *et al.*, 2005 ; Bruneton, 2009). Le géranial constitue le composé principal de l'huile essentielle de mélisse (Sari & Ceylan, 2002). Il est utilisé en agro-alimentaire comme exhausteur de goût ou arôme (Stotz *et al.*, 2008).

b. Citronellal

L'huile essentielle de mélisse contient du citronellal constitué de près de 98 % de l'énantiomère (+) et 2 % de l'énantiomère (-) (Teuscher *et al.*, 2005). Il représente avec le citral 40 à 75 % de l'huile essentielle de mélisse, et est responsable de son arôme "citronné" (Gruenwald *et al.*, 2007).

9. Utilisation traditionnelle et contemporaine

La drogue utilisée dans les médicaments ou les compléments alimentaires est l'extrait sec de feuilles de mélisse (*M. officinalis* L.) ou les feuilles de mélisse séchées. Cependant, l'huile essentielle extraite de celles-ci peut aussi être utilisée.

La mélisse est connue depuis la Grèce antique. En effet, Théophraste (372 - 287 av. J.-C.)⁴ et Hippocrate (460 - 377 av. J.-C.)⁴ utilisaient déjà les feuilles de cette plante pour améliorer la digestion et réduire les états de nervosité. Au XVI^{ème} siècle, Paracelse (1493 - 1541) l'utilisait aussi (Wichtl & Anton, 2003).

L'Eau de mélisse des Carmes Boyer existe depuis 1611. C'est une solution alcoolisée à base de mélisse, et contenant également neuf épices et treize autres plantes. Elle est présentée comme un produit aux multiples vertus, notamment celles de diminuer le stress et la fatigue, de faciliter la digestion et d'apaiser le mal des transports (Perrot & Paris, 1971 ; Eau des Carmes Boyer, 2011).



Figure 08: Flacons anciens d'Eau des Carmes Boyer (Collection Laboratoire Boyer, Paris) (Marx, 2005)



Figure 09: Etiquette de l'Eau des Carmes Boyer

De nos jours, plusieurs médicaments proposés en vente-conseil contiennent de la mélisse officinale. Selon les Cahiers de l'Agence (1998), par voie orale, elle est "traditionnellement utilisée dans le traitement symptomatique de troubles digestifs (ballonnement épigastrique, lenteur à la digestion, éructations, flatulences) et dans le traitement adjuvant de leur composante douloureuse / dans le traitement symptomatique des états neurotoniques (troubles mineurs du sommeil) (AFSSaPS, 1998). En France, l'usage se limite à ces propriétés (**Tableau 05**) tandis qu'en Allemagne, il existe des formes pour usages externes contenant de la mélisse et indiquées dans le traitement de l'herpès labial telles que Lomaherpan® du laboratoire Lomapharm (Wichtl & Anton, 2003).

La mélisse peut être administrée sous forme d'infusion en procédant de la manière suivante : laisser reposer cinq à dix minutes 1,5 à 4 g de feuilles finement coupées sur lesquelles il a été versé de l'eau bouillante, puis filtrer avant de boire (Wichtl & Anton, 2003).

M. officinalis fait partie de la liste des 34 plantes sorties du monopole pharmaceutique⁵ à la suite du décret 79-480 du 15 juin 1979 (Secrétariat Général du Gouvernement, 2011).

Le monopole pharmaceutique correspond à un ensemble d'éléments dont la préparation ou la vente en gros ou au détail, sont exclusivement réservés aux pharmaciens, sauf dérogations. Ses dispositions générales et pénales sont définies de l'article L4211-1 à L4212-8 (Secrétariat Général du Gouvernement, 2011).

Tableau 05: Médicaments à base de plantes contenant de la mélisse, autorisés en France

Médicaments à base de plantes	Forme de la mélisse	Nom commercial	indications
Mélisse seule	Poudre de plante	Arkogélules Mélisse	1, 2 et 3
Mélisse associée à d'autres plantes	Poudre de plante	Médiflor n°14 calmante Troubles du sommeil	3
		Santane N9	3
	Extrait sec	Vagostabyl	3 et 4
	Extrait fluide	Biocardé	3 et 4

1 : Traitement symptomatique de troubles digestifs tels que : ballonnement épigastrique, lenteur à la digestion, éructations, flatulences.

2 : Traitement adjuvant de la composante douloureuse des troubles fonctionnels digestifs.

3 : Traitement symptomatique des états neurotoniques des adultes et des enfants, notamment en cas de troubles mineurs du sommeil.

4 : Troubles de l'érythisme cardiaque de l'adulte (cœur sain).

10. Propriétés de la mélisse

La mélisse est depuis l'Antiquité une plante utilisée dans les cas de nervosité et de troubles mineurs du sommeil, ainsi qu'en cas de troubles gastro-intestinaux telles les flatulences et les douleurs abdominales. C'est de façon empirique que ces propriétés lui ont été attribuées (Babulka, 2005 ; Ollier, 2011).

Le Comité des médicaments à base de plantes (HMPC ou Herbal Medicinal Products Committee) de l'Agence Européenne du médicament (EMA ou European Medicine Agency) reconnaît l'utilisation des feuilles sèches de *M. officinalis*, intactes ou sous forme de poudre, de teinture éthanolique 45% v/v et d'extraits éthanoliques 45% v/v sec ou liquide pour ces usages traditionnels. Il préconise donc des doses de plantes à respecter (**Tableau 06**). Toutefois, l'HMPC ne reconnaît pas d'usages scientifiquement établis (EMA, 2007).

Tableau 06: Posologies recommandées par l'HMPC dans le cadre d'un usage traditionnel de la mélisse (EMA, 2007)

	Formes employées	Posologies
Enfants de plus de 12 ans, adultes, personnes âgées L'emploi chez l'enfant de moins de 12 ans, chez la femme enceinte ou allaitante n'est pas recommandé.	Feuilles sèches coupées ou en poudre	1,5 – 4,5 g, 1 à 3 fois par jour
	Infusion	1,5 – 4,5 g de feuilles sèches pour 150 ml d'eau bouillante, infusées pendant 5 à 15 minute, 1 à 3 fois par jour
	Teinture	2 - 6 ml, 1 à 3 fois par jour.
	Extrait liquide	2 - 4 ml, 1 à 3 fois par jour.
	Extrait sec aqueux ou éthanolique 45% v/v	Doses équivalentes aux posologies de l'infusion, de la teinture et de l'extrait liquide
La voie d'administration recommandée est la voie orale uniquement. La durée de traitement doit être limitée et en cas de persistance des symptômes, une consultation médicale doit être envisagée.		

10.1. Antalgique dans les douleurs d'origine digestive

L'usage de la plante pour soulager les douleurs abdominales est propre à *M. officinalis*, la valériane n'étant pas utilisée dans ce but. Cette propriété antalgique serait due à une composante antispasmodique associée à une stimulation de la digestion, notamment par un effet cholérétique.

10.2. Effet antispasmodique de la mélisse

L'huile essentielle de mélisse possède des propriétés spasmolytiques car elle inhibe les contractions d'iléon de rat induites par dépolarisation avec du KCl avec une CI_{50} de 19 ng/ml. Cet effet relaxant s'observe d'ailleurs également lorsque les

contractions sont induites par l'acétylcholine et par la sérotonine. Ce qui laisse supposer une interaction des composés de l'huile essentielle avec leurs récepteurs. Cette activité semble être liée à la présence de citral (Sadraei et al., 2003). Ceci confirme que la mélisse peut être utilisée dans les troubles gastro-intestinaux d'origine spasmodique.

10.3. Effet antioxydant

Les antioxydants sont des agents protecteurs des cellules. Ils leur permettent de lutter contre le stress oxydatif provoqué par les rayonnements, ou les agents chimiques par exemple. Certains antioxydants sont naturellement synthétisés par les cellules, ils sont endogènes. Ils peuvent être enzymatiques (superoxyde dismutase, catalase, glutathion peroxydase et hème oxygénase) ou non (glutathion et acide urique). A cela s'ajoutent les antioxydants exogènes apportés par l'alimentation. Il s'agit notamment des vitamines C et E (Nadji, 2010). La mélisse présente des propriétés antioxydantes importantes (Dastmalchi et al., 2008).

10.4. Effet antimicrobien

Les huiles essentielles des Lamiacées sont connues pour leurs propriétés antifongiques et antibactériennes. On reconnaît que l'huile essentielle de mélisse officinale possède des propriétés antibiotiques et antifongiques démontrées (Hayon, 2007).

1. Effet antibactérien

L'activité antimicrobienne de l'acide rosmarinique a également été testée sur les bactéries *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli*. L'acide rosmarinique est plus efficace sur les staphylocoques. En effet, la CMI est 0,12 mg/ml contre 0,5 mg/ml pour *B. subtilis*. Elle est supérieure à 2 mg/ml pour *P. aeruginosa* et *E. coli* ce qui représente une concentration importante (Mencherini et al., 2007).

Une étude a permis de mettre en évidence une activité bactériostatique de l'huile essentielle de mélisse vis-à-vis de plusieurs bactéries: *Pseudomonas aeruginosa*, *P.putida*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus lysodeikticus*, *Escherichia coli*, *Aeromonas sp.*, *Micrococcus luteus*, *Mycobacterium smegmatis*, *Proteus vulgaris*, *Shigella sonnei* (Larrondo et al., 1995).

L'huile essentielle a également une action inhibitrice sur le développement de *Listeria monocytogenes* (Firouzi et al., 1998).

Dans une étude réalisée en 2005, l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Melissa officinalis* été étudiée contre plusieurs bactéries et levures dont *Escherichia*

coli, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, ... Les principaux constituants de l'huile essentielle, obtenue par distillation à la vapeur d'eau, étaient le géraniol (17,30%), le néral (14,70%) et le citronellal (10,70%). L'étude a montré que l'huile essentielle de *M. officinalis* avait une activité antimicrobienne importante (Anicic et al., 2005).

2. Effet antifongique

Une première étude a évalué l'activité antifongique de l'huile essentielle vis-à-vis de trois espèces responsables de mycoses: *Mycrosporium gypseum*, *Trichophyton equinum*, *Trichophyton rubrum*. L'huile essentielle présente une activité inhibitrice de 100% pour les trois espèces de type fongicide (Dikshit et al., 1984).

L'acide rosmarinique ne possède qu'une faible activité antifongique sur *Candida albicans* et *Aspergillus niger* car la CMI observée est supérieure à 2 mg/ml, ce qui représente une dose importante (Mencherini et al., 2007).

