

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité Qualité des produits et sécurité alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Analyses physico-chimiques et microbiologiques
d'un fromage frais enrichi en romarin.**

Présenté par :

BOUDRIES Halim

Soutenu le : **21 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

| | | |
|----------------------------------|------------|---------------|
| M ^{me} BOUALI Nora | MAA | Présidente |
| M ^{me} BOULEKBACHE Lila | MCA | Promotrice |
| M ^{me} SLIMANI Sakina | MAA | Examinatrice |
| M ^{me} IDIR Hayat | Doctorante | Co-promotrice |

Année universitaire : 2017 / 2018

AU TERME DE CE TRAVAIL JE REMERCIE

Allah, le tout puissant de m'avoir accordé patience, courage et volonté afin de réaliser et mener ce travail.

M^{me} BOULEKBACHE Lila, ma promotrice, pour avoir accepté de m'encadrer, pour ses remarques et ses orientations.

M^{me} IDIR Hayat, ma co-promotrice, pour ses précieuses aides, sa disponibilité et sa patience durant la réalisation de ce travail.

Les membres de jury M^{me} BOUALI et M^{me} SLIMANI d'avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail.

Les techniciennes des Laboratoires de Technologie Alimentaire, de Microbiologie Alimentaire et d'analyses sensorielles, pour leurs aides et leurs services.

*M^r MANSOURI Hafid de m'avoir accepté de réaliser une partie de ma pratique au sein de son laboratoire Qualilab, ainsi qu'aux deux personnels du laboratoire :
Lamia et Yasmine.*

Le personnel du département des Sciences Alimentaires, en particulier M^r BOUDRIES Hafid et M^r CHIKHOUNE Amirouche.

Je remercie surtout mes parents pour leurs aides et leurs encouragements durant toute la période de réalisation de mon mémoire.

Enfin, mes remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



JE DÉDIE CE MÉMOIRE

À l'être le plus cher à mon cœur, à cette source de tendresse, de patience et de générosité, ma très chère maman, qui a toujours cru en moi.

À mon très cher père qui m'a toujours encouragé et soutenu durant tout mon cursus et à la réalisation de ce travail.

À mon unique et adorable sœur Hanane, son mari Nabil et mon petit neveu Kais.

À mon très cher frère Massinissa.

À mes grands parents Ouali et Safia, que dieu vous garde pour moi.

À mon cher voisin KARKOUR Boualem, sa femme Saliha et leurs enfants.

À mes oncles et tantes.

À mes cousins: Hachemi, Riad, Said, Abdrezak, Fares, Krimo...

À mes cousines : Lynda, Nabila, Karima et Chahinaz.

À mes ami(e)s : Nabil, Bizek, Chanou, Fatima, Amel et Celia.

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer...A tous ce qui me sont chers et que j'ai omis de citer.

Sommaire

| | |
|------------------------|---|
| Liste des abréviations | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Introduction..... | 1 |

Partie théorique

Chapitre I : Le Romarin

| | |
|---------------------------------------------|---|
| I.1. Description et systématique..... | 3 |
| I.2. Habitat et culture..... | 3 |
| I.3 .Composition chimique..... | 4 |
| I.3.1. Huiles essentielles | 4 |
| I.3.2. Composés phénoliques..... | 4 |
| I.4. Usages..... | 4 |
| I.4.1. Usage médicinal et traditionnel..... | 4 |
| I.4.2. Usage Alimentaire..... | 4 |

Chapitre II : Généralités sur les Bactéries lactiques

| | |
|---------------------------------------------------------------|---|
| II.1. Aperçu sur les bactéries lactiques..... | 6 |
| II.2. Caractéristiques des bactéries lactiques..... | 6 |
| II.3. Origine et habitat | 7 |
| II.4. Utilisations industrielles des bactéries lactiques..... | 8 |
| II.5. Rôles des bactéries lactiques | 8 |

Chapitre III : Le Fromage Frais

| | |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| III.1 .Généralités..... | 10 |
| III.2. Types de fromage..... | 10 |
| III.3. Le fromage frais..... | 11 |
| III.3.1 Principe général de fabrication des fromages frais..... | 12 |

Partie pratique

Chapitre I : Matériel et méthodes

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| I.1. Matériel végétal..... | 14 |
| I.2. Préparation des échantillons de fromage..... | 14 |
| I.3. Analyses physico-chimiques | 16 |
| I.3.1. Préparation des extraits aqueux des échantillons de fromage..... | 16 |
| I.3.2. Dosage des polyphénols totaux..... | 16 |
| I.3.3. Evaluation de l'activité anti-oxydante par le test de DPPH..... | 17 |
| I.3.4. Détermination de l'acidité titrable | 18 |
| I.3.5. Détermination de la teneur en MG par la méthode GERBER..... | 18 |
| I.4. Analyses Microbiologiques..... | 19 |
| I.4.1. Levures et moisissures..... | 19 |
| I.4.2. Coliformes totaux..... | 19 |
| I.4.3. Flore lactique..... | 20 |
| I.5. Analyses sensorielles..... | 21 |
| I.6. Analyse statistique..... | 21 |

Chapitre II : Résultats et discussions

| | |
|----------------------------------------------------|----|
| II.1. Résultats des analyses physicochimiques..... | 24 |
| II.1.1. Teneur en polyphénols totaux (PPT)..... | 24 |
| II.1.2. Activité antioxydante (test de DPPH)..... | 25 |

| | |
|--------------------------------------------------------|----|
| II.1.3. Acidité titrable..... | 26 |
| II.1.4. Matières grasses..... | 27 |
| II.2. Résultats des analyses microbiologiques..... | 28 |
| II.3. Résultats des analyses sensorielles..... | 30 |
| II.3.1.Caractérisation des produits..... | 30 |
| II.3.2. Analyse des composantes principales (ACP)..... | 32 |
| II.3.3. Classification ascendante hiérarchique..... | 33 |
| Conclusion et perspective..... | 36 |
| Références bibliographiques | |
| Annexes | |

Liste des abréviations

- **A.F.NOR** : Association Française de Normalisation ;
- **Abs** : Absorbance ;
- **ANOVA** : Analysis Of Variance ;
- **DLC** : Date Limite de Consommation ;
- **DPPH**: 1,1- Diphényl-2-Picrylhydrazyl;
- **EAG**: Equivalent Acide Gallique;
- **F.A.O**: Food and Agriculture Organisation;
- **J** : Jour ;
- **MG** : Matière grasse ;
- **OMS** : Organisation Mondial de la Santé ;
- **PPT** : Poly-Phénols Totaux ;
- **UFC** : Unité Formant Colonies ;

Liste des Figures

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure N° 1 : Photographie des feuilles et fleurs de <i>Rosmarinus officinalis</i> | 3 |
| Figure N° 2 : Schéma de base de fabrication des fromages frais..... | 13 |
| Figure N° 3 : Les feuilles de <i>Rosmarinus officinalis</i> et la poudre obtenue..... | 14 |
| Figure N° 4 : Représentation schématique des étapes de l'expérimentation..... | 15 |
| Figure N° 5 : Les formes oxydée et réduite du DPPH..... | 17 |
| Figure N° 6 : Teneur en PPT des fromages durant la période de stockage..... | 24 |
| Figure N° 7 : Activité antiradicalaire des fromages pendant leur durée de conservation... | 25 |
| Figure N° 8 : Courbes de corrélation établies entre l'activité antioxydante (DPPH) et les PPT des différents fromages..... | 26 |
| Figure N° 9 : Evolution de la flore lactique des fromages au cours de leur conservation... | 29 |
| Figure N° 10 : Pouvoir discriminant par descripteur..... | 31 |
| Figure N° 11 : Corrélations entre les variables et les facteurs..... | 33 |
| Figure N° 12 : Profil des classes..... | 34 |
| Figure N° 13 : La cartographie des préférences..... | 35 |

Liste des tableaux

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau N° I : Les différents genres de bactéries lactiques d'intérêt en microbiologie des aliments et leurs principales caractéristiques..... | 7 |
| Tableau N° II : Valeur nutritionnelle moyenne des fromages frais..... | 12 |
| Tableau N°III : Evolution de l'acidité titrable des fromages en fonction de la durée de conservation..... | 27 |
| Tableau N° IV : Teneurs en matières grasses des fromages durant leur stockage..... | 28 |
| Tableau N° V : Moyennes ajustées par produit..... | 32 |

INTRODUCTION

Les plantes aromatiques et médicinales représentent une source de métabolites secondaires, biologiquement actifs, qui présentent plusieurs propriétés biologiques, telles que les activités antimicrobienne, anti-inflammatoire et anti-oxydante (**Fadili et al., 2015**).

Le Romarin est l'une des plantes qui possèdent ces propriétés, c'est une plante de la famille des lamiacées qui fait partie des espèces végétales des écosystèmes sauvages dans les zones littorales près de la mer, dans les milieux continentaux au climat semi humide, sec et arides (**EL Kamli et al., 2017**). En effet, cette plante stimule le fonctionnement de la vésicule biliaire, elle agit sur les fermentations intestinales et sur les douleurs abdominales qu'elles entraînent, elle est antitussive, hypotensive et décongestionnante (**Ribeiro-Santos, 2015**). L'utilisation de cette plante dans le domaine de l'agroalimentaire, médicale et cosmétique a été rapportée dans la littérature (**Bousbia, 2011**).

Les micro-organismes (les bactéries lactiques) occupent une place essentielle dans l'industrie laitière (**Hermier, 1992**). Ils constituent un groupe hétérogène qui rassemble des bactéries capables de produire de l'acide lactique par un métabolisme fermentaire. L'acidification et les procédés enzymatiques accompagnant leur développement influencent les qualités organoleptiques et la préservation de nombreux aliments. Les différentes applications des bactéries lactiques en agroalimentaires reposent sur l'utilisation de sept genres-clefs: *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Carnobacterium* et *Streptococcus* (**Baliarda, 2003**).

Les bactéries lactiques sont surtout utilisées dans la fabrication des fromages (**Drouault et Corthier, 2001**). Il existe une très grande variété de fromages selon la nature du lait utilisé et les technologies mises en œuvre; parmi eux le fromage frais issu essentiellement de la fermentation lactique et/ ou de l'action légère de la présure (**Guiraud et al., 2012**).

Le fromage frais est souvent consommé sous sa forme nature ou additionné de certains ingrédients tels que l'ail et les fines herbes; l'objectif de ce présent travail est de formuler un nouveau produit laitier à base de romarin.

Ainsi, notre recherche est focalisée sur l'effet de l'addition de poudre de romarin sur un fromage frais, sur la croissance des bactéries lactiques ainsi que sur certains paramètres physico-chimiques. Une analyse sensorielle a ensuite été entreprise afin de juger l'acceptabilité du produit, nouvellement formulé, par le consommateur.

Le document ainsi proposé est composé de plusieurs parties énumérées ci-dessous:

- * Synthèse bibliographique visant à apporter des connaissances générales sur la plante "*Rosmarinus officinalis*", les bactéries lactiques et le fromage ;
- * Matériel et méthodes utilisés dans la réalisation de notre travail pratique ;
- * Résultats obtenus ainsi que leur discussion et leur comparaison avec ceux rapportés dans la littérature ;
- * Conclusion générale énumérant les principaux résultats obtenus et les perspectives projetées dans l'avenir

PARTIE THÉORIQUE

CHAPITRE I

LE ROMARIN

I.1. Description et systématique

Le romarin (*Rosmarinus officinalis*) est une plante de la famille des Lamiacées poussant à l'état spontané sur le pourtour Méditerranéen. Elle se présente sous forme d'arbuste, sous arbrisseau ou herbacée, toujours vert à feuilles allongées et à fleurs bleu azur à mauve mesurant environ de 0,6 à 1,8m de hauteur (Fadili et al., 2015).

Le romarin tient son nom du latin, *ros*, de rosée, et *marinus*, de mer : allusion à son parfum, sa saveur piquante et à son habitat sur les coteaux maritimes (Bousbia, 2011).

Selon (Gaussen et al., 1982), la classification de la plante est décrite comme suit :



Figure N °1: Photographie des feuilles et fleurs de *Rosmarinus Officinalis* (Gaussen et al., 1982).

I.2.Habitat et culture

Le romarin existe dans les régions arides et sèches, les collines et montagnes peu élevées et rocailleuses, sur terrains calcaires, schisteux et argileux (Gaussen et al., 1982). C'est une plante vivace, arbustive, originaire du bassin Méditerranéen et le sud-ouest de l'Asie, actuellement répandue un peu partout sous les climats tempérés qui connaissent des hivers doux. La plante aime le plein soleil et tolère modérément la sécheresse (Bousbia, 2011). Il existe plusieurs espèces de romarin dans le monde: *R. officinallis*, *R. eriocalyx*, *R. laxiflorus* et *R. lavandulaceus*. *R. officinallis* est la seule espèce qui croît naturellement dans les pays du bassin Méditerranéen, ainsi que dans les zones qui entourent l'Himalaya. Elle est cultivée en début du printemps jusqu'à l'été (Wichtl et Anton, 2003).

