

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A. MIRA – BEJAIA  
Faculté de Technologie  
Département de Génie des Procédés



Mémoire de fin de cycle  
En vue de l'obtention du diplôme  
**MASTER**  
**EN GENIE ALIMENRTAIRE**

Thème

**Essai d'élaboration d'un yaourt enrichi au clou de girofle**  
**(*Syzygium aromaticum*)**

**Présenté par :**

**BOUSBISSI Yasmine et IKHLEF Hanane**

Soutenu le : 04 octobre 2021

Devant le jury composé de :

M<sup>me</sup> BOUARICHE.Z

MAA

Présidente

M<sup>me</sup> BELKHIRI.W

MCB

Promotrice

M<sup>lle</sup> TAKKA.M

Doctorante

Co promotrice

M<sup>me</sup> BEY.Z

MAA

Examinatrice

**Année universitaire : 2020/2021**

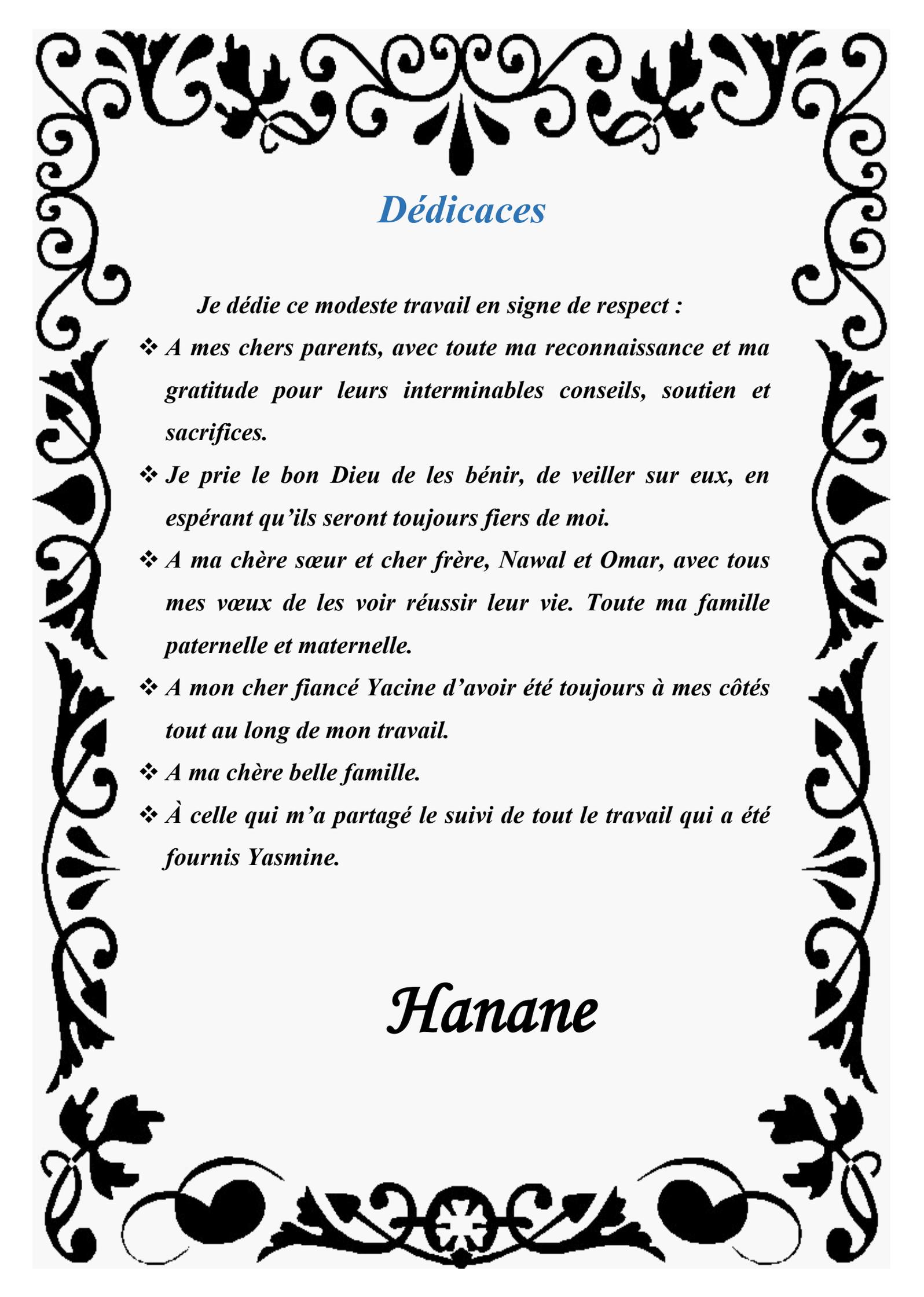
A decorative border with intricate black floral and scrollwork patterns surrounds the text. The border is composed of repeating motifs of leaves, scrolls, and stylized flowers, creating a frame for the central content.

## *Remerciement*

*Tout travail de recherche n'est jamais totalement l'œuvre d'une seule personne, car il met en jeu la participation et l'aide de plusieurs personnes et organismes. Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et sincère reconnaissance ainsi que nos vifs remerciements :*

- ❖ A dieu tout puissant pour nous avoir donné la force et la patience pour mener ce travail jusqu'au bout.*
  - ❖ A notre promotrice Mme BELKHIRI Wassila pour son aide et surtout ses corrections du manuscrit, et ses critiques judicieuse, On la remercie pour son soutien moral, pour sa disponibilité sa patience lors de la réalisation de ce mémoire. On a trouvé auprès d'elle compétence, rigueur, générosité et sympathie*
  - ❖ A notre co-promotrice Mlle TAKKA Mélissa pour sa présence, ses conseils et son suivie pour l'accomplissement de notre travail.*
- Nous témoignons notre reconnaissance à nos familles qui nous ont soutenues tout au long de ces années d'étude.*
- Finalement, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Yasmine et Hanane*

A decorative border with intricate black floral and scrollwork patterns surrounds the text. The border is symmetrical and features various motifs like leaves, scrolls, and circular designs.

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect :*

- ❖ *A mes chers parents, avec toute ma reconnaissance et ma gratitude pour leurs interminables conseils, soutien et sacrifices.*
- ❖ *Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.*
- ❖ *A ma chère sœur et cher frère, Nawal et Omar, avec tous mes vœux de les voir réussir leur vie. Toute ma famille paternelle et maternelle.*
- ❖ *A mon cher fiancé Yacine d'avoir été toujours à mes côtés tout au long de mon travail.*
- ❖ *A ma chère belle famille.*
- ❖ *À celle qui m'a partagé le suivi de tout le travail qui a été fournis Yasmine.*

*Hanane*

A decorative border with intricate black floral and scrollwork patterns surrounds the text. The border is symmetrical and features various motifs like leaves, scrolls, and circular designs.

## *Dédicaces*

*Je dédié ce mémoire à :*

*Ma mère et mon père qui m'ont indiqué la bonne voie en me rappelant que le secret de la réussite est la présence et que la volonté fait les grands hommes et femmes.*

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mes profonds sentiments envers eux pour leur patience illimitée, leur encouragement continu, leur aide, tous les sacrifices consentis et leurs précieux conseils et pour toute leur assistance et leur présence dans ma vie.*

*Mes chers frère Kouceila et Tarek avec tous mes vœux de les voir réussir leur vie.*

*Ma collègue hanane sa famille et à mes chères cousine Ferial, Sara, Ikram, Dylia*

*Toute ma famille et à toute personne que j'estime.*

*Yasmine*

**Liste des abréviations**

**°C:** Degrés Celsius

**°D:** Degrés Doric

**ACP:** Analyse en Composant Principales

**ADN:** Acide Désoxyribo Nucléique

**A.G:** Acide Gras

**B.P:** Baird Parker

**CAH:** Classification Ascendante Hiérarchique

**DPPH:** 2,2-diphényl-1-pyridohydrazino

**EAG:** Equivalent Acide Gallique

**E.P.T:** Eau Peptonnée Tamponnée

**HCV:** Hepatitis C virus

**H.E:** huile essentielle

**J.C:**Jésus Christ

**JORA:** Journal Officiel de la République Algérienne

**M.S:** Matière Sèche

**nm :**nanomètre

**pH:**potentiel hydrogène

**PP.T:**Teneurs en Polyphénols

**PREFMAP:**cartographie des préférences

**S. aromaticum:**Syzygiumaromaticum

**S.S:** Salmonella Shigella

**T.G:**Triglycérides

**TPC:** activité antioxydante des extraits phénolique

**UHT :** ultra haute température

**VRBG:**Violet Red Bile Glucose Agar

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : photo représentative de l'arbre de clou de girofle.....	02
<b>Figure 2</b> : Allure d'un giroflier de Madagascar .....	03
<b>Figure 3</b> : feuilles jeunes de couleur rose et feuilles matures de couleur verte du giroflier ....	04
<b>Figure 4</b> : Branche de giroflier portant les clous en inflorescence terminale .....	04
<b>Figure 5</b> : Boutons floraux et fleurs de giroflier .....	05
<b>Figure 6</b> : Diagramme présentant la technologie du yaourt.....	13
<b>Figure 7</b> : Photo représentative de clou de girofle et de poudre du Clou de girofle .....	14
<b>Figure 8</b> : Diagramme de fabrication de yaourt enrichi au clou de girofle (poudre et clou).....	17
<b>Figure 9</b> : Photo représentative de la mesure de l'acidité.....	19
<b>Figure 10</b> : Photo représentative de l'extrait sec .....	19
<b>Figure 11</b> : Photo représentative du taux de brix.....	20
<b>Figure 12</b> : photo représentative de la matière grasse.....	21
<b>Figure 13</b> : photo représentative du lieu de la dégustation .....	23
<b>Figure 14</b> : teneur en composés phénolique de l'extrait et de clou de girofle en TPC .....	24
<b>Figure 15</b> : pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait au clou de girofle .....	25
<b>Figure 16</b> : pouvoir discriminant par descripteur .....	28
<b>Figure 17</b> : coefficient du modèle du yaourt A, B et C.....	30
<b>Figure 18</b> : Corrélations entre les variables et les facteurs .....	32
<b>Figure 19</b> : Profil des différentes classes créées .....	33
<b>Figure 20</b> : Courbes de niveau et carte des préférences.....	35

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Composantes de l'huile essentielle de clou de girofle.....	05
<b>Tableau 2</b> : Composition physico-chimique de différents types de yaourt .....	10
<b>Tableau 3</b> : Composition des différents yaourts élaboré .....	16
<b>Tableau 4</b> : les analyses microbiologiques effectuées sur le yaourt élaboré .....	22
<b>Tableau 5</b> : Résultats des analyses physico-chimiques .....	26
<b>Tableau 6</b> : Résultats des analyses microbiologiques sur le yaourt élaboré.....	27
<b>Tableau 7</b> : Moyennes ajustées par produit .....	31
<b>Tableau 8</b> : Pourcentage de satisfaction des juges pour chaque échantillon .....	34

## Sommaire

### Liste des abréviations

### Liste des figures

### Liste des tableaux

Introduction .....	01
--------------------	----

## Partie bibliographique

### 1. clou de girofle

1.1.Historique .....	02
1.2.Origine du nom.....	02
1.3.Description botanique.....	03
1.4.Composition chimique.....	05
1.5. Usage et effet thérapeutique .....	06
1.5.1. Activité anti-infectieuse.....	06
1.5.1.1. Activité antibactérienne .....	06
1.5.1.2. Activité antifongique .....	06
1.5.1.3. Activité antivirale .....	07
1.5.2. Activité anti-oxydante .....	07
1.5.2.1. Activité antidiabétique.....	07
1.5.2.2. Activité anticancérogène .....	07
1.5.2.3. Activité anti-lipidique.....	07
1.6. Usages alimentaires .....	08
1.6.1. Conservation des aliments .....	08
1.6.2. Assaisonnement .....	08