Du citral commercial, composé de 40% de néral et 60% de géraniol, possède une activité antifongique à l'égard d'*Aspergillus fumigatus* et *Candida krusei* avec une CMI respective de 62.5 µg/ml et 39.4 µg/ml (Mesa-Arango et al., 2009).

Les huiles essentielles de mélisse sont donc dotées d'un potentiel antifongique intéressant.

3. Effet antivirale

L'activité antivirale de la mélisse étudiée sur plusieurs virus pourrait être liée aux acides phénols et/ou à leurs dérivés qui interagiraient avec les protéines virales. (Bruneton, 1999).

Des tests sur cultures cellulaires et des essais cliniques en application locale ont permis de conclure que l'extrait aqueux de mélisse avait des propriétés contre les virus de l'herpès, de la grippe, de la vaccine et contre le virus HIV-1 (Hayon, 2007).

L'activité antivirale d'extraits aqueux observée *in vitro* et après administration parentérale est liée surtout à la teneur en acides phénols et particulièrement en acide rosmarinique et se manifeste probablement uniquement après application topique (Teuscher et al., 2005).

Les résultats d'une étude ont montré que l'huile essentielle de mélisse affecte le virus de l'herpès avant son adsorption mais pas après sa pénétration dans la cellule hôte. Cela signifie que l'huile essentielle est capable d'agir directement sur le virus enveloppé libre mais n'a aucun effet sur la réplication intracellulaire du virus.

Connaissant le caractère lipophile de l'huile essentielle de mélisse et sa capacité à pénétrer à travers la peau, elle pourrait donc convenir au traitement topique des infections herpétiques ([Schnitzler et al., 2008](#)).

En usage externe, des essais cliniques ont été conduits avec une pommade à base d'1% extrait standardisé aqueux de feuilles de mélisse dans le traitement de l'herpès: le temps de l'affection est nettement réduit et les récurrences sont espacées. On note par ailleurs que les effets secondaires sont insignifiants ([Rombi, 1991](#)).

A decorative border with a repeating geometric pattern in orange and yellow colors surrounds the page.

*Partie
expérimentale*

Chapitre IV: Matériels et méthodes

1. Objectifs

Beaucoup d'études ont été réalisées au sujet de l'activité antimicrobienne des extraits de plantes ayant des vertus thérapeutiques dans des journaux spécialisés de microbiologie ou présentées lors de congrès scientifique d'aromathérapie. 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 antimicrobiens nous ont conduit à poser la question: « Est-ce que l'utilisation des extraits de plantes comme adjuvant dans un produit laitier à savoir le "yaourt" peut avoir un effet sur la croissance des ferments lactiques "*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*" qui présentent des intérêts thérapeutiques et une grande valeur nutritionnelle » ?

Pour cela, nous nous sommes proposé d'essayer de connaître le comportement des souches de levains lactiques vis-à-vis des inhibiteurs de croissance tels que les polyphénols, les flavonoïdes et d'autres composés bioactifs contenues dans l'une des plantes poussant dans certaines régions du pays à savoir la **Mélisse Citronnelle** (*Melissa officinalis*).

D'une façon générale les objectifs escomptés à travers cette étude expérimentale s'articulent autour de deux grandes lignes essentielles:

- 1- Procéder à une extraction des principaux composés bioactifs de la plante par usage d'un solvant à savoir: l'eau distillée.
- 2- Incorporer les extraits de *Melissa officinalis* dans un lait destiné à la fabrication d'un lait fermenté type yaourt ferme dans le but de suivre leurs effets sur la stabilité et la qualité du produit transformé (laits fermentés) durant 21 jours de conservation au froid à 4 °C.

2. Région du prélèvement et traitements préliminaires du matériel végétal

Le matériel végétal objet de l'étude la **Mélisse Citronnelle** (*Melissa officinalis*) a été prélevé le mois d'Avril 2018, dans la localité montagnes de Cherchel (Wilaya de Tipaza) au nord d'Algérie. Un échantillon de 2kg pris uniquement de la partie aérienne de l'espèce étudiée a été récolté d'une manière aléatoire. La matière végétale a été bien lavée pour en débarrasser des impuretés telles que la poussière. Le séchage de la plante a été effectué naturellement à l'abri de la lumière et de l'humidité sur du papier pendant 21 jours.

Les échantillons séchés sont enfin broyés dans un broyeur à lame puis mis dans des bocaux hermétiques, conservés à sec (température ambiante) et à l'abri de l'humidité.

3. Extraction des composés bioactifs

Une extraction consiste à retirer (extraire) une ou des espèces chimiques d'un milieu solide-liquide. L'extraction par solvant consiste à faire passer, par solubilisation, la substance à extraire dans un solvant.

L'extraction de produits naturels est généralement de type solide-liquide, c'est-à-dire qu'un solide, la matière végétale, est mélangé avec un liquide, le solvant d'extraction. Des méthodes dites traditionnelles, comme la macération, le Soxhlet, l'hydrodistillation et l'extraction par percolation ou par reflux, étaient jusqu'ici utilisées et considérées comme techniques de choix pour extraire les composés naturels (THOMAS, 2011).

La macération est une opération qui consiste à laisser la poudre du matériel végétal en contact prolongé avec un solvant pour en extraire les principes actifs. C'est une extraction qui se fait à température ambiante.

La macération, s'obtient en mettant les plantes en contact, à froid, avec un liquide quelconque. Ce liquide peut être du vin, de l'alcool et de l'huile. Le temps de contact est parfois très long. Les macérations à l'eau, plus rarement employées, car elles ont l'inconvénient de fermenter facilement, ne doivent pas, de toute manière, excéder une dizaine d'heures (DJABOU, 2006).

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

Notre étude a été réalisée en utilisant un extrait aqueux obtenu par macération dans l'eau distillée.

4. Essai de fabrication d'un lait fermenté alicament enrichi d'extrait de mélisse citronnelle

4.1. Protocole expérimental

Le lait cru destiné à la fabrication des laits fermentés expérimentaux type yaourt est un lait cru pasteurisé fabriqué par l'unité Tifra lait de la Wilaya de Sidi Belabbes.

Les extraits purs à l'eau distillée de la plante (*Melissa officinalis*) seront incorporés au cours du processus de fabrication d'un lait fermenté type yaourt étuvé (directement dans le lait cru pasteurisé refroidi et maintenu chauffé à 45 °C) à des taux variables de 0, 2, 4, 6 et 8% respectivement.

Les échantillons de lait enrichis d'extraits de mélisse sont par la suiteensemencés avec les souches spécifiques du yaourt à un taux de levains de 3% et un rapport de souches *Streptococcus thermophilus/ Lactobacillus bulgaricus* de 2S/1L. Aucun additif pouvant masquer les caractéristiques organoleptiques et rhéologiques n'est ajouté aux produits transformés.

Chaque traitement étudié a été représenté par un nombre de répétitions de trois pots d'une capacité de 100ml; soit un nombre total de 15 échantillons expérimentaux.

4.2. Préparation du levain

Un litre de lait, à un taux de matière sèche de 130g/l de poudre de lait écrémé, servant à la préparation du levain a été préparé, puis subi un traitement thermique durant quelques minutes à 100°C et un refroidissement à 45°C.

Ce lait a été fractionné en deux échantillons de 500ml et 250ml. Le premier échantillon a étéensemencé avec 0,5g d'une prise de la souche lactique lyophilisé pure de *Streptococcus thermophilus*. Le deuxième échantillon a été aussiensemencé avec 0,25g de la souche lactique pure de *Lactobacillus bulgaricus*. Après l'ensemencement, ces deux échantillons ont été mélangés ensemble dans un bécher et étuvés à 45°C pendant 1 heure.

Après une heure d'incubation, le levain est prêt à l'emploi avec un rapport de souches de 2 *Streptococcus thermophilus* pour 1 *Lactobacillus bulgaricus* (2S/1L, v/v), et incorporé dans les laits destinés à la fabrication des laits fermentés à un taux de 3% c.à.d 3ml de levain dans 100ml de lait cru pasteurisé enrichi d'extrait de mélisse et maintenu à 45°C pendant 3 heures.

4.3. Technologie de fabrication des laits fermentés expérimentaux

Le lait utilisé pour l'étude est un lait cru pasteurisé conservé à 4°C, fourni par l'unité Tifra lait de fabrication du lait et ses dérivés de la Wilaya de Sidi Belabbes.

Après un léger chauffage à 45°C, les échantillons de lait (maintenus à 45°C) ont été enrichi d'extrait de *Melissa officinalis* à raison de 0, 2, 4, 6 et 8%, respectivement, puisensemencés chacun à un taux de 3% de levain lactique (préalablement préparé) renfermant un rapport de souches 2S/1L. Les pots des différentes préparations ont été par la suite sertis avec du papier aluminium et l'élastique et orientés à la fermentation pendant trois 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.