I.3.Composition chimique

I.3.1. Huiles essentielles

Le romarin est relativement riche en huiles essentielles (1 à 5%) (**Ouraini et al., 2005**). Constituées de plusieurs molécules chimiques de synthèse naturelle. Ces molécules sont différentes selon la nature de la plante et le sol sur lequel elle est cultivée, le temps de récolte, la partie de la plante, la préparation de l'échantillon, ainsi que la méthode d'extraction (**Bousbia, 2011**). Selon **Ouraini (2005)** et **Ribeiro-Santos (2015)**, le constituant prédominant des huiles essentielles du romarin est le cinéole (50.2%).

I.3.2 Composés phénoliques

Les composés phénoliques (polyphénols) sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, largement distribués dans la nature, possédant plusieurs groupements phénoliques (**Bahorun, 1997**).

Selon (**Borras-Linares, 2015**), les principaux composés phénoliques identifiés dans le romarin sont essentiellement des acides phénols (acide rosmarinique, carnosique, quinique...) et des dérivés flavonoïques (dérivés de lutéoline et de quercétine).

1.4. Usages

I.4.1 Usage médicinal et traditionnel

Le romarin est une plante médicinale bien connue et considérablement évaluée, largement répandue dans les produits pharmaceutiques et la médecine traditionnelle. Il est connu pour ses propriétés anti-oxydantes, antimicrobiennes, analgésiques, anti-inflammatoires et anti-ulcérogènes (**EL Kamli et al., 2017**). Ses parties aériennes sont utilisées par voie orale, dans la médecine traditionnelle, pour soulager les dysménorrhées et la colique rénale et comme antispasmodique (**Conzalez – Trujano et al., 2007**).

I.4.2 Usage Alimentaire

Le romarin est utilisé dans les industries agro-alimentaires comme agent antioxydant et comme alternative aux additifs chimiques pour la préparation de la volaille, des fruits de mer, des saucisses ainsi que des soupes et chapelures (**Bousbia, 2011**).

Il est également utilisé frais, séché, comme extrait ou comme huile essentielle, c'est un ingrédient souvent utilisé pour ajuster la saveur dans la cuisine et dans l'infusion de thé **(Ribeiro-Santos, 2015)**.

CHAPITRE II

GÉNÉRALITÉS SUR LES BACTÉRIES LACTIQUES

II.1 Aperçu sur les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques ont été découvertes il y'a 3 milliard d'années, avant les cyanobactéries photosynthétiques. Ces bactéries constituent un groupe très hétérogène de microorganismes qui occupent un large éventail de niche écologiques : des surfaces de plantes aux viscères d'animaux (**Sahraoui et Sadoun, 2015**).

Aussi appelées bactéries de l'acide lactique; elles sont dépourvues de nombreuses activités enzymatiques. En raison de leur faible capacité biosynthétique, ces bactéries ont des exigences nutritionnelles complexes pour les acides aminés, les peptides, les vitamines, les sels, les acides gras et les glucides. En outre les bactéries lactiques produisent des substances antagonistes spécifiques comme les antibiotiques et les bactériocines (**Achemchem, 2014**).

II.2.Caractéristiques des bactéries lactiques

Le terme " bactéries lactiques " désigne des bactéries produisant de l'acide lactique par la fermentation des hydrates de carbone, tolérant des pH acides (**Desmazeaud, 1983**).

Les bactéries lactiques sont des bactéries qui regroupent 12 genres dont les plus étudiés sont *Lactobacillus*, *Carnobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus* et *Pediococcus* (**Drouault et Corthier, 2001**). Elles sont Gram-positif, immobiles, asporulées, catalase et oxydase négatives, nitrate réductase négative, aérobies ou aéro-tolérantes. Ces bactéries peuvent avoir des formes de bâtonnet ou de coque (**Laurent et al., 1998**).

Elles sont dites homo-fermentaires lorsque l'acide lactique est le seul produit formé; par contre elles sont hétéro-fermentaires lorsque d'autres composés, tels que l'éthanol et le CO₂, sont produits en même temps (**Savadoget et Traore, 2011**).

Dans le tableau N°I sont présentées les caractéristiques de quelques genres de bactéries lactiques.

Tableau N°I : Les différents genres de bactéries lactiques d'intérêt en microbiologie des aliments et leurs principales caractéristiques (**Federichi, 2005**).

| Genre | Morphologie | Fermentation | Température optimale de croissance | Habitats principaux |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <i>Lactobacillus</i> | Bacilles | Homofermentaires ou Hétérofermentaires | Thermophile ou mésophile | Produits laitiers, carnés, végétaux |
| <i>Carnobacterium</i> | Bacilles | Hétérofermentaires | Psychrotrophes | Produits carnés, poissons, produits laitiers |
| <i>Lactococcus</i> | Coques | Hétérofermentaires | Mésophile | Produits laitiers, végétaux |
| <i>Streptococcus</i> | Coques | Homofermentaires | Mésophiles ou thermophiles | Produits laitiers |
| <i>Enterococcus</i> | Coques | Homofermentaires | Mésophiles | produits laitiers |
| <i>Pediococcus</i> | Coques en tétrades | Homofermentaires | Mésophiles | Bières, produits végétaux, saucissons |
| <i>Leuconostoc</i> | Coques | Hétérofermentaires | mésophiles | Produits végétaux produits laitiers |

II.3. Origine et habitat

Les bactéries lactiques ont été retrouvées dans des sédiments datant de 2.75 milliards d'années bien avant l'apparition d'oxygène dans l'atmosphère, ce qui pourrait expliquer leur caractère anaérobie (**Mami, 2013**). La source originale de ces bactéries est constituée par les plantes vertes. Suite à des processus d'évolution et d'adaptation, ces bactéries ont colonisé d'autres environnements et se trouvent ainsi dans divers habitats qui réunissent les conditions adéquates pour satisfaire leurs besoins nutritifs (**Achemchem, 2014**).

Elles ont été isolées dans de nombreux milieux naturels (végétaux, animaux et Homme). Grace à leur souplesse d'adaptation physiologique, les bactéries lactiques peuvent coloniser des milieux très différents du point de vue physico-chimique et biologique (**Mami, 2013**).

Les bactéries lactiques sont très abondantes dans la nature, elles sont ubiquistes et on les trouve dans différentes niches écologiques comme le lait et les produits laitiers, la viande, le poisson, les muqueuses humaines et animales, le tractus digestif et les végétaux (**Mayo et al., 2010**).

II.4. Utilisations industrielles des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont utilisées depuis des siècles dans la fabrication de nombreux aliments fermentés ; l'action de la flore lactique sur la conservation de ces aliments est liée à l'abaissement du pH consécutif à la production d'acide lactique (**Drouault, et Corthier, 2001**).

Les bactéries lactiques sont généralement associées à la préparation des aliments fermentés, tels que le yaourt, le fromage, le lait fermenté, le pain, les saucisses, les cornichons et l'ensilage. Ce processus est connu sous le nom " la fermentation lactique des aliments " (**Sahraoui et Sadoun, 2015**).

II.5. Rôles des bactéries lactiques

➤ Rôle sur la santé

Les effets bénéfiques des bactéries lactiques sur la santé des consommateurs sont reconnus depuis longtemps. D'après le scientifique russe *Metchnikoff* en 1908, les lactobacilles pouvaient réduire la putréfaction intestinale, en modifiant la microflore intestinale, et ainsi prolonger la durée de vie (**Drouault, et Corthier, 2001**). Ils participent à la digestion et au métabolisme des aliments et ils peuvent détruire les composés toxiques ou aider à mettre en place une défense immunitaire contre les organismes pathogènes exogènes (**Mission Scientifique de Syndifrais, 1997**).

Pour que les bactéries lactiques puissent agir sur la santé humaine, il faut qu'elles gardent une certaine activité, voir une viabilité lors du transit intestinal. Ainsi, les bactéries elles-mêmes ou les enzymes doivent pouvoir passer sans dommage irréversible la barrière acide de l'estomac, puis l'effet inhibiteur éventuel des sels biliaires (**Federichi, 2005**).

➤ Rôle technologique

Eu égard à leur pouvoir acidifiant, leur capacité à améliorer la flaveur et la texture des aliments, les bactéries lactiques sont de loin des agents d'amélioration de la qualité organoleptique des aliments (**Federichi, 2005**).

Dans les produits laitiers, ces micro-organismes assurent plusieurs fonctions telles que la coagulation du lait, la formation des composés aromatiques, la protéolyse pour donner aux

fromages leurs caractères rhéologiques et la production d'agents épaississants pour améliorer la texture du fromage (**Laurent et al., 1998**).

CHAPITRE III

LE FROMAGE FRAIS

III.1. Généralités

Le fromage de l'ancien français « fromage », du latin « formaticus » c'est-à-dire fait dans une forme, c'est l'un des premiers moyens de conservation du lait (**Richonnet, 2015**). Les premières traces de fabrication du fromage remontent à l'an 2800 avant Jésus-Christ, cependant sa découverte reste sans aucun doute le fruit d'un heureux hasard ; l'homme a découvert que sa denrée la plus précieuse (le lait) peut être conservée sous forme de fromage et que la présure présente dans l'estomac de l'animal qui le donne fait office de coagulant. Quelques 5000 ans plus tard, le fromage a été fabriqué partout dans le monde avec du lait produit par les animaux les plus divers (**Harbutt, 2010**).

En Europe de l'Est et en Asie de l'Ouest, certains facteurs sont certainement nécessaires à la transformation du lait en fromage comme la chaleur, l'acidité et les sucs de l'estomac. Ainsi, des extraits d'estomac de plusieurs types d'animaux (moutons, chèvres, vaches), mais également des extraits de plantes (comme le chardon) ont été utilisés pour la préparation de fromages (**Abi Azar, 2007**).

- Le fromage est un produit connu et élaboré par l'Homme depuis des millénaires. Selon la norme **FAO/OMS A6**, le fromage est défini comme étant le produit frais ou affiné, solide ou semi-solide, dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine n'excède pas celui du lait.

- Le fromage est obtenu par:

- a) Coagulation du lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème de lactosérum ou babeurre, seule ou en combinaison, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation;

- b) L'utilisation de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des matières obtenues à partir du lait, présentant des caractères physiques, chimiques et organoleptiques (**Sahraoui et Sadoun, 2015**).

III.2. Types de fromage

Il n'existe pas de classification simple rationnelle et universelle des fromages, en raison de sa grande diversité. Les fromages se différencient entre eux selon des caractères spécifiques liés à la flore microbienne, au mode de coagulation et d'égouttage sans oublier l'espèce animale d'où le lait provient (**David et Forte, 1998**).

Les différents types de fromage sont:

- Les fromages frais ou à pâtes fraîches ;
- Les pâtes molles à croûte fleurie et à croûte lavée ;
- Les pâtes persillées ;
- Les pâtes pressées non cuites et cuites ;
- Les pâtes dures ;
- Les pâtes filées ;
- Les fromages fondus.

III.3. Le fromage frais

Selon la norme du *Codex alimentarius* (2001), le fromage frais ou non affiné est un fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication. Ce fromage se caractérise par l'absence d'affinage après les étapes d'égouttage et de moulage, fabriqué à partir de lait ou de crème propre à la consommation humaine. Ils résultent de la coagulation à prédominance lactique du lait, combinant souvent l'action des ferments lactiques et celle de la présure (Luquet et Corrieu 2005).

Les fromages frais regroupent des produits très variés en termes de matières grasses (entre 0 et 60 % par rapport à l'extrait sec). La plupart des fromages frais ont une DLC de 24 jours.

- **Types de fromages frais**

Selon Luquet et Corrieu, (2005), les fromages non affinés, aux caractéristiques organoleptiques variés (nature, aux fruits, aromatisés) regroupent :

- ✓ Les fromages blancs battus (texture lisse) ou de "type campagne". La dénomination "fromage blanc" est réservée à un fromage non affiné, qui, lorsqu'il est fermenté, n'a pas subi d'autres fermentations que la fermentation lactique ;
- ✓ Les "petits suisses" naturels ; les fromages frais pulpés ;
- ✓ Les "demi-sel", souvent aromatisés (ail, fines herbe, poivre...).

- **Composition et valeur nutritive**

Les fromages frais sont très riches en eau (entre 70 % et 82 %) et sont une source de protéines, la qualité ainsi que le taux d'assimilation des protéines contenues dans le fromage sont excellents. La teneur en glucide est généralement minimale tandis que le contenu en matières grasses (surtout composés d'acides gras saturés) et en calories connaît de grandes fluctuations.

La valeur nutritive du fromage frais varie selon la teneur en matières grasses du lait utilisé et le procédé de fabrication (**Québec Amérique, 2008**).

En raison de cette composition, le fromage frais présente une valeur biologique et nutritionnelle élevée **FAO (1995)**, en proposant un bon apport en protéines, en calcium et en vitamines A et D. Ainsi ils conviennent parfaitement aux enfants, adolescents, femmes en période de grossesse et personnes âgées. Enfin leur faible apport en glucides convient parfaitement aux personnes diabétiques. La valeur nutritionnelle moyenne de fromage frais est présentée dans le tableau N°II.

Tableau N °II : Valeur nutritionnelle moyenne des fromages frais (Richonnet, 2015)

| Composition | Valeur nutritionnelle |
|------------------------------------|-----------------------|
| Eau | 79 g |
| Energie (kcal/100g) | 118 |
| Glucides (g/100g) | 4 |
| Lipides (g/100g) | 17 |
| Acides gras saturés (AGS) (g/100g) | 12 |
| Protéines (g/100g) | 9 |
| Sodium (mg/100g) | 520 |
| Calcium (mg/100g) | 95 |
| Phosphore (mg/100g) | 140 |

III.3.1 Principe général de fabrication des fromages frais

Habituellement la fabrication du fromage frais comprend trois étapes: la formation d'un gel de caséines, c'est la coagulation du lait; la déshydratation partielle du gel, c'est l'égouttage qui aboutit à un caillé et le salage (**Aissaoui Zitoun, 2014**).