### 2. Yaourt

2.1. Définition et réglementation.....	09
2.2. Différents types du yaourt .....	09
2.3. Composition physico-chimique du yaourt.....	10
2.4. Technologie du yaourt .....	10

2.5.Intérêt nutritionnel et effet thérapeutique .....	11
2.5.1.Intérêt nutritionnel .....	11
2.5.1.1.Effet thérapeutique .....	11

## **Partie pratique**

### **3. Matériel et méthodes**

3.1.Préparation de la poudre .....	14
3.2.Extraction des composés phénoliques .....	14
3.3.Tests phytochimiques .....	14
3.3.1.Composés phénolique totaux.....	14
3.3.2.Activité anti-radicalaire .....	15
3.4.Formulation du yaourt .....	16
3.4.1.Procédé de fabrication .....	16
3.5.Analyse physico-chimiques.....	17
3.5.1.pH .....	18
3.5.2.Mesure de l'acidité .....	18
3.5.3.Extrait sec totale .....	19
3.5.3.Brix .....	19
3.5.4.La matière grasse .....	20
3.6.Analyses microbilogique .....	21
3.6.2.Préparation de la solution mère .....	21
3.6.2.Préparation des dilutions .....	21
3.7.Analyses sensorielle .....	22
3.8.Analyses statistique .....	23

### **4. Résultats et discussions**

4.1.Tests phytochimiques .....	24
4.1.1.Polyphénols totaux .....	24
4.1.2.Activité anti-radical DPPH.....	24
4.2.Analyses physico-chimique.....	25
4.3.Analyses microbiologique .....	26
4.4.Analyses sensorielle .....	27

---

4.4.1.Caractérisation des produits .....	27
4.4.1.1.Pouvoir discriminant par descripteur.....	28
4.4.1.2.Coefficients des modèles .....	28
4.4.1.3.Moyennes ajustée par produit.....	30
4.4.2.Cartographie de préférence.....	31
4.4.2.1.Analyse en composantes principales .....	31
4.4.2.2.Classification ascendante hiérarchique.....	32
4.4.2.3.Cartographie externe de préférence .....	33
Conclusion.....	36
Références bibliographiques	

# *Introduction*

## Introduction

Le lait est une denrée alimentaire hautement nutritive et qui occupe une place dominante dans l'alimentation humaine, en raison de sa composition équilibrée en nutriments de base (glucides, protéines et lipides) et sa richesse en certaines vitamines et en éléments minéraux notamment le calcium (Latham, 2001).

Le lait se dégrade facilement car il constitue un milieu propice aux proliférations microbiennes c'est pourquoi nos ancêtres le transformaient en un produits fermenté. Actuellement les industries agroalimentaires transforment le lait en divers produits laitiers fermentés tel le yaourt (Hassainya *et al.*, 2007).

Le yaourt est un produit très consommé pour ses valeurs nutritionnelles, et thérapeutique. Le yaourt ou yoghourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action principale de bactéries lactiques *Lactobacillus delbrueckii* sub sp *bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* à partir du lait frais ou du lait pasteurisé (concentré, partiellement écrémé ou enrichi en extrait sec) avec ou sans addition (de lait en poudre, poudre de lait écrémé, etc.) (Bourlioux *et al.*, 2011).

Depuis des décennies Le clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) est utilisé pour ses vertus culinaires et médicinales. Depuis d'autres propriétés lui ont été découvertes comme par exemple un effet antibactérien, antioxydant, et des propriétés neuroprotectrices (Dashti-R. *et al.*, 2009).

L'objectifs du présent travail, consiste particulièrement à l'incorporation de poudre et clou de girofle dans le yaourt afin d'augmenter les bienfaits de ce dernier. Le produit élaboré sera considéré comme un produit nouveau riche en molécules fonctionnelles. Pour ce faire trois parties ont été réalisées :

- Partie bibliographique, consacrée principalement sur des généralités du clou de girofle et du yaourt.
- Partie expérimentale comprend, matériels et méthodes, consistant à analyser les paramètres physico-chimiques et microbiologiques du produit élaboré. Une analyse sensorielle a éventuellement été réalisée afin de déterminer la préférence entre un yaourt enrichi au clou et un autre à la poudre de clou en comparaison à un yaourt témoin.
- Partie résultats et discussion, comprend la représentation de l'ensemble des résultats obtenus (analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles).

*Partie*  
*Bibliographique*

*1. clou de girofle*

## 1.1. Historique

C'est une plante originaire des îles de l'archipel des Moluques, connue en Chine avant Jésus Christ et en Europe vers la fin du 15<sup>ème</sup> siècle (Cabanis L et al., 1970 ; Grisvard P et al., 1964 ; Maistre J., 1964) Des livres chinois datant des années 226 à 220 avant J-C font mention de l'obligation pour les fonctionnaires de la cour de mettre des clous de girofle dans la bouche afin de parfumer leur haleine. Plus tard, c'était Pline qui lui a donné le nom de Caryophyllum à cause de sa ressemblance au grain de poivre, mais plus allongé, et plus cassant. L'origine du girofler a été liée à la découverte des Moluques par les Portugais au début du 16<sup>ème</sup> siècle.

En 1770, sur l'ordre de Monsieur Poivre, intendant des Mascareignes, le navigateur Prévost ramena en France des plantes de girofler et de muscadier à l'île de France (Maurice) et à l'île Bourbon (La Réunion). (Cabanis L et al., 1970 ; Treaseg E et al., 1983). Cette plante a été introduite à Madagascar en 1827, à Sainte-Marie et sa première plantation sur la grande île a été en 1900 à SoanieranaIvongo (Maistre J ; 1964). La figure 1 représente l'arbre de clou de girofle.



**Figure1** : Photo représentative de l'arbre de clou de girofle (anonyme1)

## 1.2. Origine du nom

- **Non commun** : Girofler.
- **Nom du fruit** : clou de girofle.
- **Nom scientifique** : *Syzygium aromaticum* (L.).
- **Origine** : Indonésie.Magascar.
- **Ordre**: Myrtales.

- **Famille:** Myrtaceae – Myrtracées.
- **Sous-famille :** Myrtoideae.
- **Genre:** Syzygium Gaerth. 6 espèces dans le genre Syzygium.

### 1.3. Description botanique

C'est un grand arbre fruitier, élancé, de forme conique, d'une hauteur moyenne de 10 à 12 mètres, qui peut atteindre jusqu'à 20 mètres de haut, à port pyramidal et au tronc gris clair ridé (figure 2) (Barbelet S., 2015). Il ressemble souvent à un arbuste car il est régulièrement taillé pour faciliter la cueillette (figure 2).



**Figure 2 :** Allure d'un giroflier de Madagascar (Barbelet S, 2015).

Ces feuilles, de 8 à 10 cm de long, sont coriaces, persistantes, opposées, pétiolées, ovales, aux limbes lancéolés, à la face supérieure vert rougeâtre et à la face inférieure vert sombre, légèrement ponctué. Elles sont aromatiques et dégagent une forte odeur de clou de girofle au froissement. Le pétiole portant le limbe mesure entre 0,5 et 1 cm de long. Les nervures sont nombreuses et la marge de la feuille est lisse. A l'état adulte, les feuilles sont vert foncé luisant, mais lorsqu'elles se développent elles sont de couleur rose et comme saupoudrées d'or (figure 3). (Barbelet S, 2015)



**Figure 3 :** feuilles jeunes de couleur rose et feuilles matures de couleur verte du giroflier (Barbelet S, 2015).

L'inflorescence comprend de petites cymes (4–5cm) compactes et ramifiées, regroupées en panicules de trois à cinq petites fleurs parfumées, au calice tubulaire blanc cassé, puis rouge (quatre Sépales rouges charnus et persistants) et à la corolle blanc rosé (quatre dialypétales blancs) (Figure 4) (Barbelet S, 2015).



**Figure4:** Branche de giroflier portant les clous en inflorescence terminale (Barbelet S., 2015)

Quant aux « griffes de girofles », moins estimées, ce sont en fait les pédicelles floraux. Ils sont nommés « griffes » car ces pédicelles se terminent par une série de petites bractées en forme de griffe (figure 5) (Barbelet S., 2015).



**Figure 5:** Boutons floraux et fleurs de giroflier (Barbelet S., 2015)

#### 1.4. Composition chimique

Le clou de girofle est riche en substances bioactive telle que :

- ✓ L'Huile essentielle (20%):huile essentielle contenant d'eugénol (85à 95% de l'huile de clou de girofle), acétate d'eugénol (5 à 10 %), alpha- et bétacaryophyllène (5 à 12%) et un dérivé cétonique (Ghedira *et al.*, 2010 ; Paul S *et al.*, 2005).
- ✓ Autres constituants : flavonoïdes (environ 0,4%), tanins (environ 12%), acide phénolique, stérols, triterpène (Max *et al.*, 2003).

Le tableau suivant résume les composantes essentielles contenant dans les H.E de clou de girofle.

**Tableau 1 :** Composantes de l'huile essentielle de clou de girofle.

Composant	Eugénol	Acétate d'eugénol	Béta-caryophyllene	alpha-caryophyllene
Type	Phénol	Ester aromatique	sesquiterpéniques	sesquiterpéniques
Pourcentage	81.67	13..02	3.17	0.4
Formule chimique	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>

## 1.5. Usages et effet thérapeutiques

Traditionnellement le clou de girofle a été utilisé pour traiter les maux de dents, de bouche et de gorge, la mucite buccale et la mauvaise haleine. Topique pour anesthésie local dans les rhumatismes, la myalgie, la sciatique et la circulation des plaies. Par voie orale, les clous de girofles sont utilisés dans le traitement des trouble digestifs : gaz épigastriques (Millenium challenge account., 2000).

Le *S.aromaticum* à Plusieurs propriétés pharmacologiques, notamment : **anti-infectieuse, antioxydants...etc.**

### 1.5.1. Activité anti-infectieuse

L'huile essentielle de clou de girofle est utilisée depuis le début du 20 ème siècle comme un désinfectant, et également connue à l'époque que cette H.E, était un excellent pansement ombilical (non toxique pour le nouveau-né ni pour la mère, et dotée d'un certain pouvoir analgésique) (Valnet J., 1984).

#### 1.5.1.1. Activité antibactérienne

Singh et al. (2009) ont étudié l'effet d'eugénol sur la croissance des bactéries Gram positives (*Bacillus cereus*, *Bacillus. Subtilis*, *Staphylococcus aureus*) et Gram négatives (*Escherichia coli*, *Salmonellatyphi* et *Pseudomonasaeruginosa*) utilisant l'agar bien la méthode de diffusion à 1000ppm, eugénol inhibe la croissance de tous ces bactéries.

#### 1.5.1.2. Activité antifongique

Le giroflier possède des propriétés antifongiques efficaces sur différentes mycoses (cutanées, orales, unguéales) et l'avantage de son extrait (H.E) sur le traitement des mycoses est l'absence de souches de levures, à la différence des traitements à base de fluconazole ou d'amphotéricine (Pinto E et al.2009). Le *Syzygium aromaticum* est un inhibiteur de la prolifération du *Candidaalbicans* (Lairungruang et al., 2014).

### **1.5.1.3. Activité antivirale**

Les propriétés antivirales de l'H.E de clou de girofle sont souvent mentionnées dans les livres d'aromathérapie et ont un effet inhibiteur sur l'*Herpes simplex*, virus qui agit sur ce dernier en perturbant un moment précis du cycle de réplication : sur la fusion des cellules virales, anti-HCV protéase, dans le traitement de l'hépatite virale, inhibition de la synthèse de l'ADN virale (Goetzet *al*, 2010).

### **1.5.2. Activité anti-oxydante**

Les clous de girofle possèdent de nombreuses propriétés bienfaites pour l'organisme. Des études ont constaté que le clou de girofle possédait un fort pouvoir antioxydant (Bi X et al., 2015). Il pourrait donc être utilisé pour prévenir et/ou réduire les maladies chroniques comme les maladies cardio-vasculaires, les cancers et le diabète.