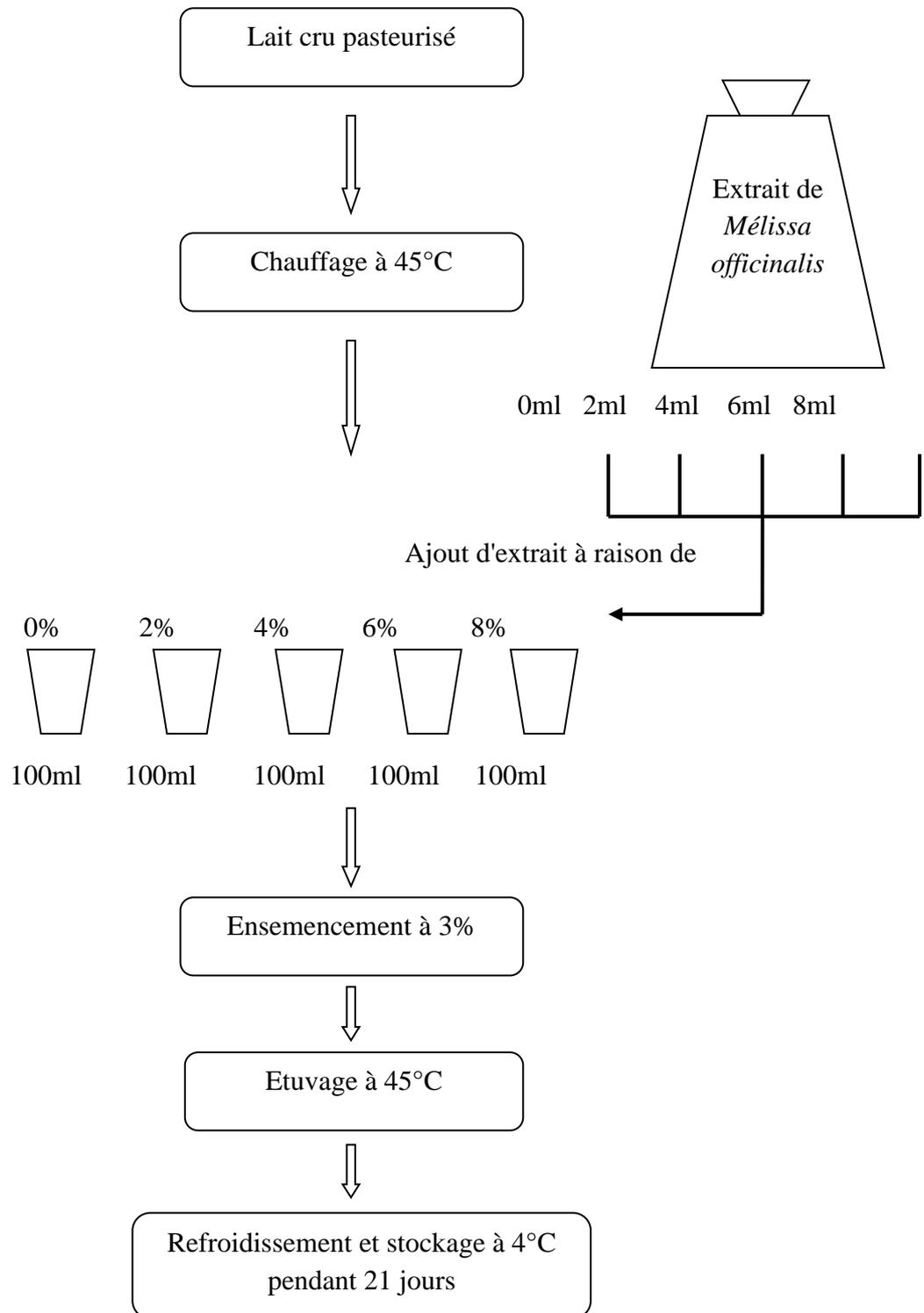


Figure 10: Diagramme de fabrication des laits fermentés expérimentaux enrichi d'extrait de *Melissa officinalis*

5. Mesures et contrôles

Les différentes mesures et contrôles seront réalisés en triples essais, dans chaque pot de lait fermenté expérimental pendant la période de fermentation (à 0 heure, 2^{ème} heure et 3^{ème} heure) et la période de post acidification de conservation des échantillons expérimentaux au froid positif de 4°C (au 1^{er} jour, 7^{ème} jour, 14^{ème} jour et 21^{ème} jour).

5.1. Analyses physicochimiques

5.1.1. Acidité: L'acidité sera déterminée d'une méthode précise par titrage de 10ml d'une prise de yaourt avec une soude caustique (NaOH) préparée à 1/9N en présence de 3 à 4 gouttes de phénolphtaléine.

5.1.2. Viscosité dynamique: Le yaourt est défini comme un fluide viscoélastique. Il possède donc à la fois les propriétés visqueuses d'un liquide et les propriétés élastiques d'un solide. Le comportement rhéologique du yaourt est de type non newtonien, dans ce sens où la viscosité du produit dépend de la vitesse de cisaillement ou de la contrainte exercée.

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

La viscosité est déterminée comme suit:

$$\mu = K. (\xi_{\text{bille}} - \xi_{\text{yaourt}}).t \quad \text{et} \quad K = 2.r^2. g/9.x$$

$$\text{Donc: } \mu = (2.r^2. g/9x) (\xi_{\text{bille}} - \xi_{\text{yaourt}}).t$$

μ : viscosité dynamique (kg/m)

K: constante, tel que $127,73 \times 10^{-3}$

ξ_{bille} : la masse volumique de la bille $3824,09 \text{ kg/m}^3$

ξ_{yaourt} : la masse volumique de yaourt (kg/m^3)

t : le temps parcouru entre deux points A et B

r : rayon de la bille, tel que $r = D/2 = 0.625\text{cm}$

g : la force de pasteur, tel que $g = 9.81\text{m/s}^2$

x: la distance d'écoulement de la bille, $x = 15\text{cm}$

5.2. Analyses microbiologiques

Dénombrement des bactéries lactiques spécifiques du yaourt

- ❖ *Streptococcus thermophilus*: Le dénombrement des germes a été effectué à l'aide d'un milieu de culture sélectif «M17» par ensemencement en profondeur d'une prise de dilution puis incubation à 37°C pendant 48 à 72 heures.
- ❖ *Lactobacillus bulgaricus*: Le dénombrement des germes a été effectué à l'aide d'un milieu de culture sélectif «MRS» par ensemencement en profondeur d'une prise de dilution puis incubation à 37°C pendant 48 à 72 heures.

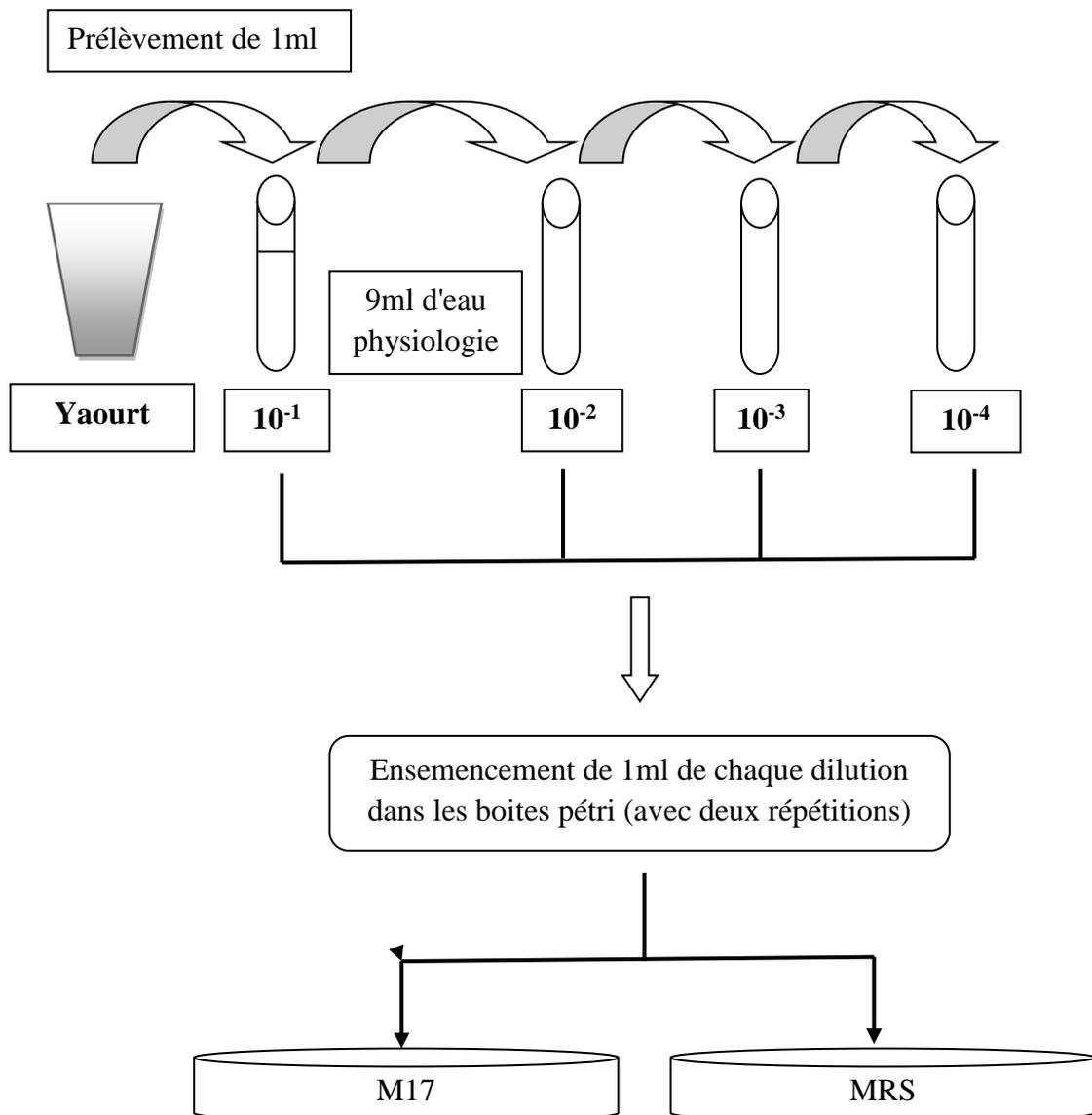


Figure 11: Diagramme de dilution décimale

5.3. Test sensoriel

La qualité des laits fermentés expérimentaux a été évaluée au 21^{ème} jour de la période de post acidification, par un jury de 16 panelistes qui devraient apprécier les produits selon une échelle de notation de 1 à 10 les critères suivants:

- ❖ **Couleur:** Consiste à évaluer l'acceptabilité de la couleur des produits par rapport au témoin.
- ❖ **Odeur:** Le panéliste est invité à apprécier la sensation d'odeur agréable ou désagréable des produits.
- ❖ **Cohésivité:** Exprime la capacité maximale de déformation de l'échantillon en pot lorsqu'il est écrasé entre les doigts.
- ❖ **Adhésivité:** Exprime l'intensité des forces inter faciales développées entre la surface de la cuillère et l'échantillon lors d'une prise en pot du produit.
- ❖ **Goût acide:** Consiste à évaluer l'ampleur de l'acidité développée par les germes lactiques ensemencés dans les laits fermentés type yaourt.
- ❖ **Goût de fraîcheur:** Consiste à apprécier la sensation de fraîcheur lors de la mise du produit en bouche.
- ❖ **Arrière goût:** Le panéliste est appelé à apprécier la sensation d'un arrière goût dans les produits.

6. Traitement statistique

Les résultats paramétriques obtenus ont été traités statistiquement par une analyse de variance bi factorielle en randomisation totale suivie d'une comparaison des moyens deux à deux selon le test de NEWMAN-KEULS. Pour le test organoleptique, les résultats obtenus ont été traités statistiquement par le test non paramétrique de FRIEDMAN.