Les fromages frais sont fabriqués à base de lait chauffé dans lequel est ajouté un ferment lactique et/ou de la présure ; enzyme issue de la caillette de veau ; qui va provoquer la coagulation. Le petit-lait en excès est ensuite égoutté, durant cette phase, ce sont presque 80% de l'eau contenue dans le caillé qui est extraite, puis ce dernier est placé dans un coton à fromage, ou dans de petits moules, pendant quelques heures puis il est salé (**Jeantet et al., 2007**)

Sur la figure N°2 illustre le schéma de base de fabrication des fromages frais.

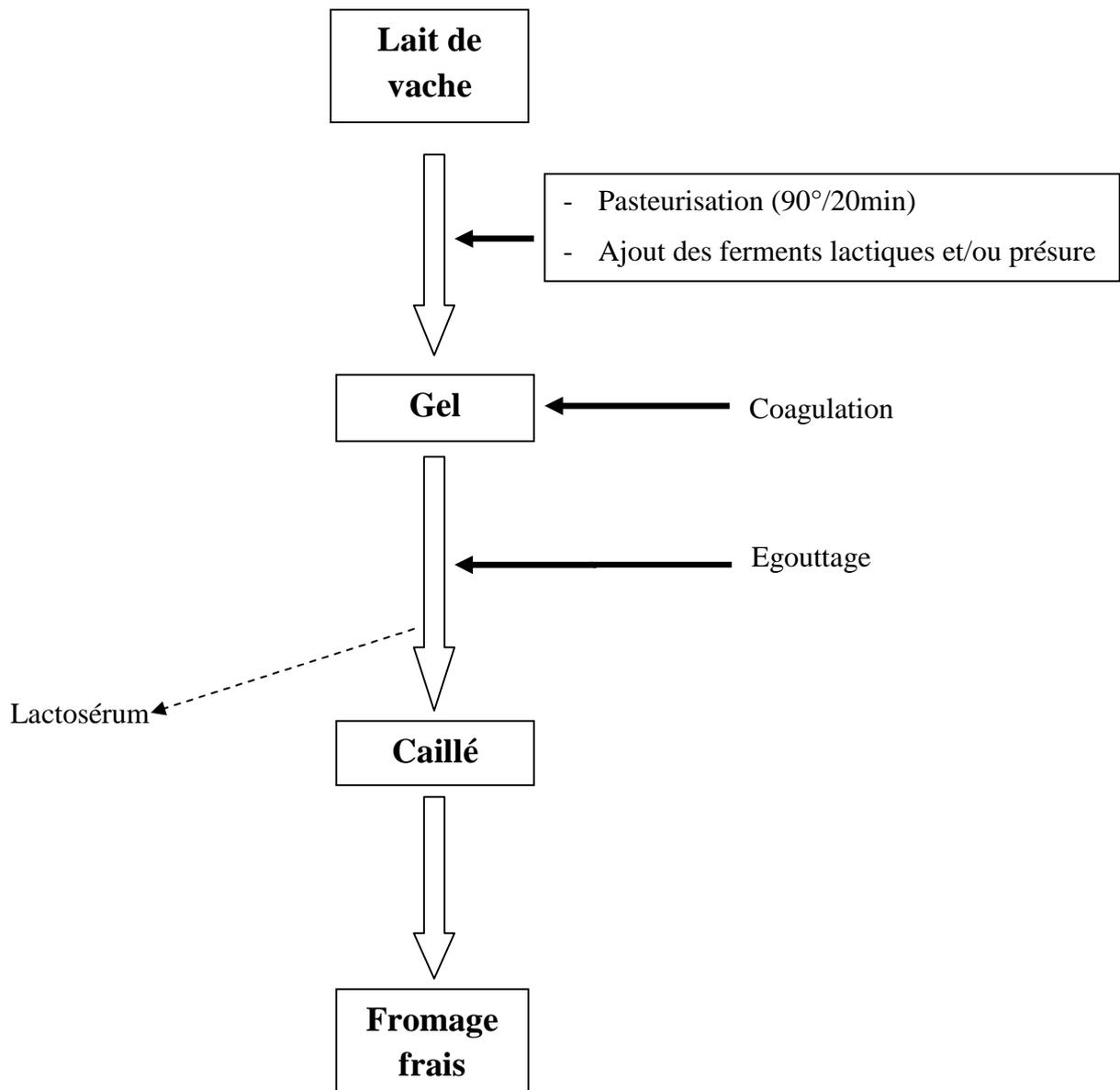


Figure N°2 : Schéma de base de fabrication des fromages frais (Jeantet et al., 2007)

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE I

MATÉRIEL ET

MÉTHODES

Notre étude expérimentale s'est déroulée à l'université Abd-Rahmane Mira de Béjaia au niveau de laboratoire de Technologie Alimentaire et de laboratoire d'analyse Qualilab sis à Smina ville de Béjaia.

I.1. Matériel végétal

Il est constitué de feuilles de romarin *Rosmarinus officinalis* récoltées dans la région d'Aokas de la wilaya de Béjaia. Les feuilles, fraîchement cueillies, ont subi un lavage puis séchées à 40°C dans une étuve pendant une semaine (Kablanet *al.*, 2008). Après séchage, elles ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique, puis tamisées pour obtenir une fine poudre ($\text{Ø} < 250\mu\text{m}$). Les poudres ainsi obtenues sont conservées dans des bocaux en verre, préalablement séchés à l'étuve, hermétiquement fermés et emballés dans du papier aluminium afin d'éviter le phénomène d'oxydation de leurs différents composés.



Figure N°3: Les feuilles de *Rosmarinus officinalis* et la poudre obtenue

I.2. Préparation des échantillons de fromage

Le fromage frais utilisé dans cette étude a été fabriqué au niveau de la SARL Sittelle Kabyle d'Aokas, il a été récupéré directement après égouttage dans des bocaux stériles et acheminé dans une glacière au laboratoire de microbiologie (bloc 9) de l'université. Les échantillons de fromage servis pour notre étude ont été aseptiquement préparés ainsi : fromage A : fromage témoin, fromages B, C et D sont les fromages enrichis par 0,25%, 0,5% et 0,75% de poudre de romarin préalablement stérilisée à 90°C/5min dans un four pasteur. Les échantillons de fromage ont été conservés dans des boîtes stériles, le suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques a été effectué pendant 25 jours de conservation au réfrigérateur (6°C).

Notre démarche expérimentale est résumée à travers le diagramme illustré dans la figure N°4.

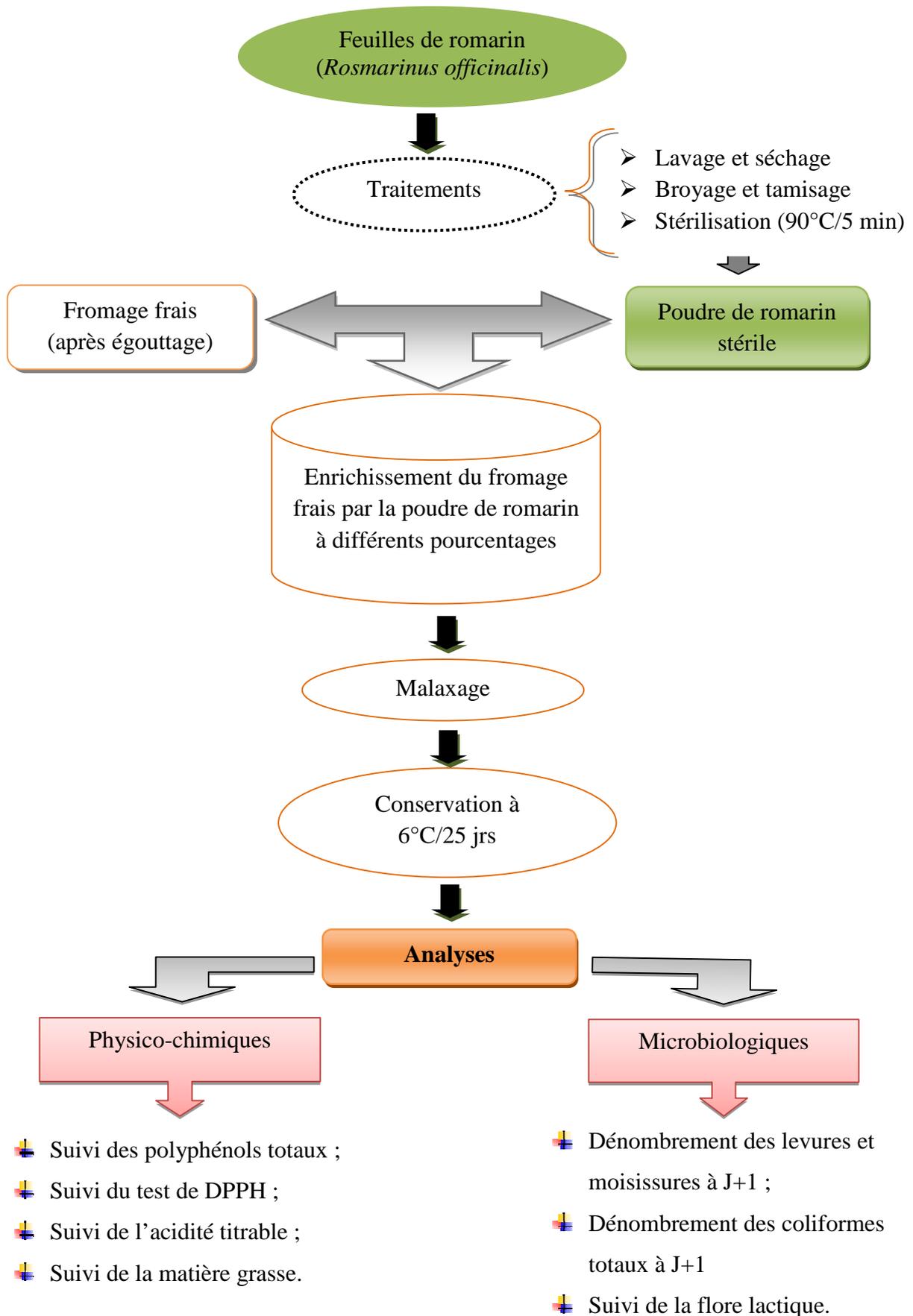


Figure N°4: Représentation schématique des étapes de l'expérimentation.

I.3. Analyses physico-chimiques

Un suivi des analyses physico-chimiques a été effectué pendant la période de conservation des échantillons de fromage, avec un intervalle de 4 jours.

I.3.1. Préparation des extraits aqueux des échantillons de fromage

Chaque échantillon de fromage (20g) a été homogénéisé avec 20mL d'eau distillée. Les échantillons obtenus ont été centrifugés deux fois à 4500tr/ min pendant 10min, le surnageant a été récupéré et analysé (Apostolidis et al., 2006).

I.3.2. Dosage des polyphénols totaux

Les polyphénols totaux ont été déterminés par spectrophotométrie, la méthode de Folin-Ciocalteu a été adoptée.

➤ *Principe*

Le dosage des polyphénols totaux est basé sur la réduction de l'acide phosphomolybdène-phosphotungstène du réactif de Folin-Ciocalteu, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleu de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La présence de carbonate de sodium rend le milieu légèrement alcalin. L'intensité de la coloration bleue est proportionnelle au taux de composés phénoliques (Bucic-Kojic et al. 2007; Ribéreau-Gayon, 1998).

➤ *Mode opératoire*

Dans des tubes à essai, 250 μ L de chaque extrait ont été introduit, puis additionné de 250 μ L d'éthanol (95%), 1,25 mL d'eau distillé et 125 μ L du réactif de Folin-Ciocalteu (50%). Le mélange est incubé à l'obscurité pendant 5 minutes puis 250 μ L de Na_2CO_3 (5%) ont été ajoutés. Après 60min d'incubation, les absorbances ont été mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre à 725 nm (Apostolidis et al., 2006).

➤ *Expression des résultats*

La quantification des polyphénols totaux a été faite en se référant à la courbe d'étalonnage établie avec l'acide gallique à différentes concentrations (Annexe I). Les résultats du dosage obtenus sont exprimés en milligramme d'équivalent acide gallique par gramme de fromage (mg EAG/g).

I.3.3. Evaluation de l'activité antioxydante par le test de DPPH

➤ **Principe**

Le 1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH•) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 517 nm. En présence de composés anti-radicalaires, le radical DPPH• est réduit et change de couleur en virant au jaune. Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH•, qui est proportionnel au pouvoir antiradicalaire de l'échantillon (Chaabi, 2008).