#### **1.5.2.1. Activité antidiabétique**

TuZ et al., (2014) ont observé que les extraits de clou de girofle augmentaient la consommation de glucose par les muscles. Et d'autres recherches ont montré que ces extraits peuvent aider à réduire la glycémie et à prévenir le diabète, d'une part, et d'autre part il a été constaté que le clou de girofle et l'insuline peuvent réguler de manière similaire l'expression de gènes liés au diabète (Prasad *et al*, 2005).

#### **1.5.2.2. Activité anti-cancérogène**

Une étude sur l'eugénol a montré une action protectrice sur la cirrhose du foie, qui prédispose au cancer, en inhibant la prolifération cellulaire et en diminuant le stress oxydatif (Ali S, *et al*, 2014).

#### **1.5.2.3. Activité anti-lipidique**

La prise quotidienne d'H.E. ou d'émulsion contenant de l'H.E. de clou de girofle ou d'une microémulsion d'eugénol a permis dans tous les cas étudiés d'améliorer le taux de triglycérides (TG) et de cholestérol élevé ainsi que des dysfonctions hépatiques. En effet

l'huile essentielle de *S.aromaticum* a un impact protecteur contre les maladies cardiovasculaires et autres complications hépatiques (Al-okbi SY *et al*, 2014).

## **1.6. Usages alimentaires**

### **1.6.1. Conservation des aliments**

Les clous de girofles sont utilisés pour conserver la nourriture, en particulier la viande. L'activité antimicrobienne des plantes provient de leur essence. En effet les huiles essentielles ont un spectre d'action très large puisqu'elles inhibent aussi bien la croissance des bactéries que celles des levures et la prolifération des acariens (Barbelet S., 2015).

### **1.6.2. Assaisonnement**

Le clou de girofle est un ingrédient qui rentre dans la fabrication d'autres épices comme le curry au même titre que pour le colombo des Antilles, et le ras el hanout du Maghreb (Barbelet S., 2015).

## ***2. Yaourt***

## 2.1. Définition et réglementation

Parmi les laits fermentés figure le yaourt qui est parfaitement défini depuis 1975 par le Codex Alimentarius. Cette définition internationale révisée en 2003 spécifie que seuls les laits fermentés contenant les espèces vivantes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (ces deux bactéries constituant la « symbiose yaourt », n'ayant donc subi aucun traitement thermique après la fermentation (Bourlioux *et al.*, 2011).

Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance plus précisément la réglementation française (décret n° 88-1203, 30 décembre 1988) fixe la quantité minimum à 10 millions de bactéries/g (Syndifrais., 1997).

## 2.2. Différents types du yaourt

Il existe une très grande variété de yaourt qui diffère par leur composition chimique, leur technologie de préparation et par les saveurs dans les produits fini (Tamime *et al.*, 1999).

- ✓ **Selon la technologie de préparation** : le yaourt produit peut être ferme et brassé avec soit du lait entier, lait partiellement ou totalement écrémé (Luquet., 1985). Les yaourts fermes sont des yaourts nature, sucrés ou aromatisés avec une texture ferme à surface lisse (Boudier., 1985). Le yaourt brassé présente une texture presque fluide amenée à une consistance crémeuse après coagulation (Alais *et al.*, 1997).
- ✓ **Selon la teneur en matière grasse** : les yaourts sont classés en trois types, le yaourt entier préparé avec du lait contenant au minimum 3% de matière grasse, le yaourt partiellement écrémé préparé avec du lait contenant une teneur en matière grasse entre 0,5% et 3%, et le yaourt écrémé préparé avec du lait contenant au maximum 0,5% de matière grasse (Gosta., 1995).
- ✓ **Selon les ajouts autorisés** : le yaourt peut être sucré suite à l'ajout d'un ou plusieurs sucres, qui sont des hydrates de carbone et/ou des édulcorants, autorisés par la réglementation en vigueur (Codex.Alimentarius., 2007). Des substances aromatisants sont autorisées dans la préparation de yaourt dit aromatisé, qui peut être un yaourt nature non sucré qui, composé uniquement de lait pasteurisé ou de lait stérilisé, homogénéisé et avec des ferments (Shakeel *et al.*, 2012).

- ✓ **Selon leur goût** : il y'a le yaourt nature sans aucune addition, le yaourt sucré, le yaourt aux fruits, au miel, et à la confiture...(Tamime *et al.*, 1999).
- ✓ **Selon la texture** : il y'a le yaourt étuvé ou ferme et qui a une texture ferme à surface lisse (Mohtadji-Lamballais., 1989). Il y'a aussi le yaourt brassé, qui présente une texture presque fluide (Eck., 1975), une consistance crémeuse après coagulation (Alaiset *al.*, 1997). Il y'a aussi le yaourt à boire avec une texture liquide (Fredot, 2005).

### 2.3. Composition physico-chimique du yaourt

Les yaourts possèdent des qualités nutritionnelles reconnues. Ils sont riches en calcium, en vitamine D et B et en acides aminés indispensables (Laurence et Cohen 2004). Les paramètres physico-chimiques d'un yaourt sont variables d'un yaourt à un autre (Tableau 2).

**Tableau 2** : Composition physico-chimique de différents types de yaourt (Eck, 1975).

<b>Composition</b> <b>Yaourt</b>	<b>Energie</b> <b>(Kcal)</b>	<b>Eau</b> <b>(g/100g)</b>	<b>Protéines</b> <b>(g/100g)</b>	<b>Glucides</b> <b>(g/100g)</b>	<b>Lipides</b> <b>(g/100g)</b>
Yaourt nature au lait entier	70.6	86.5	3.8	5	3.6
Yaourt nature au lait partiellement écrémé	47.7	88.2	4	4.8	1.02
Yaourt nature 0% au lait écrémé	42	88.6	4.4	5.1	0.07
Yaourt aromatisé sucre au lait demi-écrémé	84.8	81.1	3.1	14.2	1.4
Yaourt aux fruits sucre au lait demi-écrémé	91.8	77.6	3.2	15.2	1.69

### 2.4. Technologie du yaourt

La fabrication du yaourt est un procédé qui nécessite la maîtrise de chaque étape

afin d'obtenir un produit fini conforme qui répond à l'attente du consommateur. Pour cela, toutes les connaissances et les progrès réalisés dans le domaine doivent être exploités. Le procédé de fabrication du yaourt (figure 7) diffère d'un yaourt à un autre (yaourt brassé, yaourt ferme, yaourt fruité, etc.).

## **2.5. Intérêt nutritionnel et thérapeutique**

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

### **2.5.1. Intérêts nutritionnels**

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications, dont certaines font que le produit soit de meilleure valeurs nutritionnelles et thérapeutiques (Serra *et al.*, 2009; Sodini *et al.*, 2012) à savoir :

#### **➤ Amélioration de l'absorption du lactose**

La présence des bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase. Les ferments lactiques synthétisent la  $\beta$ -galactosidase capable d'hydrolyser le lactose ; cette enzyme serait libéré dans l'intestin grêle et garderait une activité permettant l'hydrolyse du lactose pendant au moins deux heures (Jeantet *et al.*, 2008).

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

Bien que l'activité lipolytique soit faible, une augmentation significative en acides gras (AG) libres dans un yaourt est constatée (Jeantet *et al.*, 2008).

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

Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait et contient une proportion optimale d'acides aminés indispensables. Ces propriétés résultent de l'acidification et de l'activité protéolytique des bactérie (Jeantet *et al.*, 2008).

### **2.5.2. Effets thérapeutiques**

Outre les qualités nutritionnelles et organoleptiques, les yaourts peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé humaine. Ces effets dépendent à la fois des souches utilisées

et des métabolites produits (Xanthopoulos *et al.*, 2001).

➤ **Activité antimicrobienne**

Le yaourt joue un rôle important dans la prévention contre les infections gastro-intestinales son intérêt dans le traitement contre les diarrhées infantiles, a été démontré par (Lucas *et al.* 2004). Les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes et probiotiques (Jeantet *et al.*, 2008). Leur pouvoir antagoniste résulte aussi de la production du peroxyde d'hydrogène et de bactériocines, limitant la croissance de certains germes pathogènes (Tabak *et al.*, 2011).

➤ **Activité anti-carcinogène**

Les bactéries modifient les enzymes bactériennes à l'origine de carcinogène (indicateur de cancer) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation des substances précancéreuses (Jeantet *et al.*, 2008).

➤ **Activité anti-cholestérolémiant**

La consommation de yaourt permet de prévenir les maladies cardiovasculaires et serait plus efficace que le lait, pour maintenir une cholestérolémie basse (Jeantet *et al.*, 2008).

➤ **Stimulation du système immunitaire**

Le yaourt a un effet immunitaire régulateur, qui permet d'augmenter la production d'interférons et d'immunoglobulines et d'exciter l'activité des lymphocytes B. Cet effet est attribué à *Lactobacillus bulgaricus* (Jeantet *et al.*, 2008).

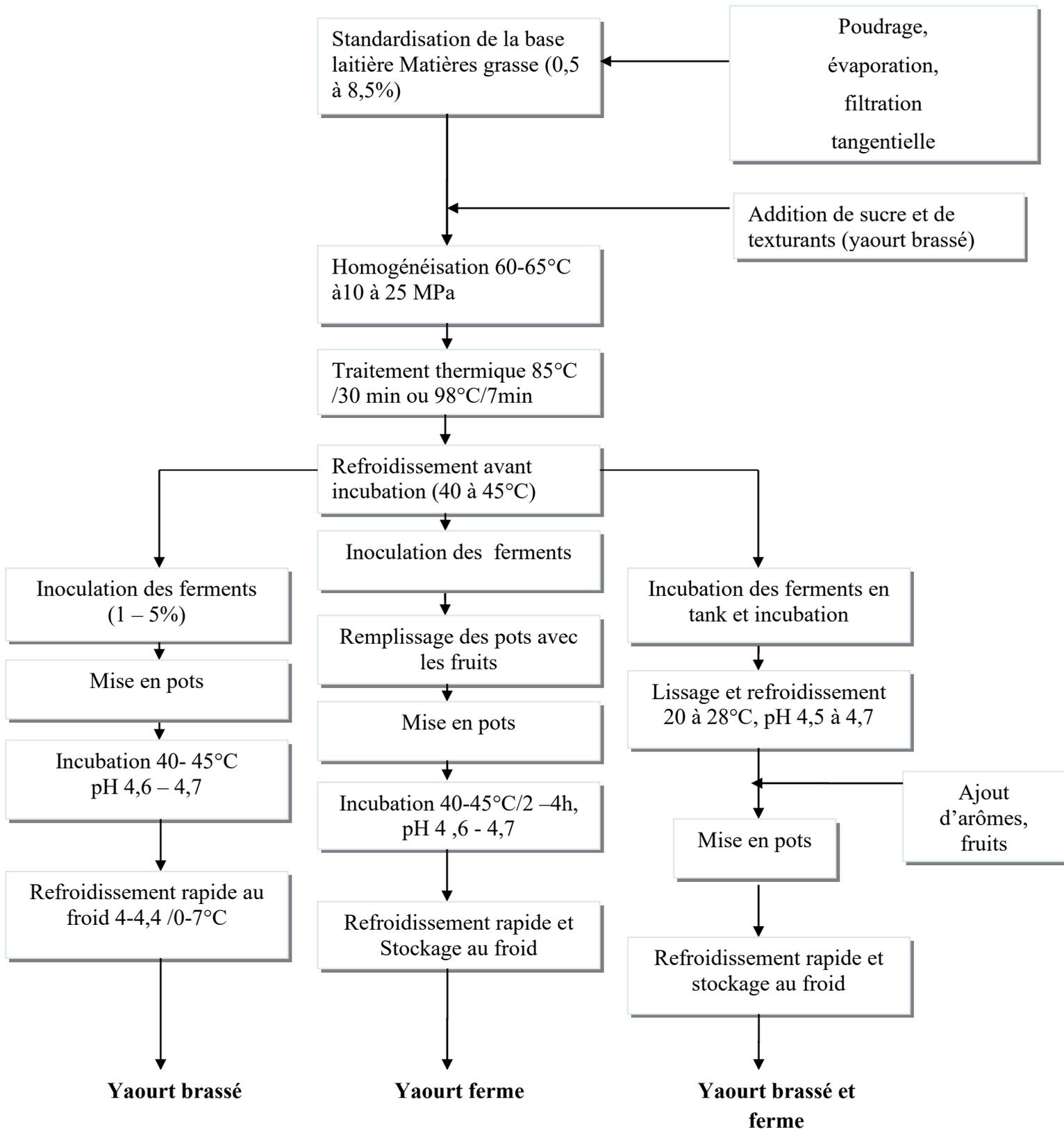


Figure 6: Diagramme présentant la technologie du yaourt (Jeant *et al.*,2008).