Résultats et Discussion

Chapitre V: Résultats et discussion

1. Résultats

1.1. Analyses physicochimiques

1.1.1. Acidité

Les résultats d'acidité Dornic sont illustrés dans la figure et le tableau suivants:

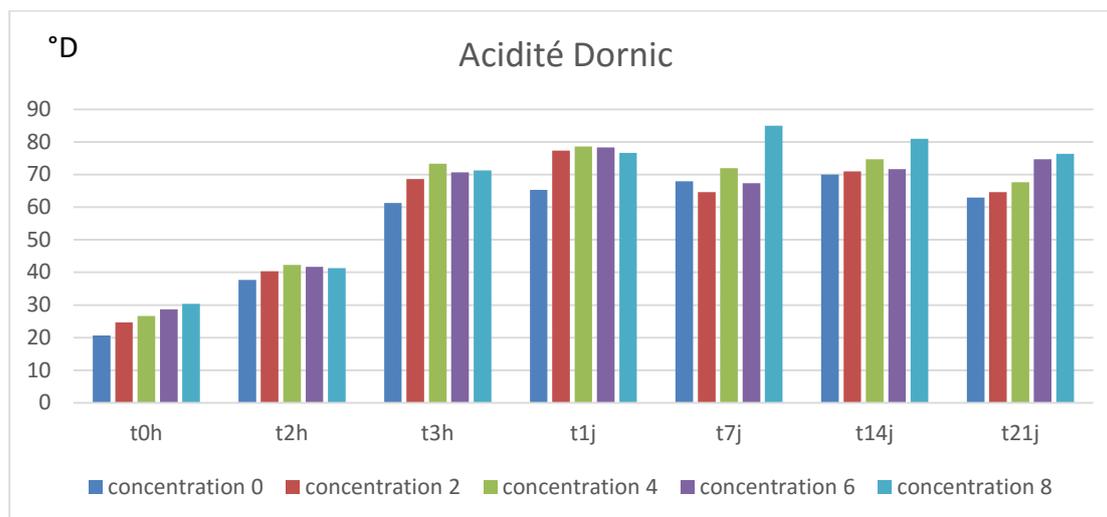


Figure 12: Evolution de l'acidité Dornic des laits fermentés expérimentaux additionnés d'extrait de *Mélissa officinalis*

Au cours de la phase de fermentation, et à 0 heure, l'acidité des laits fermentés s'est caractérisée par une augmentation de 26,67°D en moyenne à 69,07°D après 3 heures d'étuvage à 45°C.

Au cours de la phase de post acidification, une chute de taux d'acidité a été observée, de 75,27°D au premier jour à 73,67°D au 14^{eme} jour à 69,27°D au 21^{eme} jour.

Tableau 07: Evolution du taux d'acidité des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse

Facteur étudié Période		Doses d'extrait de la mélisse incorporées					Moyenne	Effet de l'extrait
		0%	2%	4%	6%	8%		
Fermentation 45°C	0 heure	20,67 ± 2,082	24,67 ± 2,082	26,67 ± 1,528	28,67 ± 1,528	30,33 ± 2,517	26,2 ^f ± 1,676	
	2 heures	37,67 ± 1,528	40,33 ± 1,528	42,33 ± 1,155	41,67 ± 1,528	41,33 ± 1,528	40,67 ^e ± 1,234	
	3 heures	61,33 ± 1,528	68,67 ^g ± 1,528	73,33 ^{def} ± 1,528	70,67 ^{efg} ± 1,528	71,33 ^{efg} ± 1,528	69,07 ^d ± 1,291	Significatif
Post acidification 4°C	1 ^{er} jour	65,33 ± 1,528	77,33 ^{bcd} ± 1,528	78,67 ^b ± 1,528	78,33 ^{bc} ± 2,517	76,67 ^{cd} ± 1,528	75,27 ^a ± 1,496	Significatif
	7 ^{eme} jour	68 ^g ± 2	64,67 ± 1,528	72 ^{efg} ± 1	67,33 ± 1,528	85 ^a ± 2	71,4 ^c ± 1,397	Significatif
	14 ^{eme} jour	70 ^{fg} ± 1	71 ^{efg} ± 2	74,67 ^{cde} ± 0,577	71,67 ^{efg} ± 2,082	81 ^b ± 2	73,67 ^b ± 1,397	Significatif
	21 ^{eme} jour	63 ± 2	64,67 ± 1,528	67,67 ^g ± 2,517	74,67 ^{cd} ± 1,528	76,33 ^c ± 1,528	69,27 ^d ± 1,574	Significatif
Moyenne		55,14 ^d ± 1,426	58,76 ^c ± 1,414	62,19 ^b ± 1,265	61,86 ^b ± 1,494	66 ^a ± 1,538		

D'après nos résultats, nous avons observés que le yaourt expérimental à 8% d'extrait présente un taux d'acidité en moyenne supérieur par rapport aux autres concentrations. Les valeurs s'avèrent augmenter avec l'augmentation des concentrations d'extrait de 55,14 à 66°D en moyenne pour des doses d'extrait de mélisse de 0% (témoin) et 8%, respectivement (**tableau 07**). Le rapport de différence entre les yaourts traités à 8% d'extrait de mélisse et le yaourt témoin est de 76%.

1.1.2. Viscosité

Les résultats de viscosité sont illustrés dans la figure et le tableau suivants:

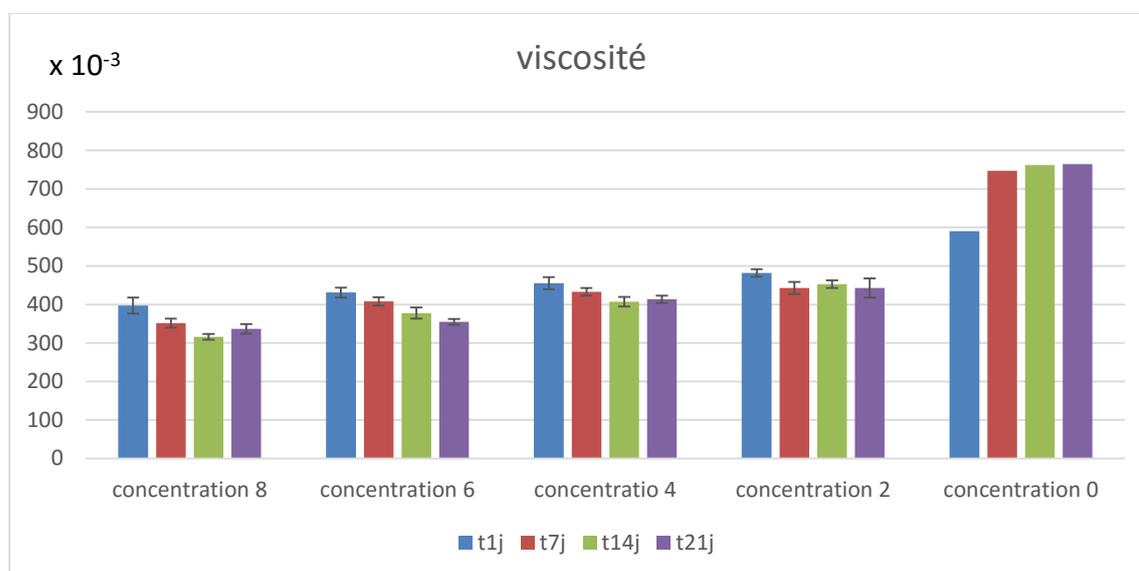


Figure 13: Evolution de la viscosité des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse

Au cours de la phase de post acidification, les valeurs moyennes de la viscosité des yaourts expérimentaux ont tendance à, augmenter de 471,16 au 1^{er} jour jusqu'à 476,4. 10⁻³ kg/m, puis baisser jusqu'à 462,5. 10⁻³ kg/m au 21^{eme} jour (**figure 13**).

Tableau 08: Evolution de la viscosité des yaourts expérimentaux incorporés d'extrait de mélisse

Facteur étudié Périodes		Doses de l'extrait de la mélisse incorporées					Moyenne	Effet de l'extrait
		0%	2%	4%	6%	8%		
Post acidification (4°C)	1 ^{er} jour	590,51 ^b ± 12,35	481,78 ^c ± 7,46	455,44 ^d ± 10,03	430,92 ^e ± 11,65	397,13 ^f ± 20,33	471,16 ^{ab} ± 11,071	Significatif
	7 ^{eme} jour	747,1 ^a ± 7,457	442,43 ^{de} ± 14,43	432,97 ^{de} ± 7,48	407,89 ^f ± 10,58	351,6 ± 12,88	476,4 ^a ± 10,396	Significatif
	14 ^{eme} jour	761,75 ^a ± 9,75	452,52 ^{de} ± 12,35	406,94 ^f ± 12,32	377,61 ^g ± 10,16	315,82 ± 15,62	462,93 ^b ± 10,392	Significatif
	21 ^{eme} jour	764,57 ^a ± 24,86	442,74 ^{de} ± 10,15	413,42 ^f ± 7,45	354,83 ± 15,7	336,93 ± 9,77	462,5 ^b ± 12,641	Significatif
Moyenne		409,13 ^a ± 10,394	259,93 ^b ± 7,205	244,11 ^c ± 6,034	224,46 ^d ± 7,73	200,21 ^e ± 9,585		

A partir des résultats obtenus, les yaourts expérimentaux présentent une sévère diminution de viscosité de 409,13 à 259,93 à 244,11 à 224,46 et 200,21.10⁻³ kg/m avec l'augmentation des concentrations de l'extrait à savoir 0, 2, 4, 6 et 8%, respectivement. Le rapport de différence entre les yaourts traités à 8% d'extrait de mélisse et le yaourt témoin est de 59% (**tableau 08**).

1.2. Analyses microbiologiques

Les résultats microbiologique sont exprimés en $Nx. 10^4$ UFC/ ml.