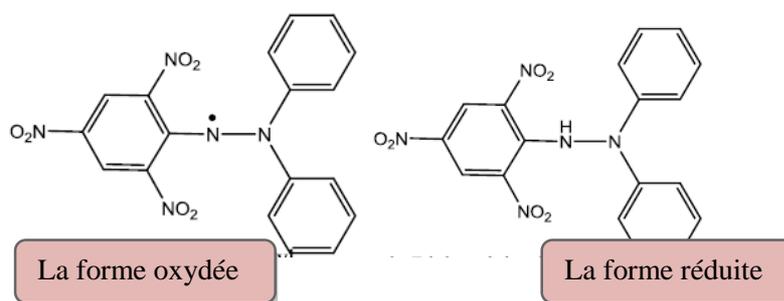


Figure N°5: Les formes oxydée et réduite du DPPH

➤ **Mode opératoire**

Dans des tubes à essai 3 mL de solution de DPPH (60 µM dans éthanol) sont introduits, puis 250 µL d'extrait aqueux de chaque échantillon ont été ajoutés. Après 10 min d'incubation à l'obscurité, une lecture des absorbances a été faite à 517 nm (Apostolidis et al., 2006).

➤ **Expression des résultats**

Le pourcentage d'inhibition est calculé suivant la formule ci-dessous :

$$\text{DPPH}(\%) = [1 - (\text{Abs}_{\text{échantillon}} / \text{Abs}_{\text{contrôle}})] \times 100$$

Où $\text{Abs}_{\text{contrôle}}$ et $\text{Abs}_{\text{échantillon}}$ sont les absorbances du contrôle et de l'échantillon respectivement.

I.3.4. Détermination de l'acidité titrable

➤ *Principe*

Le principe est basé sur un titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium (NaOH 0,1 M) en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré.

➤ *Mode opératoire*

Dans un bécher, 1 mL d'extrait de chaque échantillon est introduit et 9 mL d'eau distillée ont été ajoutés, 3 gouttes de phénolphtaléine (1%) ont été additionnées et la suspension de fromage a été titrée avec NaOH (0.1 M) jusqu'au virage de la couleur en rose qui persiste durant 30 secondes (**Zainoldin et Baba, 2009**).

➤ *Expression des résultats*

L'acidité des échantillons est exprimée en équivalent acide lactique (AL) en utilisant la formule suivante :

$$AL (\%) = 0.9 \times V_{NaOH}$$

Avec: V_{NaOH} : chute de la burette

I.3.5. Détermination de la teneur en Matière grasse par la méthode GERBER - ISO 1211

➤ *Principe*

Cette méthode est basée sur la dissolution des composants du fromage par l'acide sulfurique ou un mélange d'acides, suivie de la séparation de la matière grasse, du produit contenu dans un butyromètre, par centrifugation. La séparation peut être favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso-amylque.

➤ *Mode opératoire*

Dans des godets, 3 g de fromage de chaque échantillon ont été pesés. Les godets ont été placés dans le butyromètre, l'acide sulfurique (70 %) a été ajouté, le tout est incubé dans un bain marie pendant 60 minutes, pour faciliter la dissolution. Après incubation, 1 mL d'alcool iso-amylque a été additionné et le mélange a été centrifugé pendant 10 minutes à 5000 tr/min.

➤ *Expression des résultats*

La lecture se fait directement sur l'échelle du butyromètre en pourcentage, et la moyenne des deux essais a été calculée.

X' : position supérieure

X : position inférieure

X' – X représente le taux de matière grasse dans 100g de fromage.

I.4. Analyses microbiologiques

Après addition du romarin au fromage, les levures et moisissures ainsi que les coliformes totaux ont été dénombrés à J+1.

Afin d'évaluer l'effet du romarin sur les bactéries lactiques, un suivi a été effectué pour les échantillons de fromage pendant 25 jours de conservation, avec un intervalle de 4 jours.

La méthode de contact direct (ensemencement en masse) a été adoptée.

Avant d'ouvrir la boîte de fromage (10g), et afin d'éliminer toute source de contamination, sa surface extérieure a été soigneusement nettoyée avec de l'éthanol. Le récipient a été aseptiquement ouvert et ajouté au flacon contenant 90 mL de l'eau physiologique stérile et bien homogénéisé. La suspension mère est ainsi préparée. De cette solution, 1mL a été prélevé et dilué dans 9 mL de diluant et ensuite, une série de dilutions décimales a été réalisée jusqu'à la dilution 10^{-7} .

I.4.1. Levures et moisissures

Ensemencement en masse de 1 mL de la suspension mère avec la gélose OGA (Oxytétracycline Glucose Agar). Après solidification, les boîtes ont été incubées à 25°C/5jrs. Le nombre de micro-organismes caractéristiques aux levures et moisissures, par gramme d'échantillon, correspondait au nombre de colonies comptées sur la boîte ensemencée multiplié par deux. Une boîte témoin contenant environ 15mL de gélose OGA et une autre contenant 1mL d'eau physiologique et environ 15mL du milieu OGA ont été préparées pour contrôler leur stérilité.

I.4.2. Coliformes totaux

Ensemencement en masse de 1 mL de la dilution à 50% (ajouter à 10g de l'échantillon 10mL d'eau physiologique) avec la gélose VRBL (gélose lactosée billée au cristal violet et au rouge neutre). Après solidification, les boîtes ont été incubées à 30°C/24h. Le nombre de coliformes totaux par gramme d'échantillon, correspondait au nombre de colonies comptées

sur la boîteensemencée multiplié par deux. Une boîte témoin contenant environ 15mL de gélose VRBL et une autre contenant 1mL d'eau physiologique et environ 15mL de gélose VRBL, ont été préparées pour contrôler leur stérilité.

I.4.3. Flore lactique

➤ Pour les Lactobacilles

Ensemencement en masse de 1 mL des dilutions 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} et 10^{-7} , à raison de deux boîtes de Pétri pour chaque dilution, avec la gélose MRS (Man Rogosa et Sharpe). Après solidification du mélange, une couche superficielle composée d'environ 10 mL de milieu MRS a été ajoutée, afin d'obtenir des conditions de semi-anaérobiose en double couche. Les boîtes ont été laissées se solidifier et incubées à 37°C /72 h.

➤ Pour les Lactocoques

Ensemencement en masse de 1 mL des dilutions 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} et 10^{-7} , à raison de deux boîtes de Pétri pour chaque dilution, avec la gélose M17 et incubation, après solidification, à 37°C /48 h.

La stérilité des géloses MRS ou M17 et l'eau physiologique a été contrôlée.

➤ Expression des résultats

Les colonies ont été comptées sur les boîtes contenant 10 à 300 colonies.

Pour chaque micro-organisme caractéristique, le nombre N de micro-organismes, par gramme d'échantillon, a été calculé en tant que moyenne pondérée à partir de deux dilutions successives (AFNOR, 2004).

$$N = \frac{\sum C}{V (n_1 + 0.1 n_2) d}$$

Où :

C : la somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues de deux dilutions successives ;

V : volume de l'inoculum (mL) ;

n_1 : nombre de boîtes retenues à la première dilution ;

n_2 : nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution ;

d : taux de dilution correspondant à la première dilution retenue.

I.5. Analyses sensorielles

Cette partie a été réalisée au niveau de la salle de dégustation du laboratoire d'Animalerie de notre université.

Elle comporte un panel d'experts accompagné d'un questionnaire comportant des informations sur le dégustateur et l'échelle de notation utilisée.

➤ *Le panel*

Il était constitué de huit (8) experts de l'université de Béjaia spécialisés en analyse de la saveur des produits alimentaires.

➤ *L'épreuve*

Elle a porté essentiellement sur le test hédonique. Quatre échantillons de fromages codés comme suit :

Fromage A : c'est un témoin (fromage frais sans addition de poudre de romarin)

Fromage B, C et D : fromage frais incorporé avec 0,25 ; 0,50 et 0,75 % de poudre de romarin, respectivement ont été présentés pour chaque juge.

Les quatre échantillons ont été présentés pour chaque juge afin de donner une appréciation sur une échelle de notation de 1 à 5 points. Chaque dégustation a été suivie d'un gargarisme à grande eau afin d'éviter toute interférence d'arômes;

➤ *Le questionnaire*

Le questionnaire de cette épreuve est représenté dans l'annexe III.

I.6. Analyses statistiques

Les résultats des tests effectués sont exprimés en moyenne \pm écart type. Les comparaisons multiples et la détermination des taux de signification sont faites par le test ANOVA suivi du test de Tukey pour les comparaisons par paires, en utilisant le logiciel Minitab 17. Les différences sont considérées statistiquement significatives au seuil de 0,05.

Les comparaisons des analyses sensorielles ont été faites en utilisant le logiciel Excel-STAT 2014.

CHAPITRE II

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

II.1. Résultats des analyses physicochimiques

La teneur en polyphénols totaux, pouvoir antiradicalaire, acidité titrable et teneur en matières grasses ont été comparés avec l'effet de l'addition de la poudre de romarin sur le fromage frais à différents pourcentages.

II.1.1. Teneur en polyphénols totaux (PPT)

Les teneurs en PPT obtenues pour les différents fromages durant la durée de conservation sont présentées sur la figure N°6.

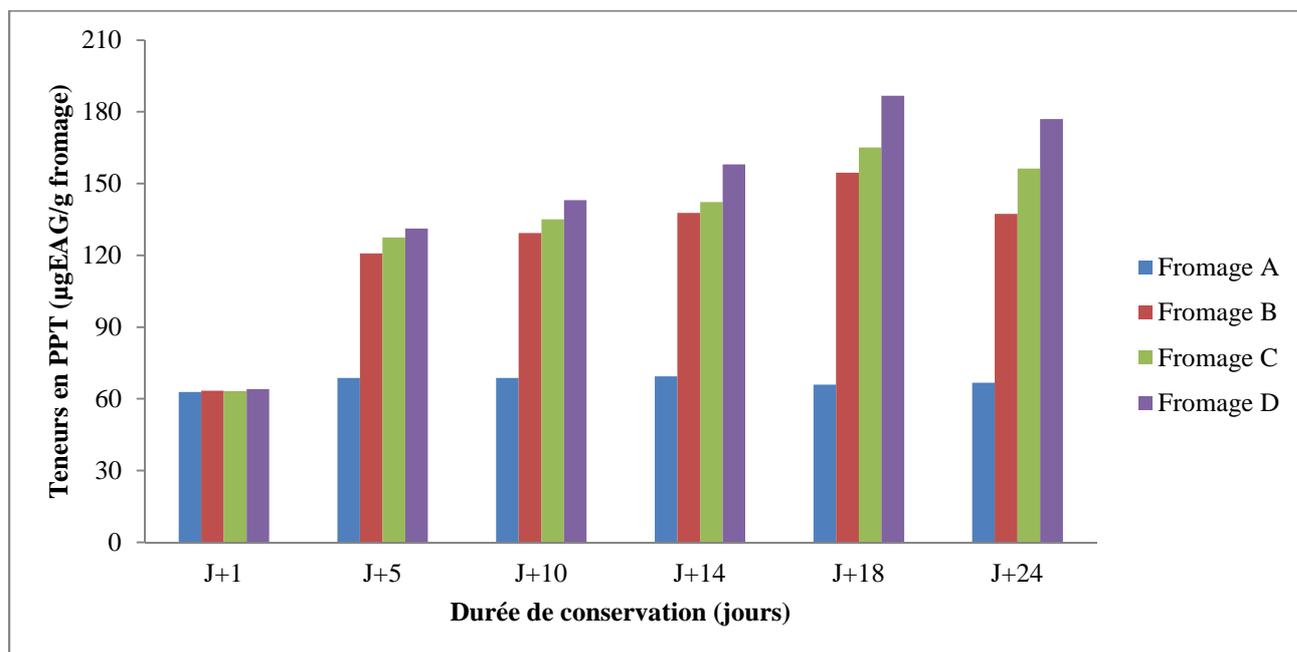


Figure N°6 : Teneur en PPT des fromages durant la durée de stockage.

D'après la figure N°9, nous remarquons que la teneur en PPT du fromage témoin (fromage A) est pratiquement constante. Néanmoins, cette teneur augmente au fur et à mesure de l'augmentation des pourcentages de la poudre de romarin incorporée dans le fromage. En effet, les teneurs passent de 63,44 µg EAG/g de fromage, 63,27 µg EAG/g de fromage et 64,06 µg EAG/g de fromage au premier jour de fabrication pour atteindre 154,62 µg EAG/g de fromage, 165,08 µg EAG/g de fromage et 186,68 µg EAG/g de fromage au 18^{ème} jour de stockage pour les fromages obtenus avec 0,25 ; 0,5 et 0,75% de poudre, respectivement. L'analyse de la variance ANOVA au seuil de signification 5%, n'a révélée aucune différence significative entre les quatre fromages au 1^{er} jour de conservation à 6°C. Pour les jours qui suivent, la différence est significative.

II.1.2. Activité antioxydante (test de DPPH)

Pour estimer l'activité antioxydante des fromages, l'évaluation du pouvoir antiradicalaire, en mesurant le pourcentage de neutralisation du radical DPPH a été adoptée.

Les résultats de ce test pour les différents fromages, exprimés en pourcentage, sont illustrés sur la figure N°7.