*Partie*  
*Pratique*

## ***3. Matériel et méthodes***

Le présent travail consiste en l'étude des propriétés antioxydante du clou de girofle et un essai de formulation d'un yaourt étuvé enrichi au clou de girofle « clou » « poudre » suivit d'une analyse physico-chimique, microbiologique et sensorielle du yaourt élaboré.

### 3.1. Préparation de la poudre

Après avoir soigneusement lavé et séché les clous de girofle, ces derniers ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique « MOULINEX » puis tamiser avec un tamiseur (250  $\mu$ m) afin d'obtenir une fine poudre homogène.



**Figure 7** : Photo représentative de clou de girofle et de poudre du Clou de girofle

### 3.2. Extraction des composés phénoliques

L'extraction des polyphénols à partir de la poudre du clou de girofle, a été réalisée selon la méthode décrite par Romani, et al., (2006), avec quelques modifications.

Une quantité de 1g de poudre est immergé dans 100 ml d'éthanol/ eau (70% v/v) et agiter pendant 2 heures et 30 minutes à température ambiante, puis filtré sur papier Wattman. Le filtrat a été centrifugé à 4000tr/min pendant 20 minutes. L'extrait obtenu est conservé à 4°C jusqu'à utilisation.

### 3.3. Tests phytochimiques

#### 3.3.1 Composés phénoliques totaux

##### ➤ Principe

La teneur totale en polyphénols de l'extrait de clou de girofle a été déterminée à

l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu, qui est un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lorsque le phénol est oxydé en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène, l'acide phosphotungstique et l'acide phosphomolybdique sont réduits. Le résultat de couleur bleu a une absorption maximale aux environs de 760nm (Li *et al.*, 2006).

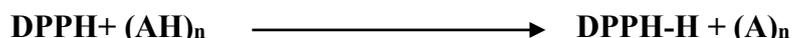
➤ **Protocole**

Un volume de 100µl d'extrait a été ajouté à 100 ml de réactif Folin-Ciocalteu. Après 2 minutes 2 ml de carbonate de sodium (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) à 7.5 % ont été ajoutées, le mélange a été agité puis incubé pendant 30 minutes à l'obscurité et à température ambiante. L'absorbance est ensuite lu à 750 nm, et les résultats sont exprimés en gramme équivalent acide gallique par gramme d'échantillon en se référant à une courbe d'étalonnage (Taga *et al.*, 1984).

### 3.3.2. Activité anti-radicalaire (DPPH)

➤ **Principe**

La diphenylpicryl-hydrazine (DPPH), un radical libre stable, apparaît violet en solution et à une absorbance caractéristique à 517 nm. Lorsque le DPPH est réduit en diphenylpicryl-hydrazine par un composé aux propriétés anti-radicalaires. Cette couleur disparaîtra rapidement, entraînant une décoloration (la force de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à fournir des protons) (Sanchez-Moreno, 2002). Selon l'équation



(AH)<sub>n</sub> : composé capable de céder un hydrogène au radical DPPH (violet) pour le transformer en diphenyle picrylhydrazine (Jaune).

➤ **Protocole**

Un volume de 200µl d'extrait de clou de girofle a été mélangé avec 2.8ml de solution de DPPH (solution de méthanolique 0.5mM). Après 30 minutes à température ambiante et à l'obscurité l'absorbance a été mesurée à 517nm (Alam *et al.*, 2013) La capacité antioxydante est rapportée en pourcentage d'inhibition de la DPPH selon la

formule suivante :

$$\% \text{ Inhibition of DPPH radical} = [(A_{br} - A_{ar}) / A_{br}] \times 100$$

$A_{br}$  : représente l'absorbance du contrôle

$A_{ar}$  : représente l'absorbance de l'échantillon analysé.

### 3.4. Formulation du yaourt

Dans le présent travail un essai de formulation d'un yaourt enrichi au clou de girofle qui a été acheté chez l'herboriste (clou et poudre) pour la réalisation du yaourt.

Le lait utilisé est lait Candia demi écrémé UHT, après optimisation de la formule de préparation de yaourt, la recette optée est décrite dans le tableau ci-dessous.

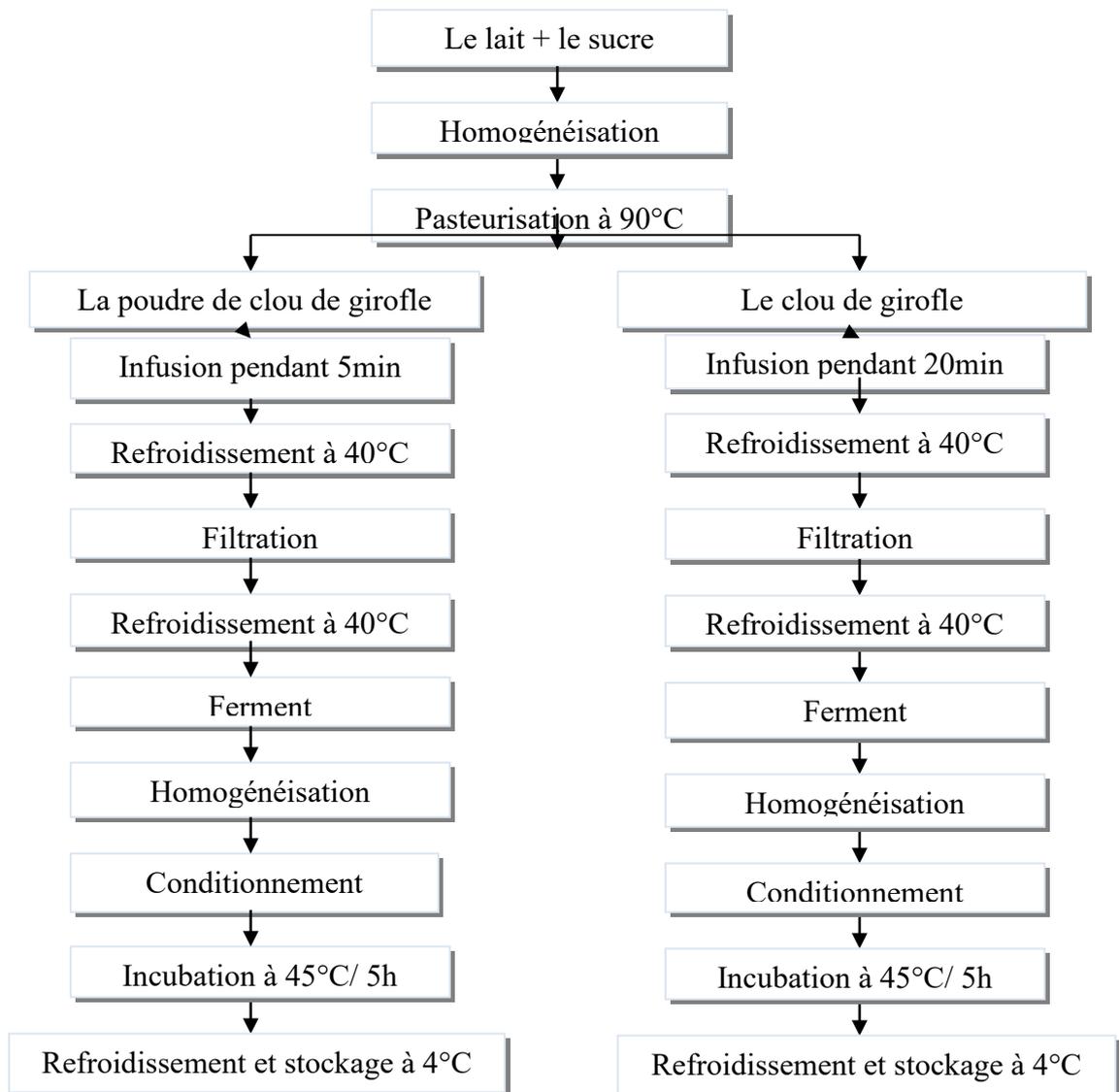
**Tableau 3** : Composition des différents yaourts préparés.

Composition	Lait (ml)	Sucre (g)	Clou de girofle (g)	Ferment (g)
Yaourt à basse de clou de girofle (A)	250	15	Q2= 1	0.75
Yaourt à base de la poudre de clou de girofle ( B)	250	15	Q1= 0.25	0.75
Témoin (C)	250	15	Pas d'ajout	0.75

Q1 et Q2 sont les quantités ajoutées

#### 3.4.1. Procédé de fabrication

Les étapes de fabrication d'un yaourt étuvé enrichi au clou de girofle (poudre et clou) sont présentées dans le diagramme ci-dessous :



**Figure 8 :** Diagramme de fabrication de yaourt enrichi au clou de girofle (poudre et clou)

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques du yaourt préparé ont été réalisées au niveau de laboratoire de contrôle de qualité QUALILAB.

### 3.5. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques déterminent la stabilité et la qualité organoleptique et hygiénique en respectant les normes de Journal Officiel 2017.

### 3.5.1. pH

#### ➤ Principe

Le pH par définition est une mesure de l'activité des ions H, contenus dans une solution. Le but est de mesurer quantitativement l'acidité de celle-ci, le pH est déterminé par un pH-mètre qui mesure la différence du potentiel entre deux électrodes qui sont émergés dans une solution donnée (JORA, 2017).

#### ➤ Protocole

L'électrode du pH-mètre a été immergée dans le pot de yaourt à analyser et la valeur est mentionnée sur l'appareil (JORA, 2017).

### 3.5.2. Mesure de l'acidité

#### ➤ Principe

L'acidité est la quantité d'acide lactique contenue dans un aliment, elle est déterminée à l'aide d'une solution NaOH et le résultat est exprimé en degré dornic D° (JORA, 2017).

#### ➤ Protocole

Dans un bécher 10g de yaourt ont été bien mélangés et additionnés de 10ml d'eau distillée, avec quelques gouttes de phénolphtaléine. Le tout est titré avec une solution d'NaOH jusqu'à l'obtention de la couleur rose pâle persistante (JORA, 2017).

Le volume de NaOH titré est noté en ml et les résultats sont exprimés en g/L selon la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable (g/l)} = (v \times 0.9) / m$$

V: volume en ml de la solution de soude utilisé pour le titrage.

m : masse en gramme de la prise d'essai.

0,9: facteur de conversion pour l'acide lactique.

1°D = 0.1g/l.



**Figure 09:** Photo représentative de la mesure de l'acidité

### 3.5.3. Extrait sec total

#### ➤ Principe

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage ou en g/l (JORA, 2017)

#### ➤ Protocole

Une quantité de 2gde chaque échantillon de yaourt préparé a été mis au dessiccateur (dans des coupelles en verre) à 105°C pendant 3h. L'extrait sec est déterminé par peser des coupelles après dessiccation.



**Figure 10 :** Photo représentative de l'extrait sec

### 3.5.4. Brix

#### ➤ Principe

C'est le pourcentage du brix contenant dans un échantillon « yaourt ». L'échelle de

mesure varie entre 0 et 85 % (JORA, 2017).

➤ **Protocole**

Une quantité de yaourt préparé a été battu afin de prendre soigneusement une à deux gouttes de l'échantillon et la déposé sur l'oculaire du refractomètre (HANNA) (JORA, 2017).