1.2.1. Dénombrement des *Lactobacillus bulgaricus*

Les résultats sont illustrés dans la figure et le tableau suivants:

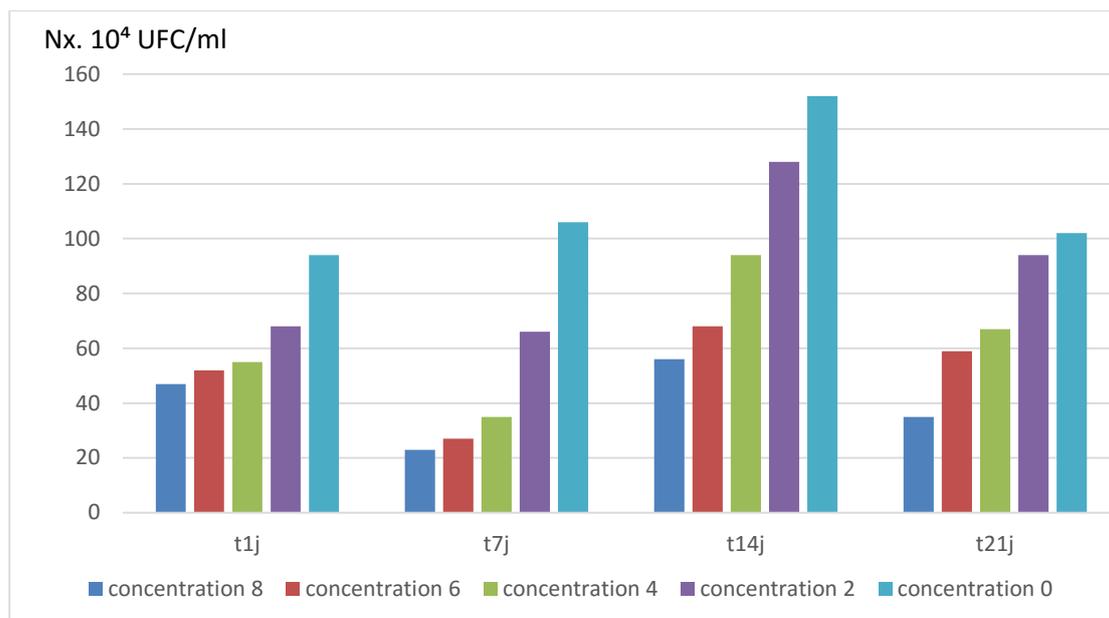


Figure 14: Evolution du nombre des *Lactobacillus bulgaricus* dans les laits fermentés expérimentaux

D'après le graphe, et au cours de la phase de post acidification le nombre de germes de *Lactobacillus bulgaricus* note une évolution croissante de $63,2. 10^4$ UFC/ml à $99,6. 10^4$ UFC/ml en moyen du 1^{er} jour au 14^{eme} jour. Il s'avère que le nombre de germe diminue au 21^{eme} jour jusqu'au $71,4. 10^4$ UFC/ml (**figure 14**).

Tableau 09: Evolution du nombre de germe de *Lactobacillus bulgaricus* dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse.

Facteur étudié Période		Doses de l'extrait de la mélisse incorporées					Moyenne
		0%	2%	4%	6%	8%	
acidification (4°C)	1 ^{er} jour	94	68	55	52	47	63,2
	7 ^{eme} jour	106	66	35	27	23	51,4
	14 ^{eme} jour	152	128	94	68	56	99,6
	21 ^{eme} jour	102	94	67	59	35	71,4
Moyenne		113,5	89	62,75	51,5	40,25	

A partir des résultats, on note une diminution du nombre de bactéries de la souche *Lactobacillus bulgaricus* de 113,5 à 40,25. 10⁴ UFC/ml en moyenne. Le rapport de différence entre les yaourts traités à 8% d'extrait de mélisse et le yaourt témoin est de 85% (**tableau 09**).

1.2.2. Dénombrement de *Streptococcus thermophilus*

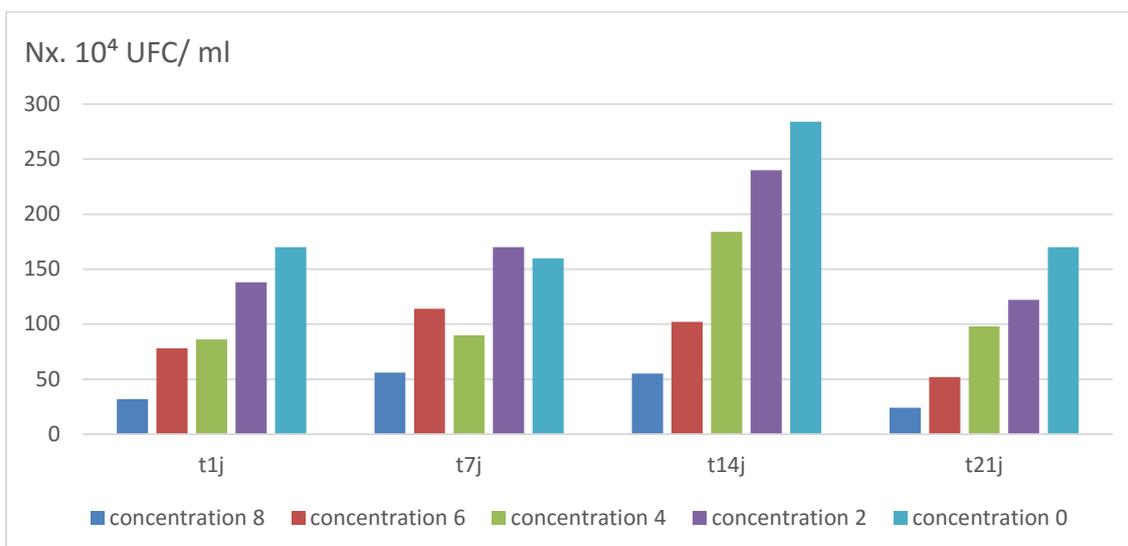


Figure 15: Evolution du nombre des *Streptococcus thermophilus* dans les laits fermentés expérimentaux

Au cours de la phase de post acidification, on note une augmentation de nombre de germes des *Streptococcus thermophilus* de $100,8. 10^4$ UFC/ml au 1^{er} jour à $173. 10^4$ UFC/ml en moyenne au 14^{eme} jour, puis abaissement du nombre de germes jusqu'à $93,2. 10^4$ UFC/ml au 21^{eme} jour du stockage (**figure 15**).

Tableau 10: Evolution du nombre de germe de *Streptococcus thermophilus* dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse.

Facteur étudié Période		Doses de l'extrait de la mélisse incorporées					
		0%	2%	4%	6%	8%	moyenne
Post acidification (4°C)	1 ^{er} jour	170	138	86	78	32	100,8
	7 ^{eme} jour	160	170	90	114	56	118
	14 ^{eme} jour	284	240	184	102	55	173
	21 ^{eme} jour	170	122	98	52	24	93,2
Moyenne		196	167,5	114,5	86,5	41,75	

D'après les moyennes obtenues, le nombre de germe des *Streptococcus thermophilus* présente une chute de $196 \cdot 10^4$, à $167,5 \cdot 10^4$, à $114,5 \cdot 10^4$, à $86,5 \cdot 10^4$, à $41,75 \cdot 10^4$ UFC/ml pour les différentes concentrations d'extrait de mélisse de 0, 2, 4, 6 et 8%, respectivement dans les laits fermentés expérimentaux. Le rapport de différence entre les yaourts traités à 8% d'extrait de mélisse et le yaourt témoin est de 91% (**tableau 10**).

1.3. Tests sensoriels

1.3.1. Résultats d'adhésivité

Les résultats d'adhésivité sont illustrés dans le tableau et la figure suivants :

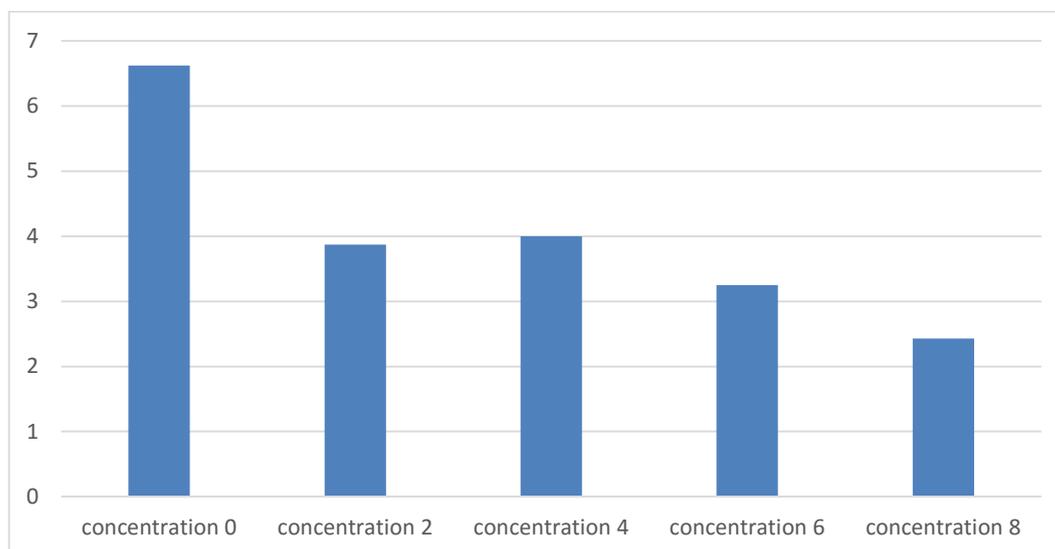


Figure 16: Evolution de l'adhésivité des laits fermentés expérimentaux additionnés d'extrait de mélisse

D'après nos résultats, nous avons observés que le yaourt traité avec 8% d'extrait de la mélisse présente un taux d'adhésivité inférieur par rapport aux autres concentrations. Le rapport de différence entre les yaourts traités à 8% d'extrait de mélisse et le yaourt témoin est de 63%.