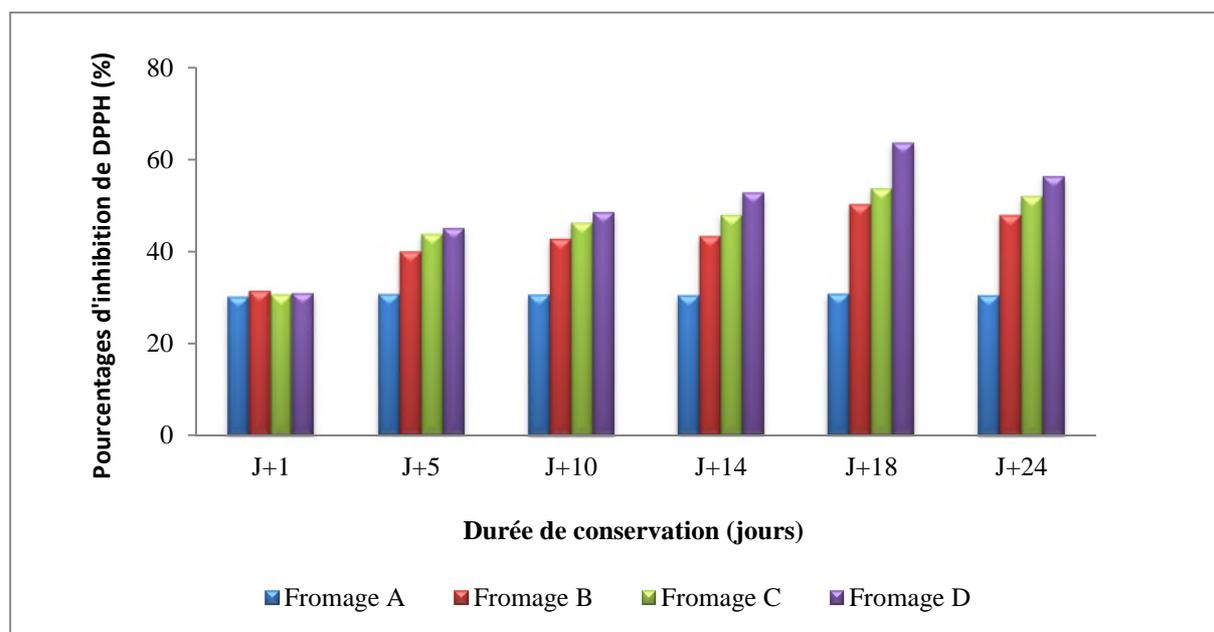


Figure N°7: Activité antiradicalaire des fromages pendant leur durée de conservation.

Les résultats donnés dans la figure N°7 montrent que l'activité antioxydante dans les échantillons de fromage à J+1 est pratiquement constante.

Nous constatons, que le pourcentage de l'activité antiradicalaire est proportionnel aux concentrations des fromages en poudre de romarin.

Au seuil de signification $\alpha = 0,05$, nous avons remarqué une différence significative entre les fromages à partir de J+5, une légère réduction de cette activité à partir du J+24 a été observée.

Nous avons essayé de tracer des courbes de corrélation linéaire entre les teneurs en polyphénols totaux et l'activité antioxydante (DPPH) des différents fromages étudiés ; les graphes avec les coefficients de corrélation ainsi obtenus sont représentés dans la figure N°8.

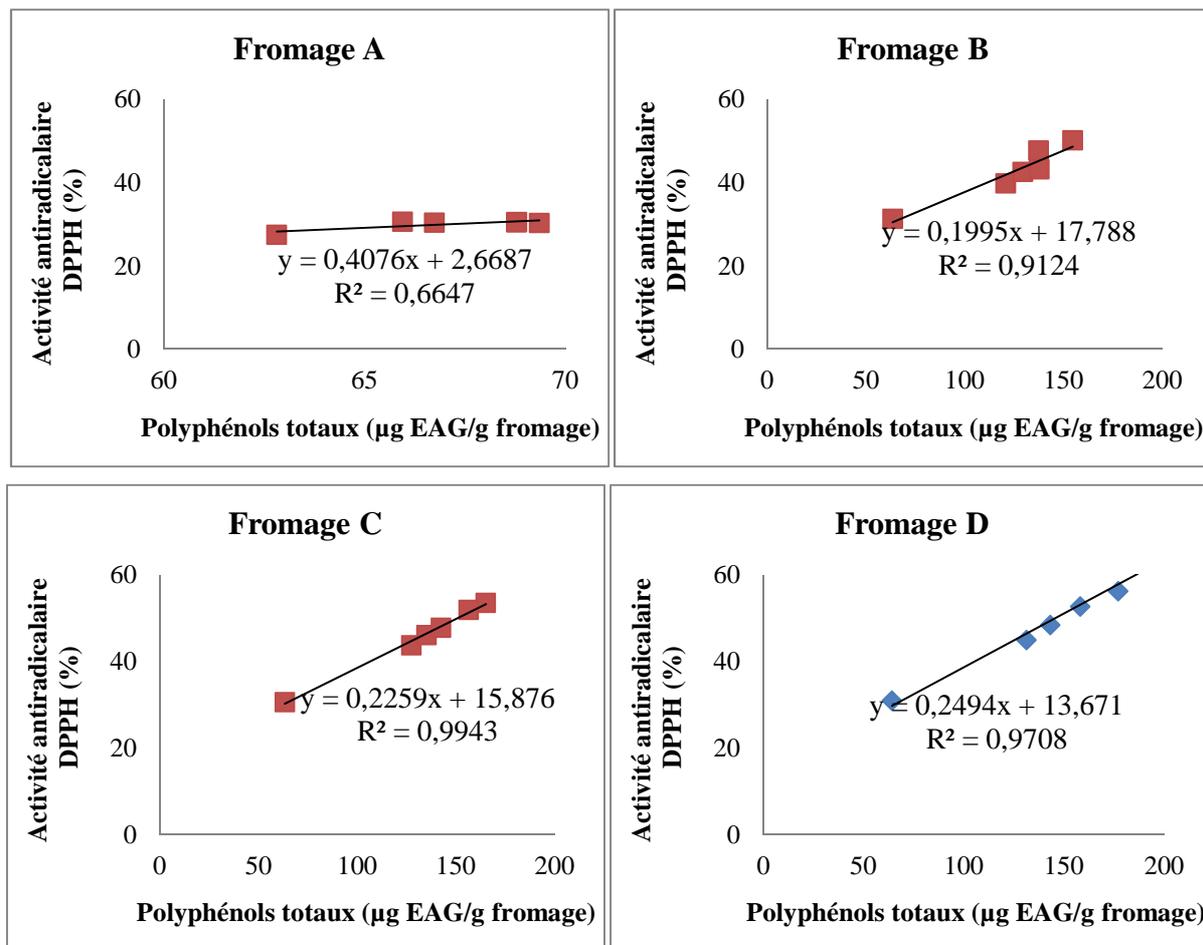


Figure N°8 : Courbes de corrélation établies entre l'activité antioxydante (DPPH) et les PPT des différents fromages.

Nous constatons que la corrélation entre la teneur des fromages en polyphénols totaux avec l'activité antioxydante est fortement significative pour les fromages C ($R^2 = 0,9943$) et D ($R^2 = 0,9708$). Cependant, une bonne corrélation a été notée pour le fromage B ($R^2 = 0,9124$).

Ceci pourrait être expliqué par l'activité des molécules bioactives présentes dans la poudre du romarin. En effet, l'espèce de *Rosmarinus officinalis* est connue par son pouvoir antioxydant (Genena et al., 2008 ; Kasparaviciene et al., 2013).

II.1.3. Acidité titrable

Les moyennes en pourcentage d'acide lactique sont représentées dans le tableau N°III.

En termes de pourcentages d'acide lactique, les résultats montrent que tous les fromages enrichis en romarin ont un pourcentage d'acide lactique significativement différent par rapport au fromage témoin.

Tableau N°III : Evolution de l'acidité titrable des fromages en fonction de la durée de conservation.

| | Fromage A | Fromage B | Fromage C | Fromage D |
|-------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| J+1 | 1,305 ± 0,064 ^a | 1,530 ± 0,127 ^a | 1,575 ± 0,700 ^a | 1,632 ± 0,191 ^a |
| J+5 | 1,395 ± 0,318 ^d | 1,665 ± 0,255 ^c | 1,710 ± 0,064 ^b | 1,795 ± 0,191 ^a |
| J+10 | 1,620 ± 0,255 ^d | 1,782 ± 0,162 ^c | 1,890 ± 0,573 ^b | 2,115 ± 0,127 ^a |
| J+14 | 1,350 ± 0,382 ^d | 1,680 ± 0,127 ^c | 1,755 ± 191 ^b | 1,83 ± 0,085 ^a |
| J+18 | 1,170 ± 0,127 ^d | 1,395 ± 0,064 ^c | 1,432 ± 0,064 ^b | 1,532 ± 0,064 ^a |
| J+24 | 1,125 ± 0,064 ^d | 1,215 ± 0,064 ^c | 1,292 ± 0,127 ^b | 1,352 ± 0,127 ^a |

Nous avons constaté que l'ajout du romarin dans le fromage a modifié le pourcentage d'acide lactique. En effet, d'après l'analyse statistique, toutes les données enregistrées à J+5, J+18 et J+24 ont montré une différence significative.

Les bactéries lactiques transforment le lactose en acide lactique, acétaldéhyde, diacétyle, et l'acide formique. L'accumulation de tous ces produits de fermentation induit une augmentation de la production d'acides pendant la fermentation, ce qui conduit à l'augmentation de l'activité métabolique des bactéries lactiques (**Zainoldin et Baba, 2009**).

II.1.4. Matières grasses

Les résultats de la mesure de la matière grasse, en pourcentage, est donnée dans le tableau N°IV. Nous pouvons constater que les teneurs en matières grasses des différents échantillons de fromage restent pratiquement constantes durant la période de conservation. L'analyse statistique ($p > 0.05$) n'a révélé aucune différence significative.

Tableau N°IV : Teneurs en matières grasses des fromages durant leur stockage

| | Fromage A (%) | Fromage B (%) | Fromage C (%) | Fromage D(%) |
|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| J+1 | 15 | 14 | 14 | 14 |
| J+5 | 15 | 14 | 14 | 15 |
| J+10 | 15 | 15 | 13 | 14 |
| J+14 | 15 | 14 | 14 | 14 |
| J+18 | 15 | 14 | 14 | 15 |
| J+24 | 15 | 13 | 14 | 14 |

Selon **Luquet (1990)**, la teneur en matière grasse dans un fromage frais doit être inférieure ou égale à 20 g pour 100 g de fromage frais; ce qui concorde avec les résultats obtenus dans la présente étude (13-15%).

II.2. Résultats des analyses microbiologiques

Dans cette partie, on s'est intéressé à l'effet de l'addition de la poudre de romarin sur les bactéries lactiques. Pour cela, un suivi de la charge en lactobacilles et lactocoques a été effectué pour les différents fromages durant leur durée de conservation.

➤ Coliformes, levures et moisissures

Une absence de coliformes totaux, levures et moisissures a été enregistrée dans les différents échantillons de fromages analysés. Cela indique le respect des mesures hygiéniques durant les étapes de leur transport et leur enrichissement en poudre de romarin.

➤ Flore lactique

Le taux de la flore lactique des échantillons de fromage est illustré sur la figure N°9.

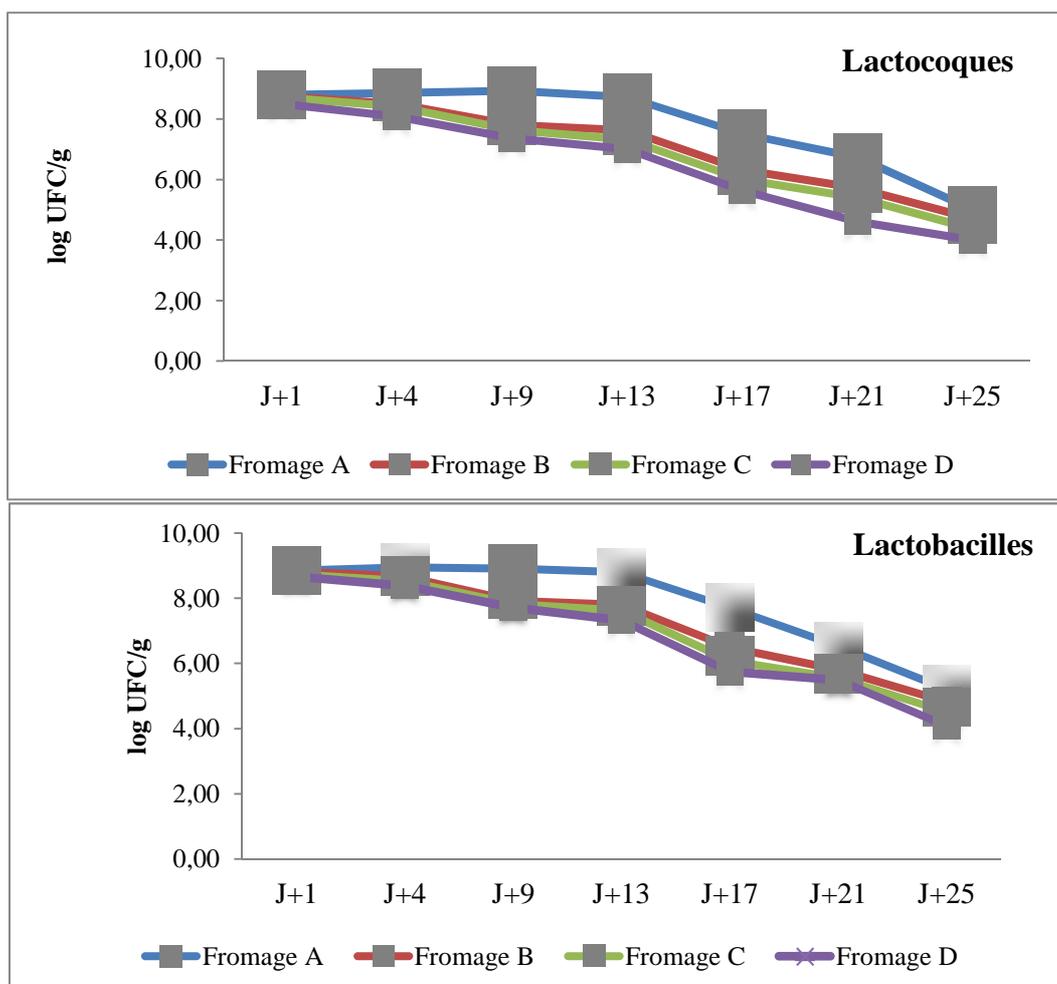


Figure N°9 : Evolution de la flore lactique des fromages au cours de leur conservation

Les observations enregistrées démontrent que le taux de la flore lactique du fromage témoin (fromage A), était de $7,1 \cdot 10^8$ UFC/g pour les lactobacilles et de $6,2 \cdot 10^8$ UFC/g pour les lactocoques ; après conservation, une augmentation a été constatée jusqu'à atteindre une charge de $8,9 \cdot 10^8$ UFC/g pour les lactobacilles (J+4) et une charge maximale de $8,6 \cdot 10^8$ UFC/g pour les lactocoques (J+9). Une diminution du taux des bactéries lactiques a été notée au cours de la conservation.