**Figure 11:** Photo représentative du taux de brix.

### 3.5.5. La matière grasse

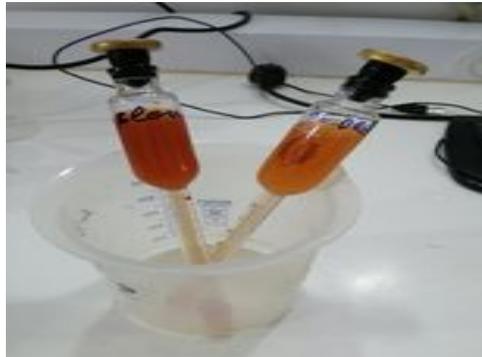
➤ **Principe**

Le principe est basé sur l'attaque acide (acide sulfurique) des différents composés présents dans un aliment à l'exception de la matière grasse, et la chaleur produite par cette attaque acide fait fondre la matière grasse. La séparation de cette dernière est réalisée par centrifugation en présence d'alcool iso-amylique (JORA., 2017).

➤ **Protocole**

Dans un butyromètre ont été introduit 10ml d'acide sulfurique, puis 5ml de l'échantillon ensuite mettre 5ml d'eau distillée (évitant un mélange prématuré du yaourt avec l'acide), Verser à la surface 1ml d'alcool iso amylique (sans mouiller le col et en évitant de mélanger les liquides). En dernier bouché soigneusement le butyromètre puis mélanger avec précaution mais énergiquement et rapidement jusqu'à disparition des grumeaux (ne pas laisser refroidir le butyromètre si nécessaire le réchauffer à 65°C au bain marie) (JORA., 2017).

La lecture a été effectuée rapidement en lisant les graduations correspondant au niveau de la colonne lipidique.



**Figure 12** : photo représentative de la matière grasse.

### **3.6. Analyses microbiologiques**

Le contrôle microbiologique a pour but de garantir la sécurité hygiénique et d'assurer

#### **3.6.1. Préparation de la solution mère**

Une quantité de 25g d'échantillons (yaourt) ont été mis en suspension dans 225g d'eau peptonée tamponnée (E.P.T) dans une bouteille stérile de 250mL à fond plat. Le contenu a été homogénéisé manuellement (JORA, 2017).

#### **3.6.2. Préparation des dilutions**

Une dilution en cascade a été effectuée à partir de la suspension mère. 1ml de la suspension mère a été introduit dans un tube stérile, puis additionné de 9ml d'eau distillée, la dilution de  $10^{-1}$ ml de ce mélange a été versée dans un autre tube contenant 9ml d'eau distillée : Cette solution correspond à la dilution  $10^{-2}$  et ainsi de suite jusqu'à la dilution finale. (Dans cette étude les analyses microbiologiques ont été effectuées à une dilution de  $10^{-1}$ ) (JORA., 2017).Le tableau ci-dessous résume les germes recherchés.

**Tableau 4:** les analyses microbiologiques effectuées sur le yaourt élaboré.

Les germes recherchés	Mode opératoire	Norme
<i>Entérobactérie</i>	1ml de la solution fille à $10^{-1}$ , déposé dans une boîte pétrie puis la gélose VRBG a été ensuite coulée en double.	JORA, 2017
<i>Salmonella shigella</i>	1ml de la solution fille à $10^{-1}$ , déposé dans une boîte pétrie puis la gélose SS a été ensuite coulée en double.	JORA, 2017
<i>Staphylococcus aureus</i>	A l'aide d'une boucle d'ensemencement prendre une goutte de la solution fille à $10^{-1}$ , la déposer et ensemer dans la gélose BP avec des mouvements horizontaux.	JORA, 2017

Pour chaque analyse un témoin gélose a été préparé. Une fois la gélose solidifiée, les boîtes ont été incubées dans l'étuve à 37°C/24h.

### 3.7. Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle a pour but de décrire les caractéristiques organoleptiques des produits, de façon objective et qualifiable selon des critères bien définis d'aspect, de texture, de saveur et de goût.

La séance de dégustation a été organisée le 31 mai, au sein d'un laboratoire de l'université de BEJAIA comme le montre la figure 14 afin d'évaluer les caractéristiques sensorielles des yaourts élaborés :

A : yaourt à base de clou de girofle.

B : yaourt à base de la poudre de clou de girofle.

C : yaourt témoin.



**Figure 13** : photo représentative du lieu de la dégustation.

### **3.8. Analyse statistique**

Les analyses réalisées sur l'extrait de clou de girofle ont été effectuées en trois essais, les moyennes et les écarts types des résultats obtenus ont été calculés avec logiciel Excel.

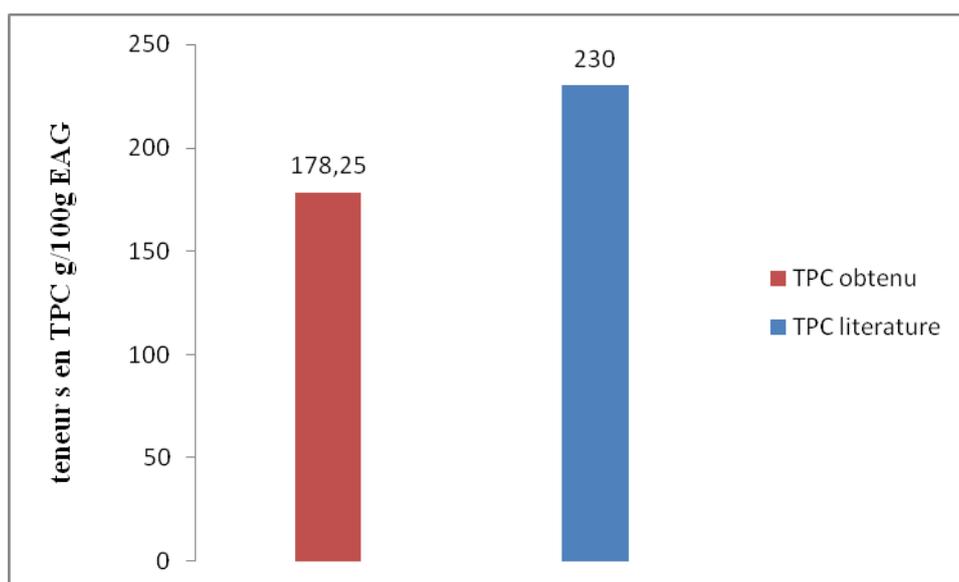
Les résultats de l'analyse sensorielle ont été traités avec logiciel XLSTAT-MX.

## ***4. Résultats et discussion***

## 4.1. Tests phytochimiques

### 4.1.1. Polyphénols totaux

La teneur totale en polyphénols a été estimée par la méthode colorimétrique utilisant le Folin-Ciocalteu. Le résultat indiqué sur la Figure 14 montre que la teneur en composés phénoliques totaux contenu dans l'extrait de clou de girofle est de **178.25 ± 5.30 g EAG/100g**. Cette valeur est légèrement inférieure à la valeur déduite par **Mohamed F et al., (2016)** d'ordre de **230.00g EAG/100g**. Les différentes teneurs en composés phénoliques des extraits de clou de girofle selon la bibliographie sont principalement dues aux méthodes d'extractions appliquées ainsi qu'au solvant utilisé (éthanol à 80%.) (**Mohamed F et al., 2016**)



**Figure 14** : teneur en composés phénolique de l'extrait et de clou de girofle en TPC.

### 4.1.2. Activité anti-radical DPPH

Selon le résultat enregistré (figure 15) l'extrait de clou de girofle a montré une excellente capacité à inhiber les radicaux libres DPPH avec un pourcentage de **90,42 % ±**

0,16. Ce résultat est similaire à celui noté par **Mohammed F. et al., (2016)** utilisant une solution d'éthanol à 80 % (25.3 à 91,4%). Toutefois **Banji A et al., (2016)** ont enregistré un pourcentage d'inhibition de  $73.67 \pm 0.34\%$  avec un extrait au méthanol à 80%. D'après ces résultats le pourcentage d'inhibition varie selon le solvant d'extraction.

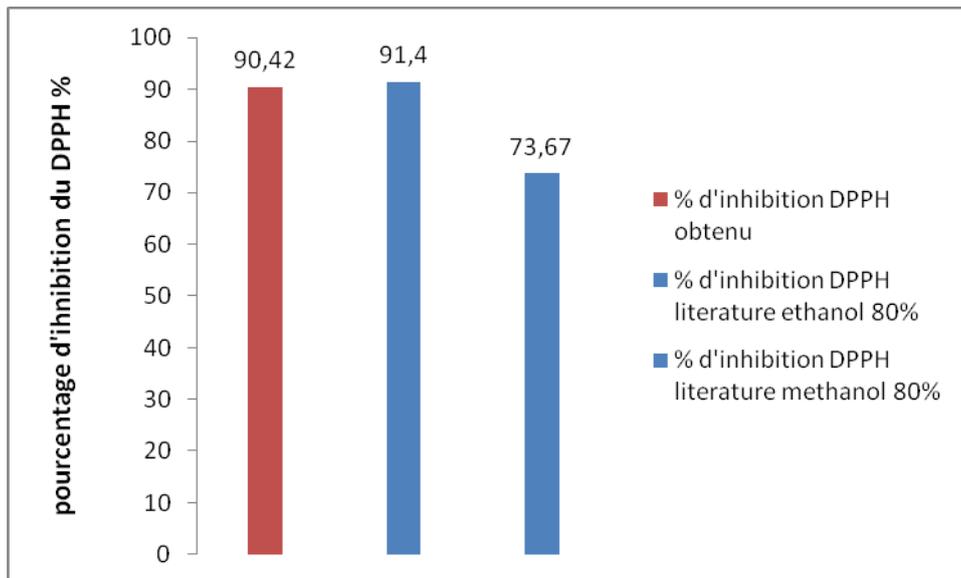


Figure 15 : pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait au clou de girofle.

#### 4.2. Analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques des yaourts élaborés sont indiqués dans les tableaux ci-dessous.

**Tableau 5:** Résultats des analyses physico-chimiques

Paramètre	Yaourt enrichi à poudre de clou de girofle (B)	Yaourt enrichi en clou de girofle (A)	Norme
Ph	4.28	4.32	(4.3-4.8)
Acidité	87°D	83°D	>80°D
Extrait sec	18.14	17.69	23-25
Brix	13.6 %	13.2 %	0 à 85%
Matière grasse	0.8	0.8	(2.7 -3)

Selon les résultats enregistrés, les paramètres physico-chimiques analysés (pH, acidité, brix) répondent aux normes établies par le journal officiel (JORA, 2017). Par contre pour le taux de matière grasse la valeur notée est nettement inférieure à la norme ce qui pourrait être expliqué par l'utilisation de lait demi-écrémé.

Le taux d'extrait sec est également inférieur à la norme, ce qui revient à la faible teneur en matière sèche du lait utilisé pour la préparation du yaourt.

### 4.3. Analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques obtenus pour les deux yaourts élaborés sont illustrés dans le tableau suivant :

**Tableau 6:** Résultats des analyses microbiologiques sur le yaourt élaboré.

Germe recherché	Yaourt enrichi en poudre de clou de girofle (B)	Yaourt enrichi en clou de girofle (A)	Norme
Entérobactérie	0	0	10/g
Salmonella Shigella	0	0	Absence dans 25g
Staphylococcus aureus	0	0	10/g

Par rapport à la norme du journal officiel Algérien, les résultats des analyses microbiologiques obtenues répondent aux exigences (absence totale de tous germes pathogènes) ce qui confirme les bonnes conditions hygiéniques lors de la préparation, incubation et du stockage, ainsi que des analyses réalisées sur les yaourts élaborés.

#### 4.4. Analyses sensorielles

Un plan d'expérience a été réalisé avant le traitement des données par logiciel XLSTAT.

Toutes les données des jurys experts ont été transcrites sur le logiciel, la procédure de génération d'un plan d'expérience est lancée et un plan d'expérience optimal a été trouvé pour chaque catégorie de jury expert, ce qui valide les autres tests sur XLSTATMX.