Tableau 11: Evolution de l'adhésivité des laits fermentés expérimentaux additionnés d'extrait de mélisse citronnelle

Facteur étudié	Doses de l'extrait de la mélisse incorporées					Effet de l'extrait
	0%	2%	4%	6%	8%	
Période						
21 ^{ème} jour	6,62 ^a ± 1,45	3,87 ^b ± 0,843	4 ^b ± 0,705	3,25 ^b ± 0,429	2,43 ^c ± 0,669	Significatif
Moyenne						

1.3.2. Résultats de cohésivité

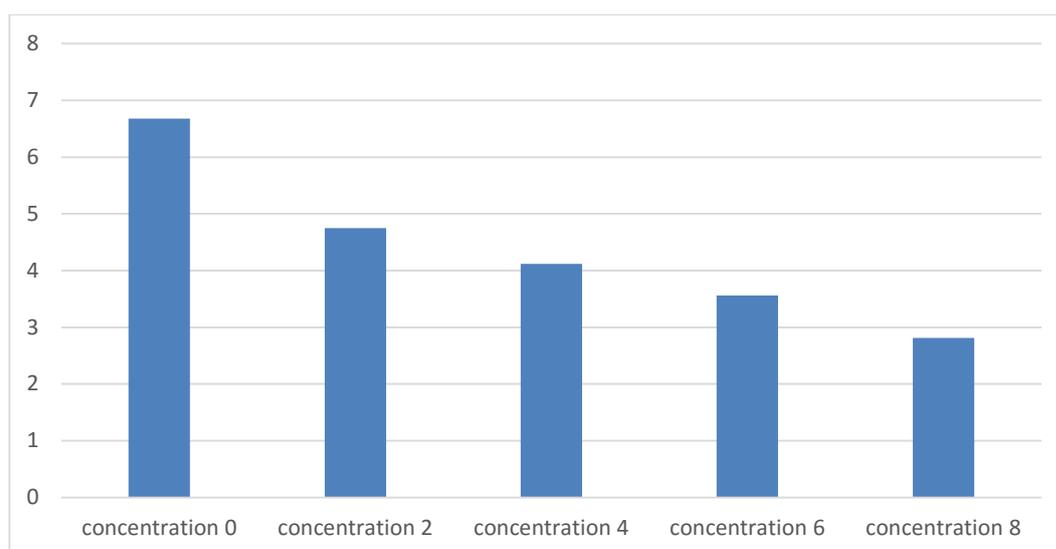


Figure 17: Evolution de la cohésivité des laits fermentés expérimentaux au 21^{ème} jour

A partir des résultats de moyenne, nous avons observés que le yaourt traité avec 8% d'extrait de la mélisse présente un taux de cohésivité inférieur par rapport aux autres concentrations. Le rapport de différence entre les yaourts traités à 8% d'extrait et le yaourt témoin est de 58%.

Tableau 12: Evolution de la cohésivité des yaourts expérimentaux

Facteur étudié	Doses de l'extrait de la mélisse incorporées					Effet de l'extrait
	0%	2%	4%	6%	8%	
Période						
21 ^{ème} jour	6,68 ^a ± 1,652	4,75 ^b ± 0,615	4,13 ^{bc} ± 0,823	3,56 ^{cd} ± 0,487	2,81 ^d ± 0,777	Significatif
Moyenne						

1.3.3. Résultats de couleur

Les résultats de la couleur des yaourts expérimentaux sont illustrés dans le tableau et la figure suivants :

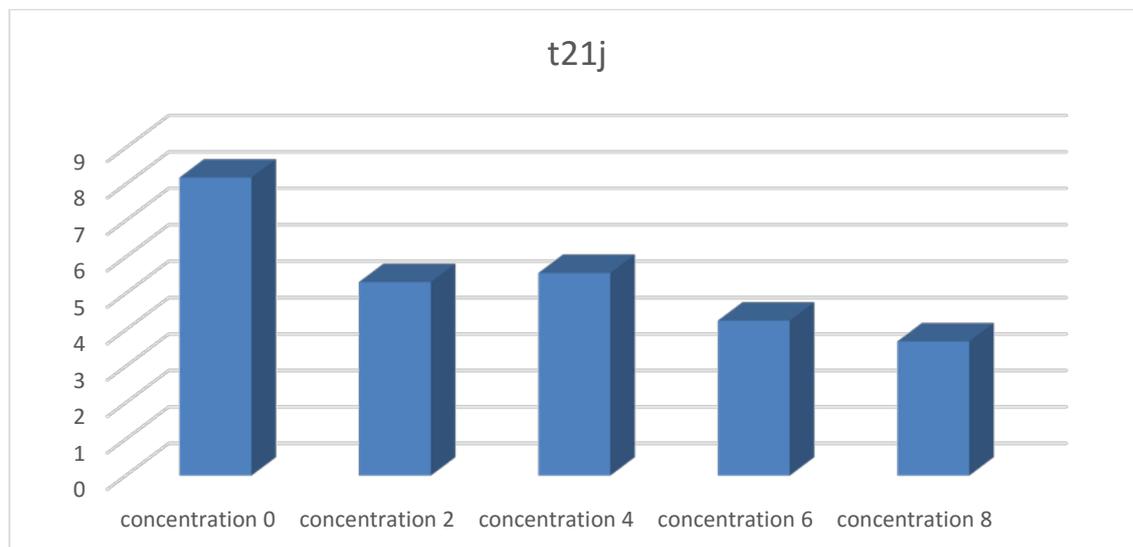


Figure 18: Evolution de la couleur des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour

D'une façon générale, les moyennes obtenues montrent que le yaourt traité avec 8% d'extrait de la mélisse présente un taux d'appréciation de couleur inférieur par rapport aux autres concentrations. Le rapport de différence entre les yaourts traités à 8% d'extrait et le yaourt témoin est de 55%.

Tableau 13: Evolution de la couleur des yaourts expérimentaux après 21 jours de conservation

Facteur étudié	Doses de l'extrait de la mélisse incorporées					Effet de l'extrait
	0%	2%	4%	6%	8%	
Période						
21 ^{ème} jour	8,18 ^a ± 1,54	5,31 ^b ± 1,159	5,56 ^b ± 0,874	4,25 ^c ± 0,805	3,68 ^c ± 1,544	Significatif
Moyenne						

1.3.4. Odeur

Les résultats de l'odeur des yaourts expérimentaux sont illustrés dans le tableau et la figure suivants :

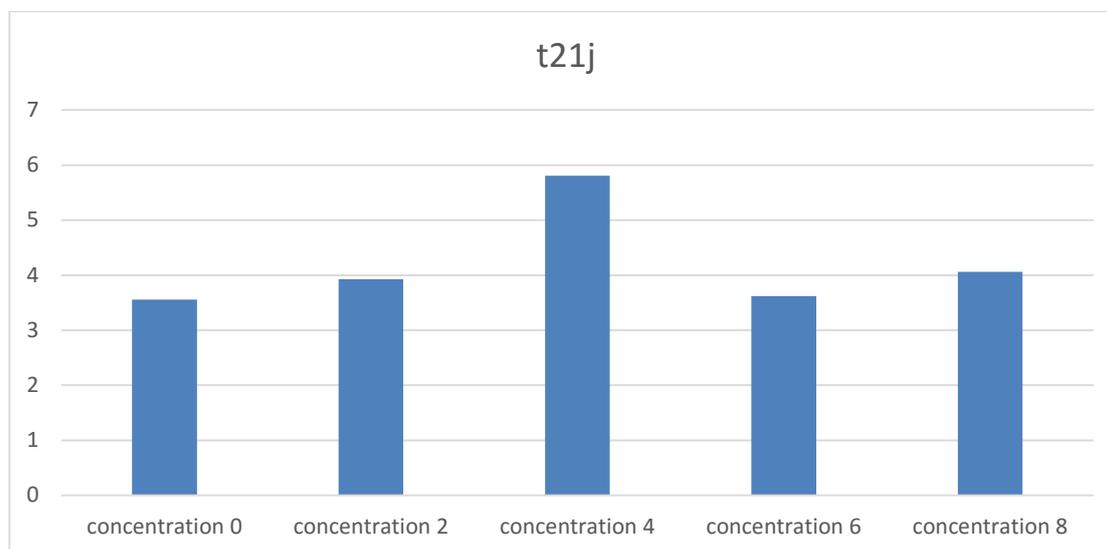


Figure 19: Evolution de l'odeur des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour

D'après nos résultats, nous avons observés que le yaourt traité avec 4% d'extrait de la mélisse présente un taux d'appréciation d'odeur supérieure par rapport aux autres concentrations. Le rapport de différence entre les yaourts traités à 4% et le yaourt traité à 0% d'extrait de mélisse (témoin) est de 39%.

Tableau 14: Evolution de l'odeur des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour

Facteur étudié	Doses de l'extrait de la mélisse incorporées					Effet de l'extrait
	0%	2%	4%	6%	8%	
Période						
21 ^{ème} jour	3,56 ^b ± 1,407	3,93 ^b ± 1,304	5,81 ^a ± 0,825	3,62 ^b ± 1,23	4,06 ^b ± 1,003	Significatif
Moyenne						

1.3.5. Gout de fraîcheur

Les résultats sont illustrés dans la figure et le tableau suivants :

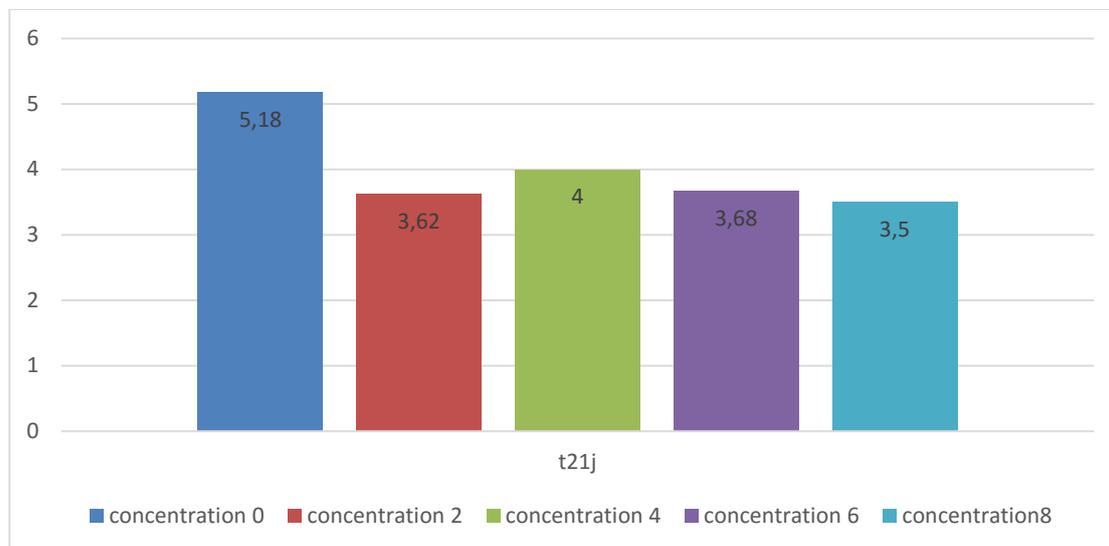


Figure 20: Evolution du gout de fraîcheur des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour

A partir des résultats de moyenne, nous avons observés que le yaourt témoin présente un taux d'appréciation du goût de fraîcheur supérieure par rapport aux autres concentrations. Le rapport de différence entre les yaourts traités à 8% d'extrait et le yaourt témoin est de 32%.