Par ailleurs, l'augmentation des pourcentages de poudre de romarin dans les fromages, a entraîné une légère diminution du nombre bactérien où le taux ne dépasse pas 10^6 UFC/g à partir du J+13.

Au seuil de signification $\alpha = 0,05$, nous avons remarqué une différence significative entre tous les fromages au cours de toute la période de leur stockage.

Aucune réglementation ne préconise une charge de flore lactique spécifique aux fromages frais, la perte de viabilité de la flore lactique au cours de la réfrigération est généralement réduite (**Ray, 1996**).

La diminution de la flore lactique serait aussi due à l'augmentation de l'acidité (phénomène de post- acidification) ou à l'effet antibactérien de la poudre de romarin.

II.3. Résultats des analyses sensorielles

Avant d'effectuer les différents tests sur XLSTAT, un plan d'expérience a été réalisé. Une fois les données des juges experts sont reportées sur le logiciel, la procédure de génération d'un plan d'expérience est lancée.

Pour chacune des catégories d'experts un plan d'expérience optimal a été trouvé, ce qui valide les autres tests sur XLSTAT.

II.3.1. Caractérisation des produits

Ce test permet de caractériser et d'identifier rapidement les produits perçus par le jury. Il s'agit d'identifier, dans le cadre de l'analyse sensorielle, les descriptions qui discriminent le mieux les produits et de déterminer leurs caractéristiques importantes (**Husson et al., 2009**).

L'apparition de la couleur bleu, indique que le coefficient du descripteur est positif (apprécié), en rouge, le coefficient est significativement négatif (non apprécié). Alors que la couleur blanche, signifie que les caractéristiques n'ont pas été détectées.

A. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet d'afficher les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les produits à celui qui a le plus faible. Les résultats de ce test sont illustrés sur la figure suivante.

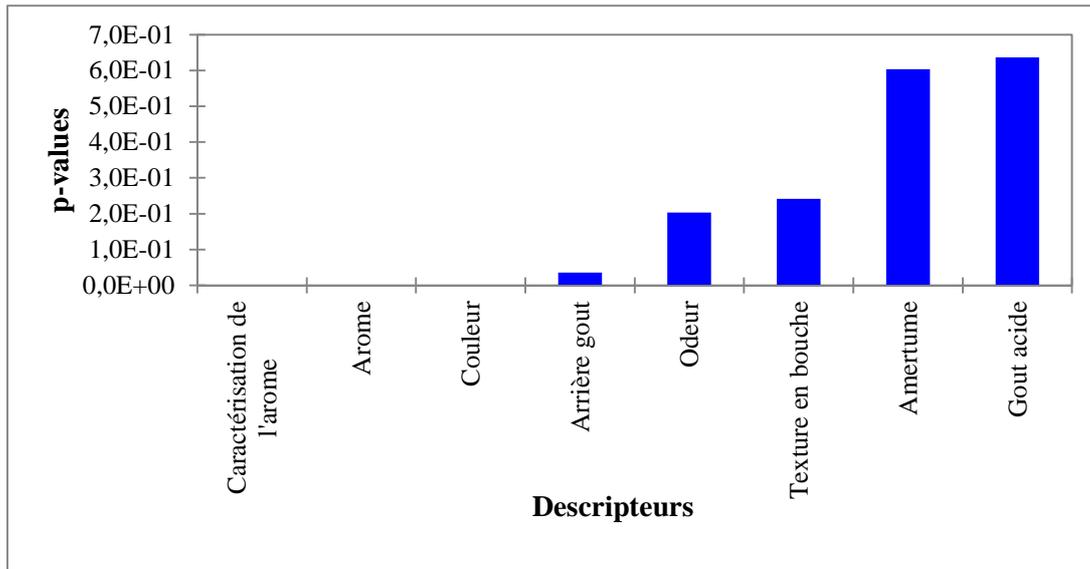


Figure N° 10 : Pouvoir discriminant par descripteur.

D'après la figure N°10, qui montre les descripteurs ordonnés de plus discriminant au moins discriminant sur les quatre échantillons de fromage:

✓ Les caractères goût acide, amertume, texture en bouche et odeur ont un pouvoir discriminant faible. Alors on déduit que les experts n'ont pas constaté des divergences des descripteurs énumérés pour les quatre échantillons dégustés.

✓ Concernant le caractère arrière-goût, il a un pouvoir légèrement discriminant ; cependant, les caractères couleur, arôme et caractérisation de l'arôme sont les plus discriminants. Cela prouve que les experts ont constaté des divergences de ces descripteurs pour les quatre échantillons préparés avec les différents pourcentages de poudre incorporée.

B. Moyennes ajustées par produit

L'objectif de ce test est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit.

Les résultats des moyennes ajustées par produit sont représentés dans le tableau N°V :

Tableau N°V: Moyennes ajustées par fromage.

| | Arome | Couleur | Odeur | Caractérisation de l'arôme | Amertume | Arrière-goût | Goût acide | Texture en bouche |
|------------------|-------|---------|-------|----------------------------|----------|--------------|------------|-------------------|
| Fromage D | 4,125 | 2,750 | 3,500 | 3,000 | 3,625 | 3,875 | 3,875 | 3,250 |
| Fromage C | 3,625 | 2,625 | 3,375 | 3,125 | 3,500 | 3,250 | 3,500 | 3,375 |
| Fromage B | 3,500 | 2,375 | 3,000 | 2,875 | 3,625 | 2,875 | 3,250 | 3,250 |
| Fromage A | 1,625 | 1,375 | 2,750 | 1,000 | 3,125 | 2,875 | 3,375 | 4,125 |

Le tableau des moyennes ajustées par produit permet de faire ressortir les moyennes lorsque les différents produits et les caractéristiques sont croisés. Les cellules en bleu ont une intensité très importante et supérieure à la moyenne, et celles en couleur blanche présentent une intensité moyenne, tandis que pour les cellules rouges, elles ont une intensité négative.

✓ Les caractères arôme, couleur, caractérisation de l'arôme et arrière-goût du fromage D présentent une intensité positive et très importante ;

✓ Ces caractères, pour le fromage C, ressemblent à ceux du fromage D, mais les moyennes sont moins intenses ;

✓ Pour le fromage B, toutes les caractéristiques ont une intensité moyenne. En effet, la caractérisation de l'arôme ressemble à celle des fromages D et C ;

✓ Pour le fromage A, on constate une hétérogénéité des caractères. L'arôme, la couleur et la caractérisation de l'arôme ont une intensité négative. A l'inverse de l'odeur, l'amertume, l'arrière-goût et le goût acide, ils présentent une intensité moyenne.

II.3.2. Analyse des composantes principales (ACP)

L'ACP est l'une des méthodes d'analyse de données multi-variées les plus utilisées. Elle permet d'explorer des jeux de données multi-dimensionnels constitués de variables quantitatives. Elle peut être considérée comme une méthode de projection qui permet de projeter les observations, depuis l'espace à p dimensions des p variables vers un espace à k dimensions, ($k < p$) tel qu'un maximum d'informations soit conservé (l'information est ici mesurée à travers la variance totale du nuage de points) sur les premières dimensions. Si l'information associée aux 2 ou 3 premiers axes représente un pourcentage suffisant de la variabilité totale du nuage de points, on pourra représenter les observations sur un graphique à 2 ou 3 dimensions, facilitant ainsi l'interprétation (Jolliffe, 2002).

La figure N°11 élucide les corrélations entre les variables et les facteurs par ACP.

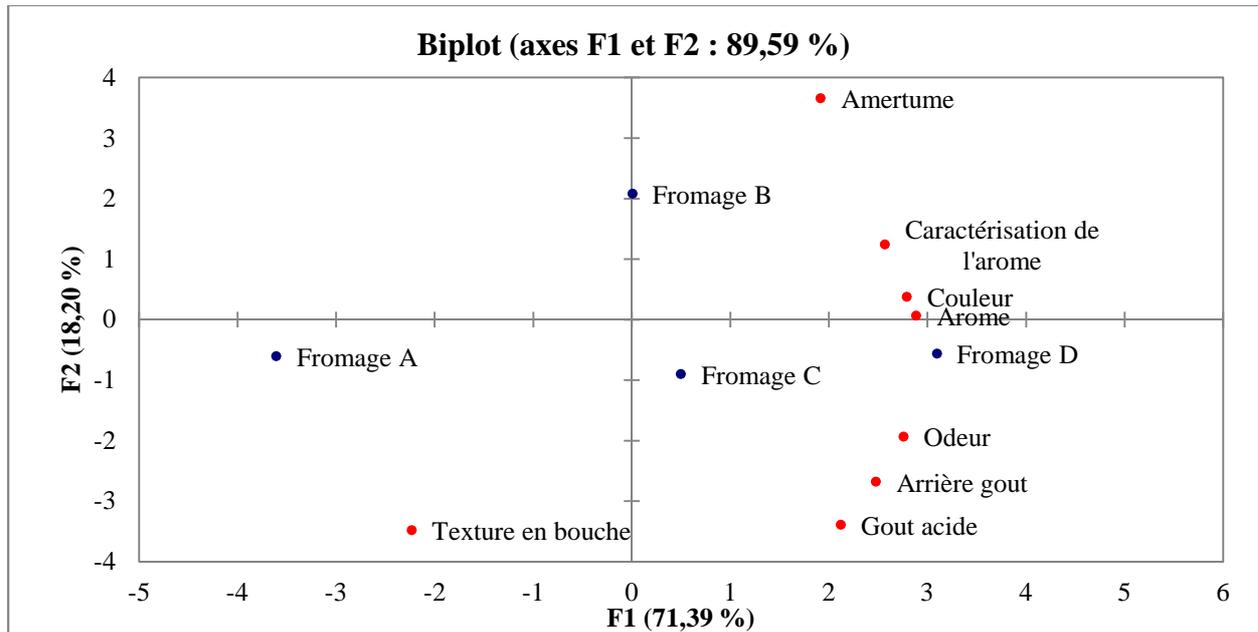


Figure N°11 : Corrélations entre les variables et les facteurs.

Il a été constaté que les produits ont été perçus par les dégustateurs comme assez différents vu que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle et qu'un niveau de 89,59 % de la variabilité a été enregistré.

II.3.3. Classification ascendante hiérarchique

La classification ascendante hiérarchique est une méthode de classification qui permet de visualiser le regroupement progressif des données. On peut alors se faire une idée d'un nombre adéquat de classes dans lesquelles les données peuvent être regroupées (Everitt *et al.*, 2001).

Le graphe donné dans la figure N°12 permet de représenter le profil des classes :

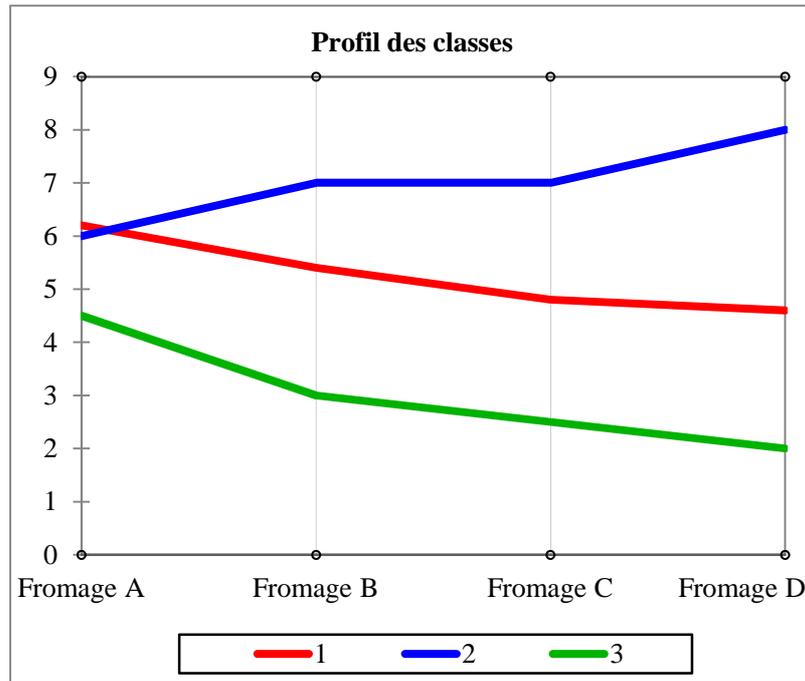


Figure N°12 : Profil des classes.