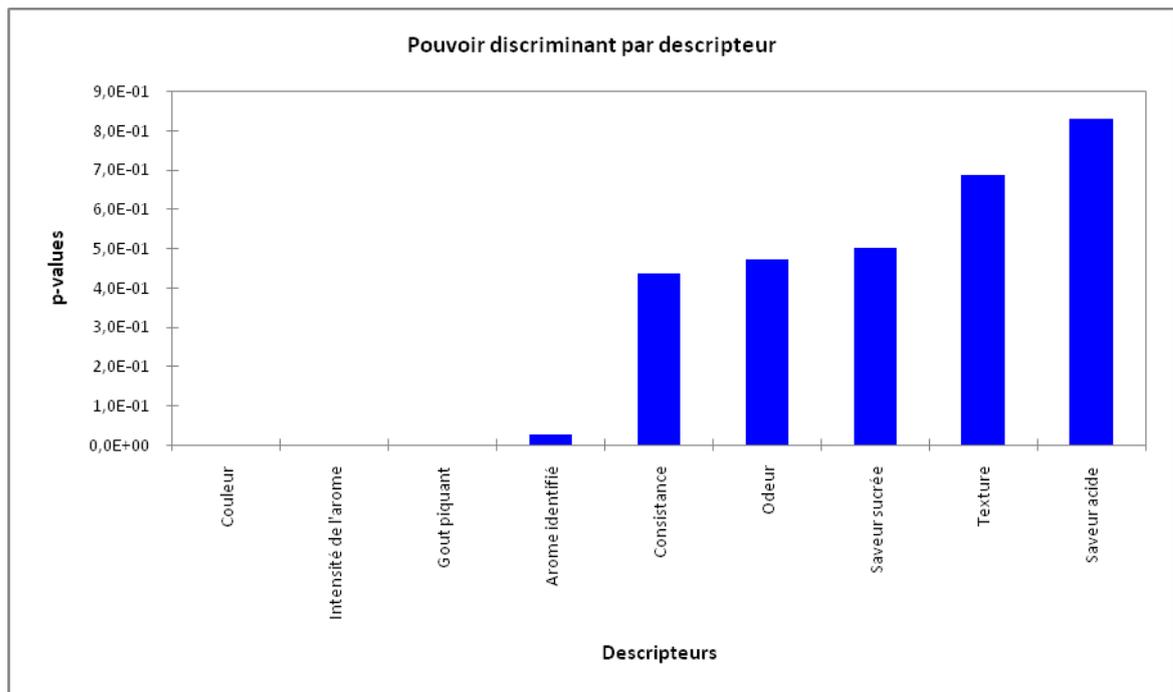
##### 4.4.1. Caractérisation des produits

Ce test permet une caractérisation rapide des échantillons selon les préférences des juges, il s'agit d'identifier les descripteurs qui discriminent le mieux le produit, et de déterminer les caractéristiques importantes de ces derniers dans le cadre de l'analyse sensorielle (**Husson *et al.*, 2009**).

#### 4.4.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet d'afficher les descripteurs (les caractéristiques du produit), de la description la plus discriminante du produit à la description la plus faible.

Les résultats sont exprimés dans la figure 16.



**Figure 16 :** pouvoir discriminant par descripteur.

La figure ci-dessus montre que les descripteurs les plus discriminants sont : la couleur, l'intensité de l'arôme, et le gout piquant suivi de l'arôme identifié. Cela signifie que les experts ont constaté des divergences au niveau de ces descripteurs pour les trois échantillons préparés.

Cependant la consistance, l'odeur, la saveur sucrée, la texture, et la saveur acide n'ont pas été discriminées. Ce qui explique que les experts n'ont pas constaté des différences entre les trois échantillons au niveau de ces descripteurs.

#### 4.4.1.2. Coefficients des modèles

Dans ce test sont affichés, pour chaque descripteur et pour chaque produit, les

coefficients du modèle sélectionné (figure 17).

Les graphes des figures 17 permettent de visualiser et de définir les appréciations des échantillons selon les experts comme suit :

- ✓ En rouge, les coefficients dont les caractéristiques sont significativement négatives.
- ✓ En blanc les coefficients dont les caractéristiques ne sont pas significatives.
- ✓ En bleu, les coefficients dont les caractéristiques sont significativement positives.

L'échantillon A (figure 17) :

Ce test correspond au type du yaourt enrichi en clou (clou de girofle) qui présente une couleur, un gout piquant, et une intensité de l'arôme sont faiblement intenses par rapport à la moyenne (couleur rouge). D'autant plus, les autres caractéristiques qui se présentent par l'odeur, saveur sucrée, arôme identifié, et texture sont moyennement intenses (couleur blanche).

➤ L'échantillon B (figure 17) :

Ce test correspond au type du yaourt enrichi en poudre de clou (clou de girofle) qui présente une couleur, gout piquant, arôme identifié, et intensité de l'arôme sont fortement intenses par rapport à la moyenne (couleur bleu), ensuite on retrouve les caractéristiques comme l'odeur, la consistance, la saveur sucrée et acide, et enfin la texture qui sont moyennement intenses (couleur blanche). Certains experts ont pu identifier l'arôme ajouté.

➤ L'échantillon C (figure 17) :

Ce test correspond au type du yaourt sans aucun ajout (témoin) qui présente une couleur, un gout piquant, et une intensité de l'arôme sont faiblement intenses par rapport à la moyenne (couleur rouge). D'autant plus, les autres caractéristiques qui se présentent par l'odeur, la consistance, saveur sucrée et acide, arôme identifié, et texture sont moyennement intenses (couleur blanche).

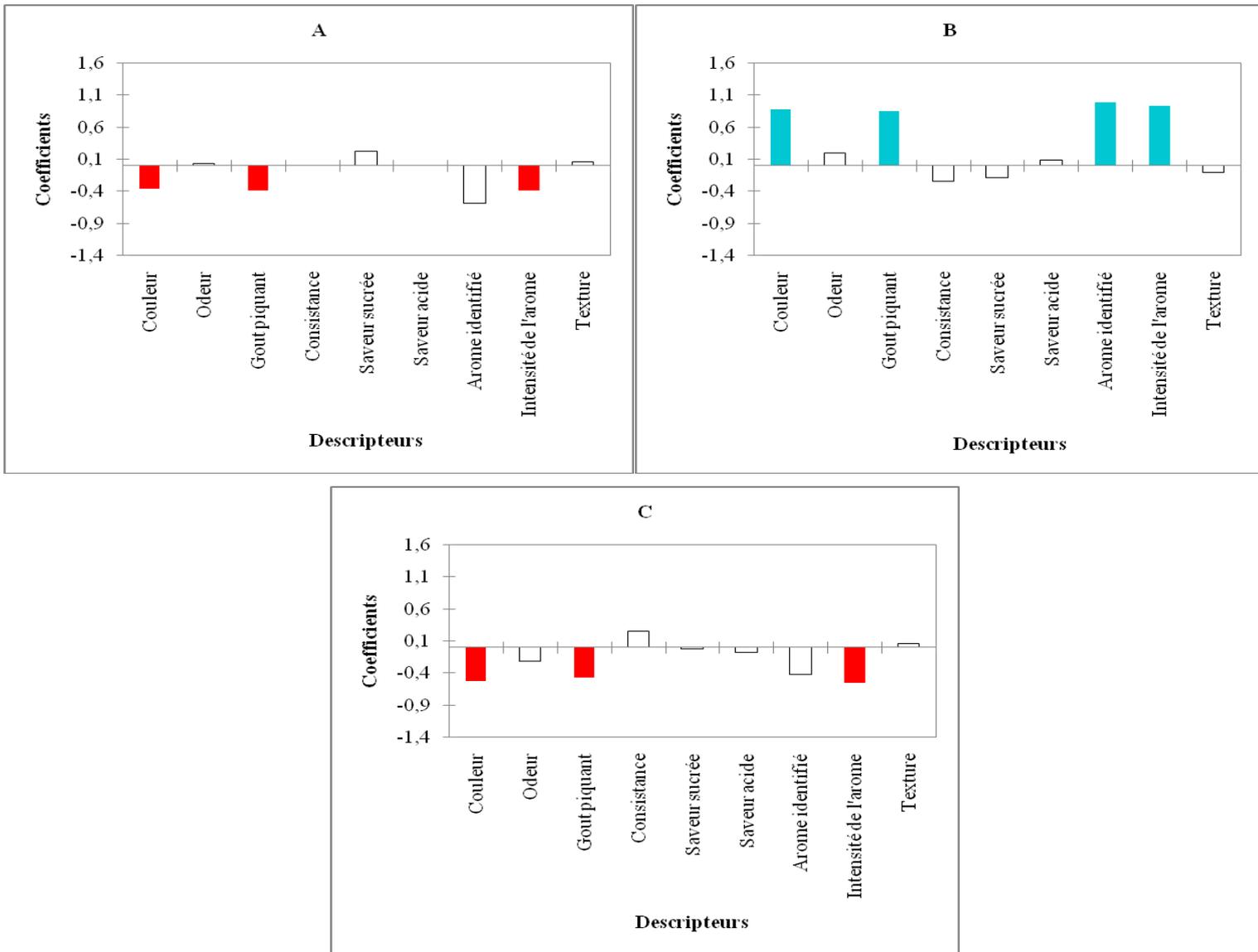


Figure 17 : coefficient du modèle du yaourt A, B, C.

#### 4.4.1.3. Moyennes ajustées par produit

Ce test a été établi afin de déterminer les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit.

Les résultats des moyennes ajustées par produit sont illustrés dans le tableau 7.

**Tableau 7:** Moyennes ajustées par produit.

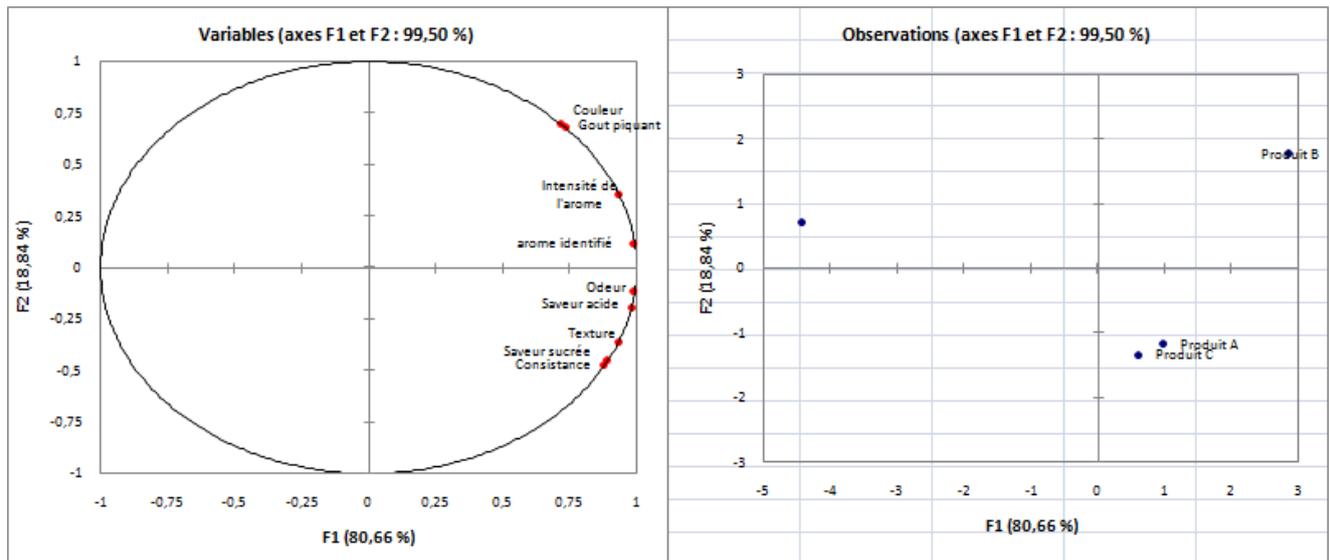
	Couleur	Intensité de l'arome	Gout piquant	Arome identifié	Saveur acide	Odeur	Saveur sucrée	Consistance	Texture
B	2,583	3,583	2,500	5,000	2,083	2,583	2,500	2,833	4.167
A	1,333	2,250	1,250	3,417	2,000	2,417	2,917	3,083	4.333
C	1,167	2,083	1,167	3,583	1,917	2,167	2,667	3,333	4.333

Les résultats enregistrés sur le tableau 7 permettent de ressortir les moyennes lors du croisement des trois produits et leurs caractéristiques. Les couleurs bleu et rouge correspondent respectivement à des effets significativement positifs et négatifs du descripteur sur le produit, par contre dans le cas de l'arôme identifié on remarque qu'elle est significativement positive pour le produit A par rapport aux deux autres produits (A, C) qui n'ont pas d'effets sur les produits. Les autres caractéristiques (couleur blanche) des différents produits n'ont pas d'effets sur les produits.