Tableau 15: Evolution du gout de fraîcheur des laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour

Facteur étudié	Doses de l'extrait de la mélisse incorporées					Effet de l'extrait
	0%	2%	4%	6%	8%	
Période						
21 ^{ème} jour	5,18 ^a ± 2,099	3,62 ^b ± 0,946	4 ^b ± 1,358	3,68 ^b ± 0,829	3,5 ^b ± 1,256	Significatif
Moyenne						

1.3.6. Gout acide

Les résultats sont illustrés dans la figure et le tableau suivants :

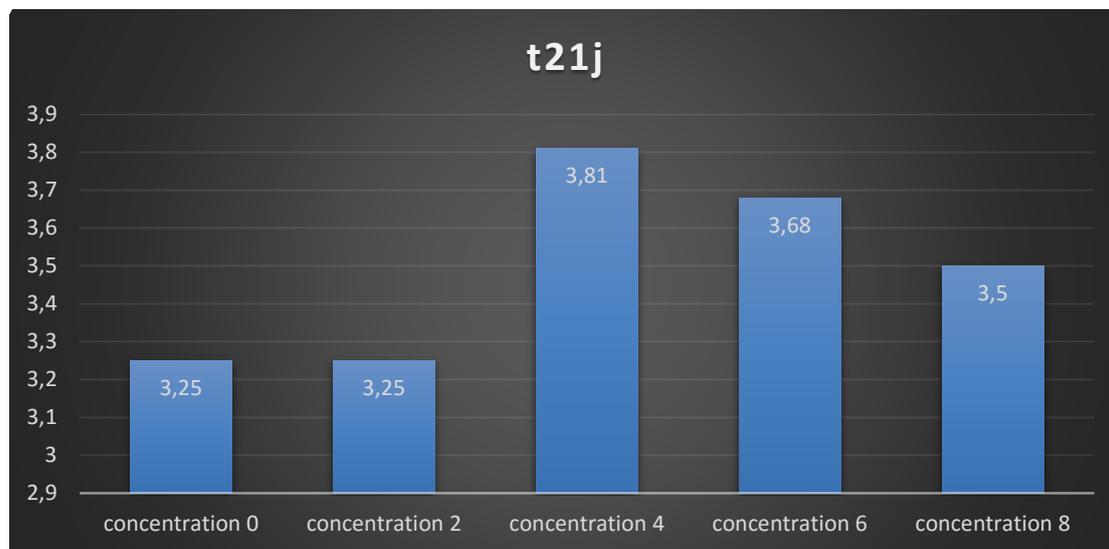


Figure 21: Evolution du gout acide dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour

D'après nos résultats, nous avons observés que le yaourt traité avec 4% d'extrait de la mélisse présente des taux d'appréciation du goût acide supérieure par rapport aux autres concentrations. Le rapport de différence entre les yaourts traités à 4% et le yaourt traité à 0% et 2% d'extrait de mélisse est de 15%.

Tableau 16: Evolution du gout acide dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour

Facteur étudié	Doses de l'extrait de la mélisse incorporées					Effet de l'extrait
	0%	2%	4%	6%	8%	
Période						
21 ^{ème} jour	3,25 ± 0,887	3,25 ± 0,856	3,81 ± 0,826	3,68 ± 0,785	3,5 ± 0,952	significatif
Moyenne						

1.3.7. Arrière gout

Les résultats sont illustrés dans la figure et le tableau suivants :

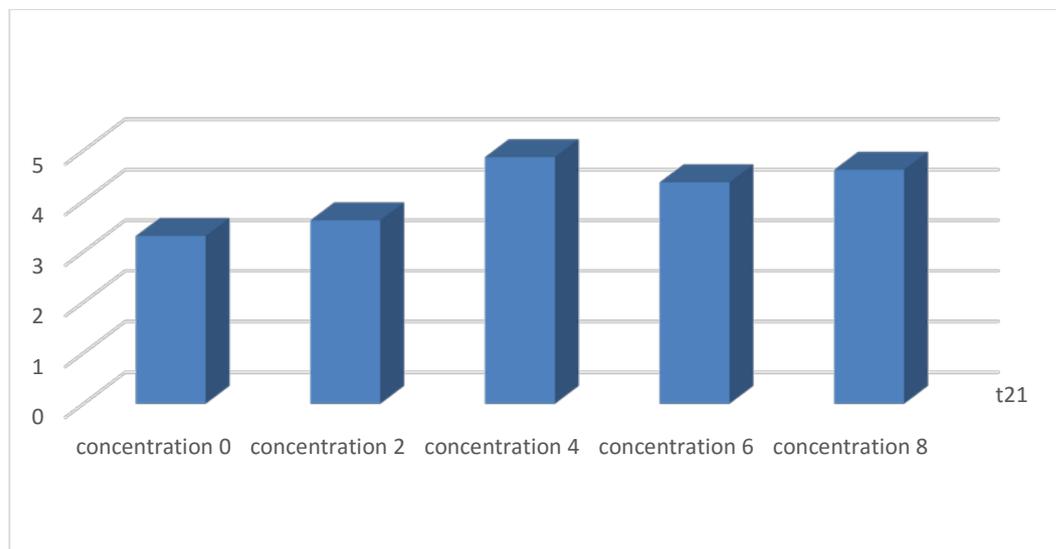


Figure 22: Evolution d'arrière gout dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour

A partir des résultats de moyenne, nous avons observés que le yaourt traité avec 4% d'extrait de la mélisse présente des taux d'appréciation d'un arrière goût supérieure par rapport aux autres concentrations. Le rapport de différence entre les yaourts traités à 4% d'extrait et le yaourt témoin est de 32%.

Tableau 17: Evolution de l'arrière gout dans les laits fermentés additionnés d'extrait de mélisse au 21^{ème} jour

Facteur étudié	Doses de l'extrait de la mélisse incorporées					Effet de l'extrait
	0%	2%	4%	6%	8%	
Période						
21 ^{ème} jour	3,31 ^a ± 1,419	3,62 ^a ± 1,644	4,87 ^a ± 1,103	4,37 ^a ± 1,034	4,62 ^a ± 1,746	Non significatif
Moyenne						

2. Discussion

Au cours de la période de fermentation, une augmentation de l'acidité Dornic proportionnellement aux doses d'extrait aqueux de la mélisse, est enregistrée. D'après [Luquet \(1990\)](#) de tels résultats ne peuvent être justifiés que par une production d'acide lactique due à une fermentation du lactose constitutif du lait par les microorganismes spécifiquesensemencés.

L'augmentation de l'acidité des produits expérimentaux commence dès le 1er jour de conservation au froid positif (4°C) jusqu'au 14^{ème} jour, puis se diminue au 21^{ème} jour.

En ce qui concerne la texture, les yaourts expérimentaux sont caractérisés par une augmentation de la viscosité durant la phase de post acidification. Ce paramètre peut être décrit comme étant la résistance montrée par une bille standardisée lors de son déplacement dans un liquide ([Schröder et al., 2004](#)). Ceci est en relation avec la faculté des souchesensemencées à produire des exopolysaccharides dont particulièrement, les *Streptococcus thermophilus* durant la phase de fermentation ([Marshall et al., 1997](#)). Ces exopolysaccharides augmentent la viscosité et améliorent la texture des laits fermentés ([Cerning, 1995](#)).

Les *Streptococcus thermophilus* ramenés à de fortes doses (3% de levain) dans le lait peuvent au cours de leur croissance sécréter d'avantage d'exopolysaccharides dans le milieu, et qui sont des sortes de fibres polysaccharides composés du galactose, glucose ainsi que de petites quantités de rhamnose, arabinose et mannose capables d'augmenter la viscosité du milieu ([Bergamaier, 2002](#)).

Au terme de la qualité microbiologique au cours de la période de post acidification, on a noté un faible nombre de *L. bulgaricus* par rapport à celui des *S. thermophilus*. Les espèces de *St* assurent le démarrage de la fermentation lactique, et se développent jusqu'à un certain pH du milieu (4,2); au dessus de cette valeurs, ces germes sont inhibés et ce sont les *Lb* qui prennent le relai, et achèvent la fermentation ([Bourgois et al., 1989](#)).

D'une façon générale, le nombre des souches diminue avec l'augmentation des concentrations de l'extrait aqueux de mélisse, un effet inhibiteur de la mélisse a été remarqué vis-à-vis la croissance des deux souches

Globalement, la qualité organoleptique s'est améliorée avec l'augmentation de concentration de l'extrait de mélisse jusqu'au 4%. La qualité organoleptique des laits fermentés expérimentaux s'avère diminuer avec l'augmentation des concentrations de l'extrait incorporé à 6% et 8%.

En ce qui concerne l'adhésivité et la cohésivité, les panelistes ont apprécié ces deux critères d'une façon similaire.

Selon [Bottazzi et al., 1973](#) l'appréciation de la saveur et du goût des laits fermentés peut acquérir chez le consommateur une importance considérable au même titre que la consistance et l'onctuosité. Ces deux paramètres s'avèrent améliorer à des taux d'incorporation d'extrait aqueux de mélisse citronnelle de 4% dans les produits expérimentaux.

L'évolution de la texture, due à l'incorporation de l'extrait aqueux de mélisse officinale, a eu pour effet une limitation apparente du phénomène de la synérèse des produits expérimentaux comme étant la séparation du lactosérum du caillé pendant la période du stockage.