Le graphe du profil des classes permet de comparer visuellement les moyennes des trois classes créées.

- **Cartographie des préférences**

Nous avons essayé de réaliser la cartographie des préférences afin d'avoir une idée sur les préférences des jurys ; mais ces résultats ne reflètent pas forcément celles du consommateur car le nombre de sujets interrogés (8 personnes) n'est pas représentatif de la population.

D'après la figure N° 13 on remarque que les dégustateurs de la première et la troisième classe aiment les fromages A et B (60 à 80 %) qui correspondent au fromage frais nature et au fromage à 0.25 % de poudre, respectivement ; tandis que ceux de la classe 2 préfèrent les fromages C et D (20 à 40%) caractérisés par un ajout de 0.50 et 0,75 % de poudre de romarin, respectivement.

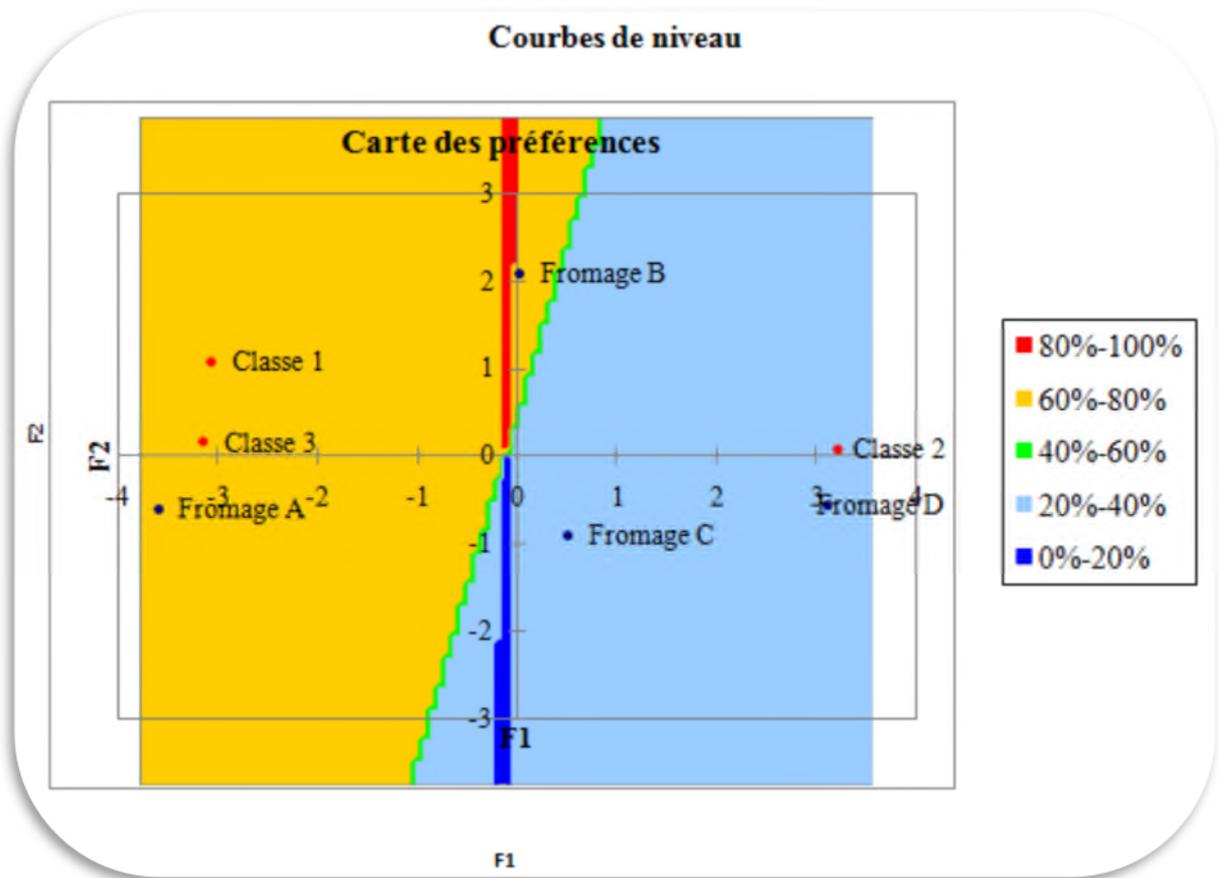


Figure N°13: La cartographie des préférences.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion

L'objectif de cette étude a consisté en un enrichissement d'un fromage frais en poudre de romarin et un suivi de son effet sur la flore lactique et quelques paramètres physico-chimiques ; une analyse sensorielle a, ensuite, été effectuée.

Les résultats obtenus, nous ont permis de conclure que :

- ✚ Les fromages enrichis en poudre de romarin renferment des quantités en polyphénols plus importantes que le fromage témoin ;

- ✚ L'évaluation de l'effet antioxydant des échantillons de fromage, par le test DPPH', a confirmé que les fromages-romarin possèdent une propriété plus puissante que le fromage témoin ;

- ✚ L'ajout du romarin dans le fromage a pu modifier le pourcentage d'acide lactique, tandis que les teneurs en matières grasses des différents échantillons de fromage restent pratiquement constants tout au long de la durée de conservation.

- ✚ Les résultats obtenus du suivi des Lactobacilles et Lactocoques ont révélé que les échantillons de fromage en renferment des charges élevées aux premiers jours ; une charge bactérienne qui diminue progressivement lors de la conservation jusqu'à atteindre des valeurs faibles à J+24.

L'augmentation des concentrations des fromages en poudre du romarin, a entraîné une légère diminution de la flore lactique où le taux ne dépasse pas 10^6 UFC/g à partir du J+13.

- ✚ Quant aux résultats de l'analyse sensorielle, il s'est avéré que le fromage nature (témoin) et le fromage à 0.25 % de poudre sont les plus appréciés.

A la suite de ces résultats, il serait donc intéressant d'effectuer un suivi du taux des protéines. L'incorporation des huiles essentielles du romarin dans le fromage peut être envisagée ; il serait également important de pouvoir caractériser les fromages durant leur conservation et pouvoir identifier les composés phénoliques responsables de l'activité antioxydante.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

(A)

- **Abi Azar Rania. (2007).** Complexation des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier Propriétés technologiques des coagulums obtenus. These de Doctorat. Agroparistech école doctorale abies. 152p.
- **Achemchem Fouad. (2014).** Bactériocines de bactéries lactiques de lait et de fromage de chèvre. Presses Académiques Francophones. 316p
- **Aissaoui Zitoun Ouarda ép. Hamama. (2014).** Fabrication caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Bouhezza ». thèse de doctorat en sciences spécialité Sciences Alimentaires. Université Constantine 1. Algérie 174p.
- **Apostolidis, E, Y.-I. Kwon, K. Shetty. (2007).** Inhibitory potential of herb, fruit, and fungal-enriched cheese against key enzymes linked to type 2 diabetes and hypertension. N°1, pp 46-54. Disponible sur www.sciencedirect.com .

(B)

- **Bahorun, T. (1997)** Substances naturelles actives: la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. *Food and agricultural resarch council, Réduit, Mauritus*. P 83-94.
- **Baliarda Aurélie. (2003).** Evaluation de la réponse au stress chez les BL appartenant aux genres *Pediococcus* et *Tetragencoccus* approches physiologiques et génétiques. Thèse de doctorat de Sciences des Aliments et Nutrition. Université Bordeaux 1, France, 186p.
- **Borras-Linares Isabel, Almudena Perez-Sanchez, JesusLozano-Sanchez, Enrique Barrajon-Catalan, David Arraez-Roman, Alejandro Cifuentes, Vicente Micol, Antonio Segura Carretero. (2015).** A bioguided identification of the active compounds that contribute to the antiproliferative/cytotoxic effects of rosemary extract on coloncancer cells. *Food and Chemical Toxicology*. 80 N°, p215–222.
- **Bousbia Nabil. (2011).** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Université d'Avignon. France. 127p

- **Bucic-kojic A, Planinie M, Tomas S, Billie C et Vellie D, (2007).** Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. *Journal of Food Engineering*, 81, p 236-242.

(C)

- **Chaabi Mehdi, (2008).** Etude phytochimique et biologique d'espèces végétales africaines : *euphorbia stenoclada* baill. (euphorbiaceae), *anogeissus leiocarpus* guill. & perr. (combretaceae), *limoniastrum feei* (girard) batt. (plumbaginaceae). Thèse de doctorat. Sciences pharmaceutiques. Pharmacognosie: Université Strasbourg 1. France.

(D)

- **David V et Forte R. (1998).** Guide nationale des bonnes pratiques en production fromagères fermiers. 2 éd. Institut de l'élevage. Paris. 135p.
- **Desmazeaud Michel, (1983).** L'état des connaissances en matière de nutrition des bactéries lactiques. Vol 63, p276.
- **Drouault Sophie, Corthier Gérard. (2011).** Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. *Veterinary Research, BioMed Central*, pp.101-117.

(E)

- **El Kamli Taha, Faouzi Errachidi, Nouredine Eloutassi, Houmane Majid, Rachida Chabir, Abdellatif Bour. (2017).** Edition European Scientific Journal. Vol.13, No.21, p 180.
- **Everitt B.S, Landau S, Leese M. (2001).** Cluster analysis, 4ème éd. Arnold, London, p. 35- 42.

(F)

- **Fadili Kamal, Smail Amalich, Soro K. N'dedianhoua, Mohammed Bouachrine, Malika Mahjoubi, Fatima El hilali, and Touria Zair. (2015).** Teneurs en polyphénols et évaluation de l'activité antioxydante des extraits de deux espèces du Haut Atlas du Maroc: *Rosmarinus Officinalis* et *Thymus Satureioides*. Vol. 17 No. pp. 24-33.
- **Federichi Michel. (2005).** Bactériologie Alimentaire. Compendium d'hygiène des aliments. 2^e édition. Ed.Economica, 292p.

(G)

- **Gausсен H., Deuroy J. F. et Ozenda P. (1982).** Précis de botanique végétaux supérieurs. Edition : Masson. Pp 215-408.
- **Genena Aziza Kamal, HaikoHense, ArturSmânia Junior, Simone Machado de Souza.(2008)** Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) a study of the composition, antioxidant and antimicrobial activities of extracts obtained with supercritical carbon dioxide. *Tecnol Aliment, Campinas, N°28 (2)*, p 463-469.
- **Gonzalez-Trujano M.E , E.I. Pena, A.L. Martinez, J. Moreno, P. Guevara-Fefer , M. Deciga-Campos, F.J. Lopez-Munoz, (2007).** Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents. *Edition Journal of Ethnopharmacology*. P 476-482.

(H)

- **Harbutt Juliet. (2010).** Le grand livre des fromages. Éditions Milan. Toulouse: 352p.
- **Hermier. J, Lenoir. J & Weber. F. (1992).** Les groupes microbiens d'intérêt laitier. Edition CEPIL, Paris. P6.
- **Husson F., Pasgès J. (2009).** Senso Miner dans Evaluation sensorielle – Manuel méthodologique, 3ème éd. Lavoisier, vol. 23, p16.

(J)

- **Jeantet Romain, Thomas Croguennec, Pierre Schuck, Gérard Brulé. (2007).** Science des aliments. Technologie des produits alimentaires. Editions TEC & DOC Volume 2. 453p.
- **JOLLIFFE I.T. (2002).** Principal Component Analysis, 2ème éd. Springer, New York, . 13-18.

(K)

- **Kablan B. J., Adiko M. et Abrogoua (2008).** Evaluation *in vitro* de l'activité antimicrobienne de *Kalanchoecrenata* et de *Manoteslongi flora* utilisées dans les ophtalmies en Côte d'Ivoire. *Phytothérapie*, N° 6, pp 282–288
- **Kasparaviciene Giedrė, Kristina Ramanauskienė, ArūnasSavickas, SaulėVelžienė, ZenonaKalvėnienė, DaivaKazlauskienė, OnaRagažinskienė, Kostas Ivanauskas. (2013).** Evaluation of total phenolic content and antioxidant

activity of different *Rosmarinus officinalis*L. ethanolic extracts. *Biologija*. Vol. 59. N° 1. P39–44.

(L)

- **Laurent Sutra , Michel Federichi, Jean-Louis Jouve. (1998).** Manuel de bactériologie alimentaire, Polytechnica. PP235
- **Luquet F, (1990).** Laits et produits laitiers vache brebis chèvre : les produits laitiers transformation et technologies. Ed 2 tec & doc-Lavoisier.100p.
- **Luquet François-Marie, Corrieu Georges. (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques, Collection Science & Technique Agro-alimentaire, Editions Tec & Doc. PP 3-7

(M)

- **Mami Anas. (2013).** Recherche des bactéries lactiques productrices des bactériocines à large spectre d'action vis-à-vis des germes impliqués dans les toxi-infections alimentaires en Algérie. Thèse de doctorat de Microbiologie Appliquée. Université d'Oran. Algérie. 161p.
- **Mayo B., Aleksandrak - piekarczyk T., Fernandez M., Kowalczyk M., Alvarez - Martin P. et Bardowski J.** Updates in the Metabolism of Lactic Acid Bacteria. Blackwell Publishing.(2010). Chapitre 1.Disponible en ligne sur <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9780813820866.ch1>.
- **Mission Scientifique de Syndifrais. (1997).** Yaourts, laits fermentés. Le Lait, INRA Editions, pp.321-358.