#### 4.4.2. Cartographie de préférences

##### 4.4.2.1. Analyse des composantes principales (ACP)

Une ACP a été réalisé afin de pouvoir représenter les corrélations entre les variables et les facteurs (Figure 18).

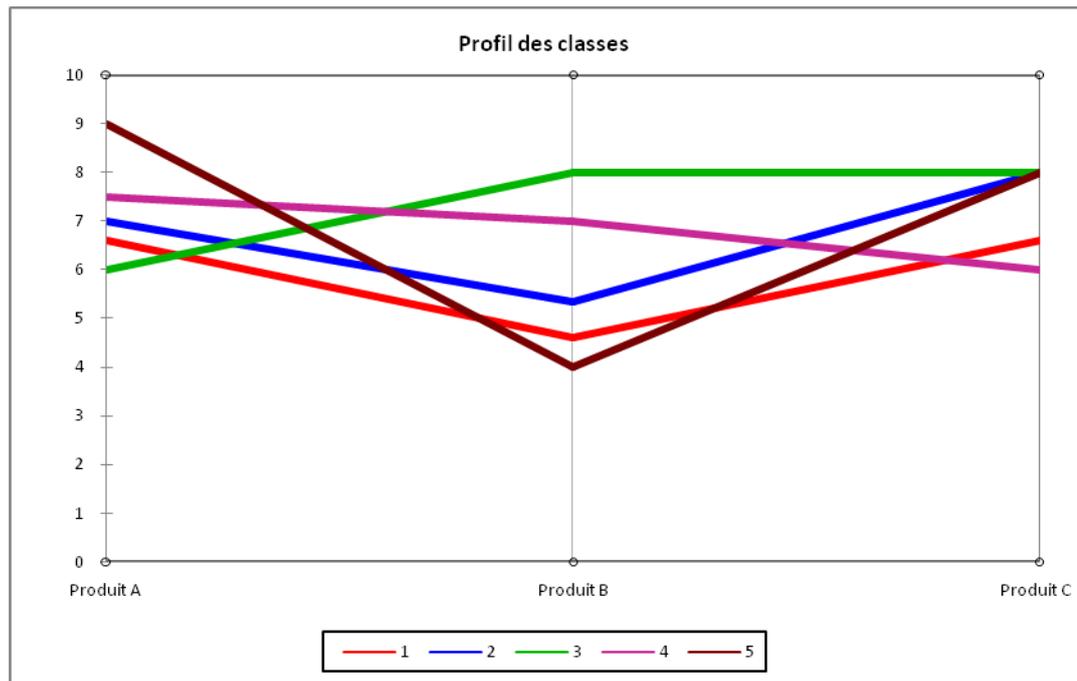


**Figure 18** : Corrélations entre les variables et les facteurs.

La carte obtenue, dont la qualité est assez bonne puisqu'elle permet de représenter 99.50% de la variabilité, permet de constater que les produits B et (A, C) ont été perçus par les experts comme assez différents. En effectuant la superposition des deux graphes de la figure 18, nous pouvons constater que le produit B est beaucoup plus caractérisé par sa couleur, le gout piquant, intensité de l'arôme, et l'identification de l'arôme par contre les produits A et C sont caractérisés par l'odeur, la saveur sucrée et acide, la texture, et la consistance.

#### 4.4.2.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Une classification ascendante hiérarchique a notamment été réalisée afin de déterminer le profil des différentes classes créées (figure 19).



**Figure 19 :** Profil des différentes classes créées.

D'après les résultats, cinq classes ont été formées à partir des notes de préférences des experts :

- La classe 1 indiquée en rouge préfère Les deux produits A et C de la même façon, puis vient le produits B.
- La classe 2 présentée en bleu préfère les produits C, A, B respectivement.
- La classe 3 définie par la couleur verte à une préférence envers les deux produits B et C simultanément puis le produit A.
- La classe 4 est particularisé par la couleur violette qui déduit une appréciation envers le produit A, ensuite B, et le moins apprécié le produit C.
- La classe 5 est caractérisé par la couleur grenat préfère en premier lieu le produit A puis C, et en dernier le produit B (le moins apprécié).

#### 4.4.2.3. Cartographie externe de préférence (PREFMAP)

La cartographie des préférences donne une notion des préférences des experts, mais les résultats ne reflètent pas automatiquement les préférences des consommateurs car le nombre de personne interrogé est de 12, ce qui ne représente pas la population.

Le pourcentage de satisfaction des juges pour chaque objet est résumé dans le tableau Suivant :

**Tableau 8 :** Pourcentage de satisfaction des juges pour chaque échantillon.

Objet	%
Produit A	100%
Produit B	60%
Produit C	100%

Les résultats représentés dans le tableau 8 montrent que les yaourts A et C possèdent le même pourcentage de satisfaction (100%), ce qui démontre que les juges apprécient au même niveau les 2 échantillons (yaourt enrichi en clou et le témoin), alors que le yaourt enrichi en poudre de clou (yaourt B) à une préférence moyenne. Une courbe de niveau et carte des préférences (Figure 20) a été établit pour confirmer les résultats statistiques représentés dans le tableau 8 :

- La couleur rouge; représente le degré de préférence qui est de 80% à 100% à ce niveau il y'a le yaourt A et C donc on peut dire que ils sont extrêmement préféré,
- La couleur jaune; représente le degré de préférence qui est de 60% à 80% à ce niveau le yaourt B est moins préféré, mais il a certaine préférence car son pourcentage est plus que la moyenne.
- par contre la couleur bleu (40% à 60%) et la couleur bleu ciel (20% à 60%) à ces deux niveaux pas de yaourt.

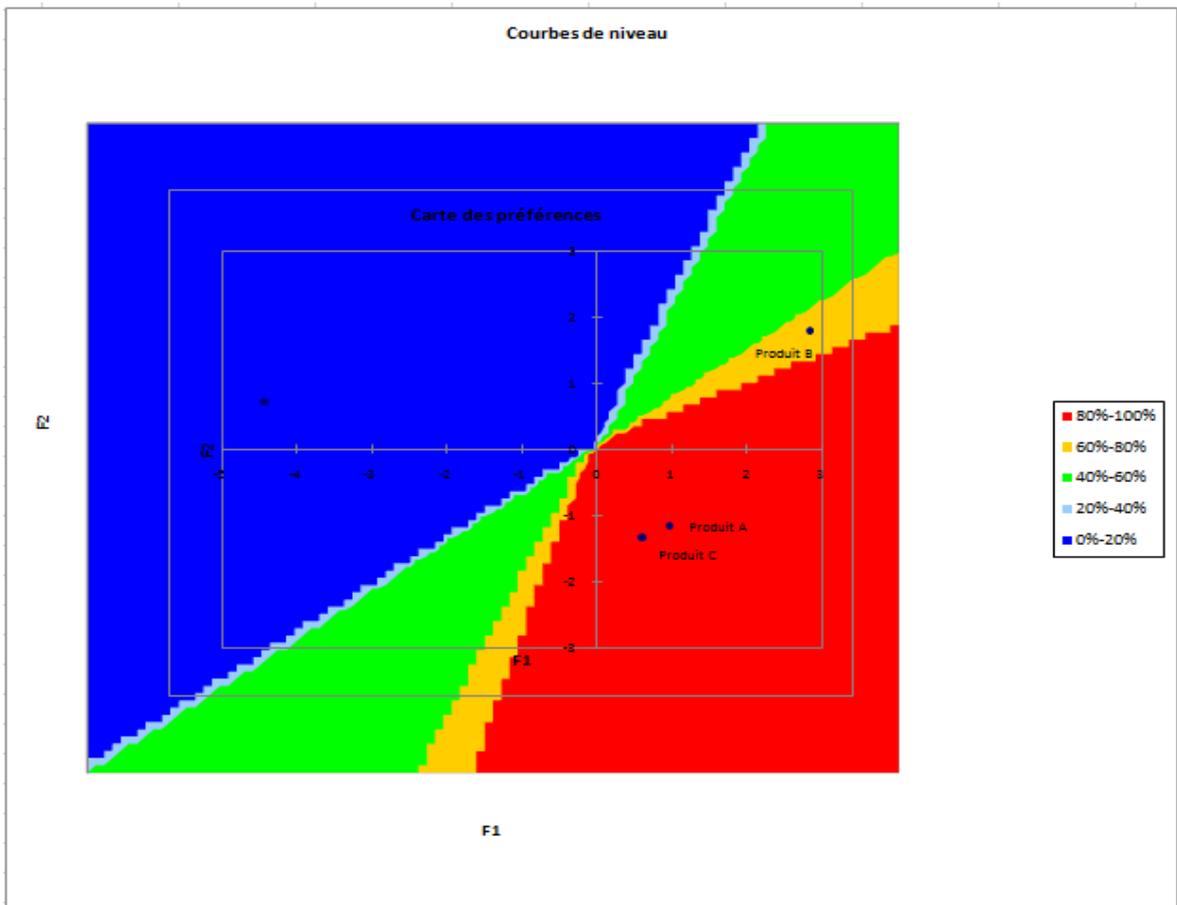


Figure 20 : Courbe de niveau et carte des préférences.

# *Conclusion*

## Conclusion

Les industries alimentaires se chargent d'obéir volontairement aux demandes du consommateur et à ses exigences en termes de qualité nutritionnelle et organoleptique.

Dans le présent travail, l'évaluation en antioxydants (composés phénoliques) et (l'activité anti-radicalaire) du clou de girofle « *Syzygium aromaticum* » ainsi que la formulation d'un yaourt étuvé à base du clou de girofle « *Syzygium aromaticum* » ont été établis.

Le résultat obtenue sur l'évaluation en antioxydants de l'extrait du clou de girofle montrait que le clou de girofle renferme des quantités considérables en antioxydants (Polyphénols totaux: **178.25 ± 5.3071 g EAG/100g.**) et exerce une très bonne activité antioxydante (DPPH: **90.42 % ± 0.16**).

Les analyses physico-chimiques réalisées sur les deux yaourts élaborés (yaourt à base de clou de girofle, et yaourt à base de poudre de clou de girofle) montraient clairement leur parfaite conformités aux normes pH (4.32 et 4.28), taux d'acidité (83°D et 87°D), Brix (13.2% et 13.6%) respectivement, à l'exception de l'extrait sec total et la matière grasse qui est très inférieur à la norme due au lait utilisé pour le yaourt préparé (partiellement écrémé)EST (17.69% et 18.14%), MG (0.8% et 0.8%) respectivement. Les résultats des analyses microbiologiques réalisées ont été conformes aux normes établies par le JORA.

Du point de vue organoleptique, l'analyse sensorielle réalisée avec jury experts, révèle le choix du jury pour le yaourt A à 100%. Le produit B est considérablement pris en compte car il dépasse les 50% des préférences.

En perspective il serait notamment souhaitable d'évalué l'activité antioxydante du yaourt enrichi au clou de girofle (poudre et clou) afin de pouvoir l'intégrer comme aliment fonctionnel et le considéré aussi comme un produit nouveau.