Conclusion

Conclusion

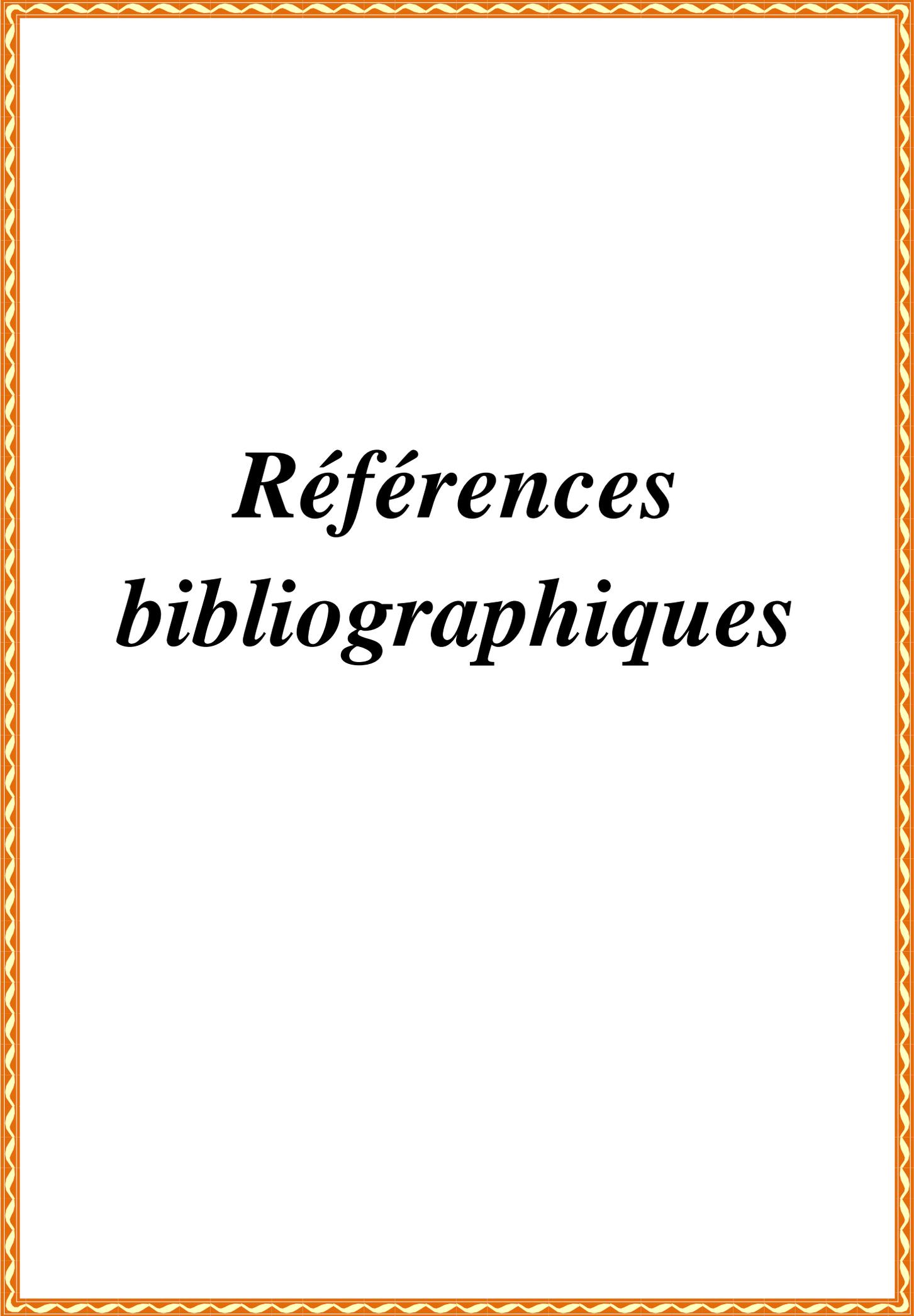
A la lumière de cette étude, il paraît bien que l'extrait aqueux de la mélisse citronnelle (*Melissa officinalis* L.), récoltée dans les montagnes de la région de TIPAZA, constitue une source naturelle fiable en composés bioactifs à effets positifs (antioxydant, antimicrobien ...) sur les qualités physicochimique, microbiologique et organoleptique.

L'évolution de la qualité des laits fermentés expérimentaux pendant les 21 jours de conservation au froid positif (4°C), a noté une augmentation de l'acidité Dornic dans tous les échantillons (additionnés d'extrait de mélisse et témoin). En outre, le taux d'acidité s'avère augmenter en fonction des doses d'extrait aqueux de mélisse incorporés.

En ce qui concerne la qualité microbiologique, l'étude a montré que le nombre de germes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* a diminué pendant la période de post acidification relativement avec l'augmentation des doses d'extrait incorporés ce qui a provoqué une baisse de la viscosité des produits surtout à des taux sévère à savoir 6% et 8%.

D'une façon générale, les tests sensoriels, effectués au 21^{ème} jour de l'expérimentation, révèlent que les yaourts expérimentaux préparés à des concentrations de 2% et 4% d'extrait aqueux de mélisse gardent une qualité organoleptique acceptée au même titre au yaourt témoin contrairement aux produits expérimentaux préparés à 6% et 8% d'extrait de mélisse.

Il serait intéressant de faire incorporer l'extrait aqueux de mélisse dans d'autre type de yaourt tels que le yaourt liquide à boire et le yaourt brassé.



*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

Alm L. (1982a). Effect of fermentation on milk fats of Swedish fermented milk products. *J Dairy Sei* 65,522-530.

ANONYME. (1995) Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. *Collection FAO : Alimentation et nutrition*,p :28 .

BELSOUMATI. B (2014). Essai de fabrication de la pectine d'écorce d'orange- Etude des propriétés techno fonctionnelles- impact sur la qualité d'un lait fermenté type yaourt étuvé. Mémoire de Master. Université de Mostaganem, Algérie.

Boccignone M. Brigidi R. Sarra C. (1984). Studi effettuati sulla composizione in trigliceridi ed acidi grassi liberi nello yoghurt preparato da latte vaccino. pecorino e caprino. *Ann Fac Med Vet (Turin)* 28.223-233.

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,p : 3413 -3421.

Groupe de recherche et d'échanges technologiques. (2010). Transformer les produits laitiers frais à la ferme. Educagri éditions, JOUVE, 1, rue du Docteur Sauvé, 53100 MAYENNE N°615772V. France. P (46-49-50-52).

Guyot P. (1992). Les yaourts. D.L.G. Food Tec., p: 4-8-10-11.

LOONES. A (1994) Lait fermenté par des bactéries lactiques. In « bactéries lactiques ». DE ROISSART H.et LUQUET F.M. *Ed. Lorica*,2. Paris. P :37-151.

Luquet (1985). Lait et Produits Laitiers : Transformation et Technologies. *Ed. Techniques et Documentation, Lavoisier*, p 633.

Références bibliographiques

LEORY F., DEGEEST B., 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, p : 251-259.

MARTY-TEYSSET C. DE LA TORRE F and GAREL J-R. (2000). Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbruekii* ssp *bulgaricus* upon aeration : involvement. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(1), p :262-297.

Megalla SE, Hafez AH (1984). Detoxification of aflatoxin B₁ by acidogenous yogurt. *Mycopathologia* 77,89-91.

MEGHAINIA. H et HAMA. C (2017). Effets antimicrobiens de l'extrait à l'éthanol de *Thymus vulgaris* (Thym) récolté dans la région de SETIF sur la qualité et la stabilité d'un lait fermenté alicament type yaourt ferme. Mémoire de Master. Université de Mostaganem, Algérie.

MEROUCHE. N.E.H (2014). Technologie de fabrication et contrôle de la qualité d'un yaourt étuvé aromatisé et d'un yaourt brassé fruité. Rapport de stage pratique du semestre 6. Université de Mostaganem, Algérie.

NGOUNOU C., NDJOUENKEU R., MBOFUNG F et NOUBI I. (2003) Mise en évidence de la biodisponibilité de calcium et du magnésium au cours de la fermentation du lait par des bactéries lactiques isolées du lait caillé du Zébu. *Journal of Food Engineering*, 57, p : 301-307.

PINEAU. S (2012). Mécanismes d'action cellulaires et physiologiques des composés de la mélisse (*Melissa officinalis* L.) et de la valériane (*Valeriana officinalis* L.) caractérisation et perspectives d'applications pharmaceutiques et phytosanitaire. Thèse de Doctorat. Université Angers, France.

Rasic J, Curcic R, Stojsavljevic T, Obradovic B. (1971). A study on the amino acids of yoghurt. *Milchwissenschaft* 26, 496-499.

Références bibliographiques

Robinson R.K. et Tamime A.Y. (1986). Recent developments in Yogurt Manufacture. In: Modern Dairy Technology. Hudson B.J.F. (Ed.), Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 1-36.

Romain. J; Thomas. C; Michel. M; Pierre. S; Gérard. B, 2008: Les produits laitiers. Ed. Tec & Doc, 11, rue Lavoisier 75008. Paris. P (1-33).

SCHMIDT J.L., TOURNEUR C et LENOIR J. (1994). Fonction et choix des bactéries lactiques laitières in « bactéries lactiques ». DE ROISSART H. et LUQUET F.M. Ed. *Lorica*, paris.2, p : 37-46.

SINGH SUDHEER K., AHMED SYED U. and ASHOK P. (2006) Yogurt science and technology. 2nd Ed. Cambridge : *woodhead publishing*.

TAMIME A.Y and ROBINSON R.K. (1999) Yogurt science and technology. 2nd Ed. Cambridge : *woodhead Publishing*.

Toba T, Watanabe A, Adachi S (1983). Quantitative changes in sugars, especially oligosaccharides, during fermentation and storage of yogurt. *J Dairy Sei* 66, 17-20.

THOBY. C (2009). La mélisse officinale, *Melissa officinalis L.* Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Nantes, France.

Vidal-Valverde C, Martin-Villa C, Herranz J (1984). Determination of soluble carbohydrates in yogurts by high performance liquid chromatography. *J Dairy Sei* 67, 759-763.

Yildiz F. (2010). Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products. *CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC*. 435 p.

Références bibliographiques

<http://ddata.over-blog.com/xxxyyy/3/12/82/15/CE2/Alimentation---Histoire-du-yaourt.pdf>. Alimentation, histoire du yaourt

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00929530/document>. HAL Yaourts, laits fermentés 1 janvier 1997

http://www.minefe.gouv.fr/directions_services/daj/guide/gpem/table.html.

Spécification Technique de l'achat public

Laits et produits laitiers Juillet 2009

http://cache.media.eduscol.education.fr/file/MPS/21/9/LyceesGT_Ressources_2_Exploration_MPS_1-3_yaourt_152219.pdf . Méthodes et pratiques scientifiques

Thème science et aliments

Projet « autour du yaourt » 25 Août 2010

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Yaourt>. Yaourt

Annexes

Université Abdelhamid Ben Badis Mostaganem

Département d'Agronomie

Fiche technique d'évaluation sensorielle du Yaourt

Panéliste N° :

Nom prénom:

Sexe :

Age :

Fonction:

Critères organoleptiques	Echan. 1	Echan. 2	Echan. 3	Echan. 4	Echan. 5
Gout acide					
Gout de fraîcheur					
Cohésivité					
Adhésivité					
Odeur					
Arrière gout					
Couleur					

Chaque panéliste est invité à analyser les produits proposés en les évaluant sur différents critères selon une échelle de notation variable de 1 à 10 :

- ❖ 1, 2: Mauvais (e)
- ❖ 3, 4, 5: Bon (Bonne)
- ❖ 6, 7, 8: Très bon (bonne)
- ❖ 9 et 10: Excellent (Excellente)