(O)

- **Ouraini D, A. Agoumi , M. Ismaili-Alaoui , K. Alaoui , Y. Cherrah , M. Amrani , M.-A. Belabbas. (2005).** Étude de l'activité des huiles essentielles de plantes aromatiques à propriétés antifongiques sur les différentes étapes du développement des dermatophytes. pp 147-157.

(Q)

- **Québec Amérique, (2008).** La mini-encyclopédie des aliments. Edition illustrée. p552.

(R)

- **Ray B. (1996).** Probiotics of lactic acid bacteria: science or myth .In: Bozoglu TF et Ray B. (Eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany, p 101-136.
- **Ribeiro-Santos Regiane, Denise Carvalho-Costa, Carlos Cavaleiro, Helena S. Costa, Tania Gonçalves Albuquerque, Maria Conceição Castilho, Fernando Ramos, Nathalia Melo, Ana Sanches-Silva.(2015)** A novel insight on an ancient aromatic plant: The rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Trends in Food Science & Technology* 45, p355-368.
- **Ribéreau-Gayon P. (1998).** Les composés phénoliques des végétaux. *Edition Dunod, Paris, 254p.*
- **Richonnet Céline. (2015)** Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus. Edition Elsevier Masson., p 9.

(S)

- **Sahraoui Yasmine et Sadoun Djamila. (2015)** Essai de mise au point d'un fromage frais au lait de chèvre. Editions Universitaires Européennes. 264p
- **SAVADOGO Aly et Alfred S. TRAORE. (2011).** La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. Editions Int. J. Biol. Chem. Sci. 2057-2075. Disponible sur <http://ajol.info/index.php/ijbcs>.

(W)

- **Wichtl M et Anton R. (2003).** Plantes thérapeutiques : tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. 2^{ème} édition, édition TEC et DOC. Pp523-524-525

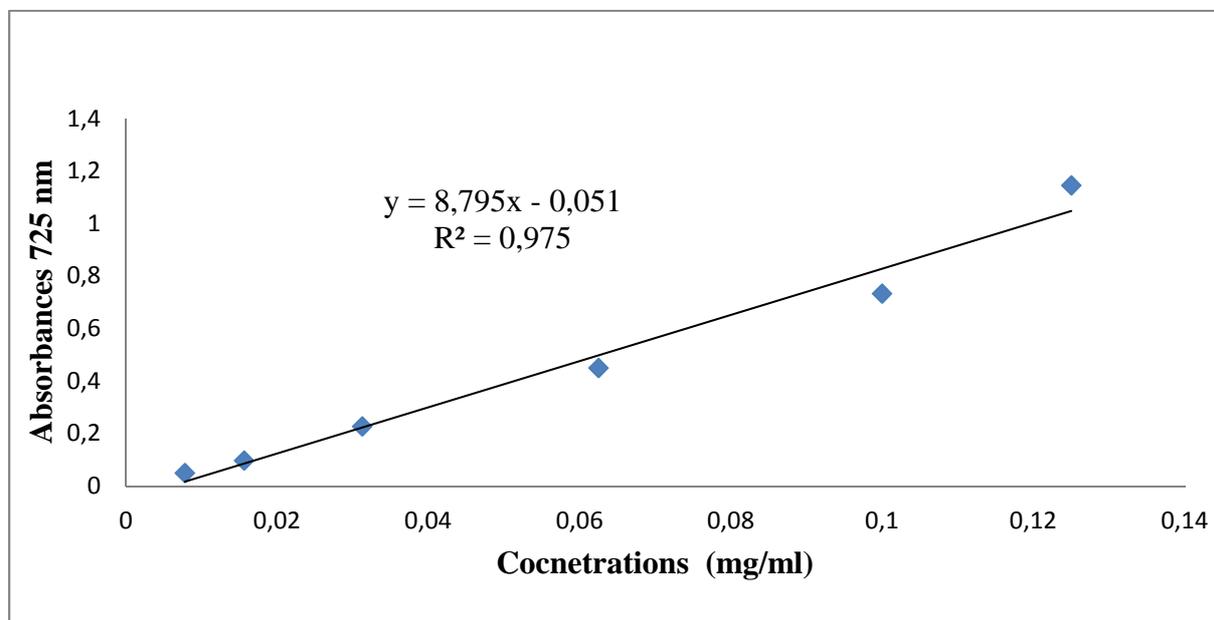
(Z)

- **Zainoldin, K.H., Baba, A.S. (2009).** The Effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on Physicochemical, Proteolysis, and Antioxidant Activity in Yogurt. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering* Vol: 3, N°12, p 585-590.

ANNEXES

Annexe I

Courbe d'étalonnage de l'acide gallique



Annexe II : Résultats des analyses statistiques

Comparaisons deux à deux de Tukey.

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

| PPT | | | | Test DDPH | | | |
|-------------|---|---------|------------|-------------|---|---------|------------|
| J+1 | | | | J+1 | | | |
| C1 | N | Moyenne | Groupement | C1 | N | Moyenne | Groupement |
| fromage D | 3 | 64,064 | A | fromage B | 3 | 31,36 | A |
| fromage B | 3 | 63,439 | A | fromage D | 3 | 30,885 | A |
| fromage C | 3 | 63,27 | A | fromage C | 3 | 30,60 | A |
| fromage A | 3 | 62,81 | A | fromage A | 3 | 27,50 | A |
| J+5 | | | | J+5 | | | |
| C1 | N | Moyenne | Groupement | C1 | N | Moyenne | Groupement |
| fromage D | 3 | 131,197 | A | fromage D | 3 | 44,915 | A |
| fromage C | 3 | 127,45 | A | fromage C | 3 | 43,69 | A |
| fromage B | 3 | 120,738 | B | fromage B | 3 | 39,831 | A |
| fromage A | 3 | 68,78 | C | fromage A | 3 | 30,60 | B |
| J+10 | | | | J+10 | | | |
| C1 | N | Moyenne | Groupement | C1 | N | Moyenne | Groupement |
| fromage D | 3 | 143,135 | A | fromage D | 3 | 48,403 | A |
| fromage C | 3 | 135,063 | B | fromage C | 3 | 46,11 | A |
| fromage B | 3 | 129,265 | B | fromage B | 3 | 42,61 | A |
| fromage A | 3 | 68,78 | C | fromage A | 3 | 30,54 | B |
| J+14 | | | | J+14 | | | |
| C1 | N | Moyenne | Groupement | C1 | N | Moyenne | Groupement |
| fromage D | 3 | 158,03 | A | fromage D | 3 | 52,663 | A |
| fromage C | 3 | 142,34 | B | fromage C | 3 | 47,77 | A B |
| fromage B | 3 | 137,68 | B | fromage B | 3 | 43,213 | B |
| fromage A | 3 | 69,35 | C | fromage A | 3 | 30,33 | C |
| J+18 | | | | J+18 | | | |
| C1 | N | Moyenne | Groupement | C1 | N | Moyenne | Groupement |
| fromage D | 3 | 186,68 | A | fromage D | 3 | 63,49 | A |
| fromage C | 3 | 165,077 | B | fromage C | 3 | 53,5223 | B |
| fromage B | 3 | 154,617 | C | fromage B | 3 | 50,172 | B |
| fromage A | 3 | 65,94 | D | fromage A | 3 | 30,670 | C |
| J+24 | | | | J+24 | | | |
| C1 | N | Moyenne | Groupement | C1 | N | Moyenne | Groupement |
| fromage D | 3 | 177,014 | A | fromage D | 3 | 56,186 | A |
| fromage C | 3 | 156,32 | B | fromage C | 3 | 51,890 | A |
| fromage B | 3 | 137,34 | C | fromage B | 3 | 47,766 | A |
| fromage A | 3 | 66,74 | D | fromage A | 3 | 30,41 | B |

Annexe III

Questionnaire d'analyse sensorielle

Sexe :

Date & heure :

Age :

 Consommez-vous le fromage ? : Oui Non
Fréquence : Très souvent Souvent Rarement Jamais

Quatre échantillons de fromage frais enrichis en Romarin, codés A, B, C et D vous sont présentés. Il vous est demandé d'évaluer différentes caractéristiques et attribuer une appréciation selon des codes donnés de 1 à 5.

NB : Veuillez rincer la bouche à chaque dégustation d'un échantillon.

1) La couleur :

1. Blanche
2. Beige
3. Jaune-verdâtre
4. Vert clair
5. Bleu-vert

| Fromage A | Fromage B | Fromage C | Fromage D |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | |

2) L'odeur :

1. Absente
2. Faible
3. Moyenne
4. Forte
5. Très forte

| Fromage A | Fromage B | Fromage C | Fromage D |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | |

3) Le gout acide :

1. Absent
2. Faible
3. Moyen
4. Fort
5. Très fort

| Fromage A | Fromage B | Fromage C | Fromage D |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | |

4) L'arome :

1. Absent
2. Faible
3. Moyen
4. Fort
5. Très fort

| Fromage A | Fromage B | Fromage C | Fromage D |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | |

5) Caractérisation de l'arome : (déterminer l'herbe utilisée et choisir une seule réponse pour chaque échantillon)

1. Non déterminer
2. Menthe
3. Romarin
4. Ail
5. Persil

| Fromage A | Fromage B | Fromage C | Fromage D |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | |

6) Amertume :

1. Absente
2. Faible
3. Moyenne
4. Forte
5. Très forte

| Fromage A | Fromage B | Fromage C | Fromage D |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | |

7) Arrière gout :

1. Absent
2. Faible
3. Moyen
4. Fort
5. Très fort

| Fromage A | Fromage B | Fromage C | Fromage D |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | |

8) Texture en bouche :

1. Absent
2. Faible
3. Moyen
4. Fort
5. Très fort

| Fromage A | Fromage B | Fromage C | Fromage D |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | |

6) Attribuer une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence, sachant que 1 correspond le moins préféré et 9 au plus préféré comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

1 : Extrêmement désagréable

2 : Très désagréable

3 : Assez désagréable

4 : Désagréable

5 : Ni agréable ni désagréable

6 : Assez Agréable

7 : Agréable

8 : Très agréable

9 : Extrêmement agréable

| Fromage A | Fromage B | Fromage C | Fromage D |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | |

Observation :

Merci pour votre participation

Résumé

Ce travail vise à l'incorporation des feuilles de *Rosmarinus officinalis* dans un fromage frais (à 0, 0.25, 0.5 et 0.75%) ainsi que l'étude de leur effet sur la flore lactique et quelques paramètres physicochimiques et sensoriels. Pour des fins comparatives sont quantifiés les polyphénols totaux des différents fromages ; il s'est avéré que les fromages enrichis en renferment des quantités plus importantes que le fromage nature. L'activité antioxydante des échantillons de fromage a été testée par la méthode de piégeage du radical DPPH ; les résultats ont prouvé que les fromages-romarin possèdent une propriété plus puissante. Une corrélation entre la teneur de ces fromages en polyphénols totaux et l'activité antioxydante est fortement significative. Les pourcentages de l'acide lactique des fromages enrichis ont été modifiés, tandis que les teneurs en matières grasses restent relativement stables tout au long de la durée de conservation. Les observations enregistrées du suivi de la flore lactique démontrent que les échantillons de fromage en renferment des charges élevées aux premiers jours qui diminuent progressivement lors de la conservation à 6°C. Néanmoins, l'augmentation des concentrations en poudre de romarin entraîne une légère diminution du nombre bactérien où on a constaté une faible dose à partir du J+13.

L'analyse sensorielle montre que les échantillons ont été perçus par les dégustateurs comme assez différents.

Mots clés : *Rosmarinus officinalis*, fromage frais, polyphénols totaux, DPPH, flore lactique, analyses sensorielles.

Abstract

This work aims at the incorporation of *Rosmarinus officinalis* leaves into a fresh cheese (at 0, 0.25, 0.5 and 0.75%) as well as the study of their effect on the lactic flora and some physicochemical and sensory parameters. For comparative purposes the total polyphenols of the various cheeses are quantified; it turned out that fortified cheeses contain larger quantities than natural cheese. The antioxidant activity of the cheese samples was tested by the DPPH radical scavenging method; the results showed that rosemary-cheeses have a more powerful property. A correlation between the total polyphenol content of these cheeses and the antioxidant activity is highly significant. The percentages of lactic acid in enriched cheeses have been modified, while the fat contents remain relatively stable throughout the shelf life. The recorded observations of lactic flora monitoring show that cheese samples contain high loads in the first few days which gradually decrease when stored at 6 ° C. Nevertheless, the increase in rosemary powder concentrations leads to a slight decrease in the bacterial number where a low dose was observed from D + 13.

The sensory analysis shows that the samples were perceived by the tasters as quite different.

Key words: *Rosmarinus officinalis*, fresh cheese, total polyphenols, DPPH, lactic flora, sensory analyzes.