*Références*  
*bibliographiques*

## Référence bibliographiques

## A

**Alais, c, Linden, G. 1997.** Abrégé de biochimie alimentaire. 4ème Edition Masson. Paris, 119-123.

**Alam, M. N., Bristi, N. J., & Raffiquzzaman, M. (2013).** Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxydant activity. Saudi Pharmaceutical Journal, 21(2), 143-152.

**Ali S, Prasard R, Mahmood A, et al. 2014.** Eugenol-rich Fraction of *Syzygium aromaticum* (clove) Reverses Biochemical and Histopathological Changes in Liver Cirrhosis and Inhibits Hepatic Cell Proliferation. Journal of Cancer Prevention.19(4) :288-300.

**Al-okbi SY, Mohamed DA, Hamed TE et al.2014.** Protective effect oil and eugenol microemulsions on fatty liver and dyslipidemia as components of metabolic syndrome. Journal of medicinal food ; 17(7) : 704-771.

**Anonyme 1:**<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/arbre-girofle-18008/>

## B

**Banji Adaramola and Adebayo Onigbinde. (2016).** Effect of Extraction Solvent on the Phenolic Content, Flavonoid Content and Antioxidant Capacity Of Clove Bud. IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSR-JPBS) e-ISSN:2278-3008, p-ISSN:2319-7676. Volume 11, Issue 3 Ver. I (May.- Jun.2016).

**Barbelet S.** LE GIROFLIER : HISTORIQUE, DESCRIPTION ET UTILISATIONS DE LA PLANTE ET DE SON HUILE ESSENTIELLE. (Mémoire de fin d'étude Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie) UNIVERSITE DE LORRAINE, 2015

**Bi X, Soong YY, Lim SW, et al.2015.** Evaluation of antioxidant capacity of Chinese five-spice ingredients. International Journal of food science and nutrition; 10 :1-4.

**Boudier J. 1985.** Les biocatalyseurs. laits et produits laitiers Ed Eck:45-74.

**Bourlioux, P., V. Braesco and D. D. G. Mater, 2011.** Yaourts et autres laits fermentés. Cahiers de Nutrition et de Diététique,46, 305-314.

## C

**Cabanis , Lucette , Chabouis F.1970.** Végétaux et groupements Végétaux de Madagascar et des Mascareignes . Bureau pour le Développement de la production Agricole , Tome 3; 1132p

## D

**Dashi-R M.H. and Morshedi A.2009.** the effects of syzygium aromaticum(clove) on learning and memory in mice. Asian journal of traditional medicines, 4:4.

**DIRECTION DE LA QUALITE DU MEDICAMENT DU CONSEIL DE L'EUROPE.2004.**Pharmacopée Européenne. 5e éd. Sainte-Ruffine : Maisonneuve S.A.

**Doucet J., 1992** - Le sucre (saccharose) est ses dérivés traditionnels et nouveaux. In Le sucre, les sucrés, les édulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires. Ed. TEC et DOC Lavoisier, 258 – 277 P.

#### E

**Eck A. 1975.** Le lait et l'industrie laitière: FeniXX.

#### F

**Fredot E. 2005.** Connaissance des aliments:[bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique]: Tec et Doc.

**Frederic P., 2004** - Descriptif et analyse des différents sécheurs et refroidisseurs de sucre. Association AVH, 11<sup>ème</sup> symposium, Reims, 70 – 77 P.

#### G

**Ghedira K., Goetz P and Le Jeune R. 2010.** *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry (*Myrtaceae*) Giroflie. Phytothérapie. 8, 37-43.

**Gosta, B.1995.** Manuel de transformation du lait. Ed Etat pack processing systems AB. Sweden.

**Grisvard P., Chouard P. et col.1964.** Le bon jardinier. Paris: La maison rustique ; Tome 2nd .

#### H

**Hassainya J, Padilla M et Tozanli S. 2007.** Lait et produits laitiers en Méditerranée: des filières en pleine restructuration. Editions : KARTHALA. 385 p.

**Husson F. and Page J.2009.** Sensorielle. Manuel méthodologique.3<sup>ème</sup> éd.Lavoisier,V.23,p.16.

#### J

**Jeantet R, Croguennec T, Mahaut M, Schuck P, Brulé G., 2008.** Lait fermenté et desserts lactés . In : " les produits laitiers". (Ed.). Lavoisier, Tech et Doc.Paris.

#### L

**Lairungruang K, Itharat A, Panthong S.2014.** Antimicrobial activity of extracts from a Thai traditional remedy called Kabpi for oral and throat infection and its plant components. Journal of medicine association of Thailand; 97(8): 108-115.

**Latham MC. 2001.** La nutrition: dans les pays en développement, Edition : FAO. 520 p.

**Laurence Audenet, V. et Cohen Maurel, E., 2004.** conserve traditionnelle et fermière Paris édition Technique et Documentation-Lavoisier, p6330.

**Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. (2006).** Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. Food chemistry, 96(2), 254-260.

**Luquet F. 1985.** Lait et les produits laitiers: Lait de vache, Brebis. Chèvre Paris Ed: Tec et Doc, Lavoisier ISBN 2(395.6):P233-280.

### M

**Maistre J.1964.** Les plantes à épices. Paris : Maisonneuve et Larose; pp 76- 118.

**Malang, S., 1998,** contrôle de qualité des aliments et analyses microbiologiques 3eme éditions, p 76.

**Max W et Robert A. 2003.** Plantes thérapeutiques p-119, 120.

**MILLENIUM CHALLENGE ACCOUNT (MCA)( 2000).** «Opportunités de marché. Filière Huiles Essentielles Région Atsinana», Madagascar.

**Mohtadji-Lamballais C. 1989.** Les aliments: Maloine.

**Mohamed F Abo El-Maati., Samir A. Mahgoub., Salah M. Labib., Ali., M.A. Al-Gaby., Mohamed Fawzy Ramadan. (2016).** Phenolic extracts of clove (*Syzygium aromaticum*) with novel antioxidant and antibacterial activities. European Journal of Integrative Medicine, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eujim.2016.02.006>.

### P

**Paul S et Ferdinand P.2005.** Guide des plantes médicinales (Analyse, Description et Utilisation de 400 plantes). p-339.

**Pinto E, Vale-silva L, Cavaleiro C, et al.2009.** Antifungal activity of the clove essential oil from *Syzygium aromaticum* on Candida, Aspergillus and dermatophyte species. Journal of medical microbiology; 58(11):1454-1462.

**Prasad, R.C., Herzog, B., Boone, B., Sims, L., Waltner-Law, M., 2005.** Un extrait de *Syzygium aromaticum* réprime les gènes codant pour les enzymes gluconéogènes.

### R

**Rachida B.,2005** - Extraction des macromolécules pariétales des eaux de presse de betteraves sucrières étude de leur composition, de leurs propriétés physico-chimiques et de leur effet sur le process sucrier, Thèse de Doctorat, Université de REIMS.

**Romani, A., Pinelli, P., Cantini, C., Cimato, A., & Heimler, D.2006.** Characterization of Violetto di Toscana, a typical Italian variety of artichoke (*Cynarascolymus L.*). Food chemistry, 95(2), 221-225.

## S

**Sanchez-Moreno, C. (2002).** Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Science and Technology International*, 8, 121–137.

**Serra M., Trujillo B., Guamis T. et Ferragut V., 2009.** Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization treated milk. *Food Hydrocoll.* 23:82-91.

**Shakeel H-M, Zahoorl T, Iqbal Z, Ihsan H, Arif M. 2012.** Effect of storage on rheological and sensory characteristics of cow and buffalo milk yogurt. *Journal of Food Sciences* 22 (3):61-70.

**Sigh A.K, Dhamanigi S.S. and Asad M.2009.** Anti-stress activity of hydro-alcoholic extract of *Eugenia caryophyllus* buds (clove). *Indian.J.Pharmacol*;41(1):28-31.

**Sodini, I. et Beal, C.2012.** Fabrication des yaourts et laits fermentés. *Techniques de l'ingénieur (F 6315)*. Paris- France : Pp16.

**Syndifrais, M. s. d., 1997.** Yaourts, laits fermentés. *Lait*, 77, 321-358.

## T

**Tabak S. and Bensoltane A.2011.** L'activité antagoniste des bactéries lactiques (*Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum* et *Lactobacillus bulgaricus*) vis-à-vis de la souche *Helicobacter pylori* responsable des maladies gastroduodénales. Ed Nature et Technologie.

**Taga, M. S., Miller, E., & Pratt, D. (1984).** Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of the American oil Chemist' Society*, 61(5), 928-931.

**Tamime, Y A, Robinson, Kenneth R. 1999.** *Yoghurt: science and technology*: Woodhead Publishing.

**Trease G. E., Evans W. C.1983.** *Pharmacognosy*. 2eme ed, London: Baillere-Tindall.

**TU Z, MOSS-PIERCE T, FORD P, et al.2014.** *Syzygium aromaticum* L.(clove) extract regulates energy metabolism in myocytes. *Journal of medicinal food*;17(9) :1003-1010.

## V

**Valnet J. Aromathérapie.1984.** traitement des maladies par les essences de plantes. 10e éd.Paris : Maloine ; 544 p.

**W**

**Werner M, Von braunschweig R. 2008..** L'aromathérapie : principes, indications, utilisations.Paris : Ed. Vigot ; 334 p.

**X**

**Xanthopoulos V., Petiadis D. and Tzanetakis N. 2001.** Characterization and classification of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbreuckii ssp bulgaricus* strains isolated from traditional Greek yogurts. Journal of Food Science, 66 (5), pp 247-253.

## Résumé

La présente étude est basée sur un essai de formulation d'un yaourt étuvé enrichi au clou de girofle « *Syzygium aromaticum* » (poudre et clou). Une évaluation en antioxydant du clou de girofle a été établie. Des analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles ont éventuellement été réalisées sur les yaourts élaborés (yaourt enrichi à la poudre du clou de girofle et yaourt enrichi au clou).

L'extrait de clou de girofle a révélé des quantités considérables en polyphénols ( $178.25 \pm 5.30$  g EAG/100g) et exerce une bonne activité antioxydante au DPPH ( $90.42\% \pm 0.16$ ).

L'analyse physico-chimique et microbiologique du yaourt élaboré révèle généralement une bonne stabilité du produit avec un pH (4.32 et 4.28), taux d'acidité (83°D et 87°D), Brix (13.2% et 13.6%), EST (17.69% et 18.14%) sont conformes aux normes, sauf dans le cas de matière grasse le résultat est inférieur à la norme mais n'est en aucun cas désagréable, cela peut s'expliquer à l'utilisation du lait semi écrémé MG (0.8% et 0.8%).

Selon les résultats de l'analyse sensorielle, les experts ont noté leur préférence en faveur du yaourt enrichi en clou de girofle (clou) à 100%, par rapport au yaourt enrichi à la poudre de clou de girofle qui est de 60%.

**Mots clé :** yaourt, clou de girofle, composés phénoliques, activité antioxydante, analyse sensorielle.

## Abstract

The present study is based on a formulation trial of a parboiled yogurt enriched with clove "*Syzygium aromaticum*" (powder and nail). An antioxidant rating of clove has been established. Physico-chemical, microbiological and sensory analyzes were possibly carried out on the yogurts produced (yogurt enriched with clove powder and yogurt enriched with clove).

Clove extract revealed considerable amounts of polyphenols ( $178.25 \pm 5.30$  g EAG / 100g) and exerts good antioxidant activity at DPPH ( $90.42\% \pm 0.16$ ).

The physico-chemical and microbiological analysis of the yoghurt produced generally reveals a good stability of the product with a pH (4.32 and 4.28), acidity rate (83 ° D and 87 ° D), Brix (13.2% and 13.6%), EST (17.69% and 18.14%) comply with the standards, except in the case of fat the result is lower than the standard but is in no way unpleasant, this can be explained by the use of semi-skimmed milk MG (0.8% and 0.8%).

According to the results of the sensory analysis, the experts noted their preference for yogurt enriched with 100% clove (clove), over yogurt enriched with clove powder which is 60%.

**Keywords:** yogurt, cloves, phenolic compounds, antioxidant activity, sensory analysis.