

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I  
Frères Mentouri Constantine I University  
Université Frères Mentouri Constantine I

كلية علوم الطبيعة والحياة والبيئة  
Département de Biologie Appliquée  
قسم البيولوجيا التطبيقية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Biotechnologies  
Spécialité : Biotechnologie et Biothérapie

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

---

**Évaluation de quelques activités biologiques d'une plante médicinale  
du genre *Lavandula* ; anti-oxydante, antifongique, antibactérienne, et  
antibiofilm**

---

Présenté par : AZARA Djihane Idira

Le 20/06/2023

BENYAHIA Kaouthar

Jury d'évaluation :

Président : Dr. ADJROUD Moussa

MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1.

Encadreur : Dr. CHERFIA Radia

MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1.

Examineur : Dr. GHORRI Sana

MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1.

Année universitaire  
2022 - 2023

## **Remerciements**

*« الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله »*

*Avant toute chose, nous remercions "ALLAH" de nous avoir donné la patience, le courage et la volonté pour réaliser ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier notre encadrant, Dr. CHERFIA RADIA (MCB, Département de Biologie Appliquée – UFM Constantine 1), nous sommes profondément reconnaissantes pour sa confiance, sa patience et ses soins professionnels de grande qualité, et ses précieuses informations, elle est très compréhensive.*

*Merci aux membres de jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail ; Dr. ADJROUD Moussa (MCB, Département de Biologie Appliquée - UFM Constantine 1) et Dr. GHORRI Sana (MCA, Département de Biologie Appliquée - UFM Constantine 1).*

*Nous remercions également les responsables des laboratoires pédagogiques ; de biologie végétale et de microbiologie, et n'oublions pas le directeur du laboratoire de mycologie du centre de recherche de biotechnologie (CRBt) Constantine ; Dr. DEBBI ALI et ses ingénieurs.*

*Nous remercions aussi les enseignants de la Faculté des sciences et des sciences de la vie, en particulier ceux de département de biologie appliquée, Université frères Mentouri Constantine 1.*

*Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicace*

*Au début, je remercie Allah pour tout, y compris pour avoir atteint cette étape de la vie et m'avoir aidé à terminer ce travail.*

*Je tiens à remercier tout particulièrement ma tante Nora pour tous les beaux moments et les journées irremplaçables. Merci ma chère.*

*Ensuite, je viens remercier les héros de cette histoire ; mon idole et le mérite de tout ce que j'ai accompli ; ma mère Khalida.*

*Mon sourire et le secret de mon bonheur ; ma grande mère Rashida.*

*Ma meilleure amie et partenaire de rêve, ma sœur Yara.*

*Partenaire de joie depuis l'enfance, mon père Hakim.*

*Mon binôme, l'une des meilleures personnes que j'ai connues dans ma vie, mon amie Kaouthar.*

*Tous mes chers collègues, professeurs et tous ceux qui ont aidé à accomplir ce travail.*

*Merci à tous, les mots de remerciement ne suffiront jamais.*

*Djihane*

## *Dédicace*

*Alhamdulillah qui nous a aidés à mener à bien ce travail*

*Pour le biographe parfumé et la pensée éclairée, il a d'abord été  
crédité d'atteindre l'éducation supérieure mon Père Abd Salam.*

*Dieu a prolongé son âge.*

*A ceux qui m'ont mis sur le chemin de la vie et m'ont fait attacher le  
calme, et pris soin de moi jusqu'à ce que je devienne grand ma  
précieuse mère Noura .*

*À mon binôme Djihane, ma partenaire gentille, calme et sage*

*A mes frères, mes sœurs et mes amis qui ont eu un grand impact sur  
de nombreux obstacles et difficultés,*

*À tous mes professeurs et mes collègues*

*Kaouthar*

## Table des matières

Remerciements	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction .....	01
<b>1- Revue bibliographique</b>	
<b>1.1- Phytothérapie.....</b>	<b>03</b>
<b>1.1.1- Types de phytothérapie.....</b>	<b>03</b>
<b>1.1.2- Médecine traditionnelle en Algérie.....</b>	<b>04</b>
<b>1.1.3- Avantages de phytothérapie.....</b>	<b>04</b>
<b>1.1.4- Inconvénients.....</b>	<b>05</b>
<b>1.1.5-Précautions d'emploi.....</b>	<b>05</b>
<b>1.2- Plantes médicinales.....</b>	<b>06</b>
<b>1.2.1- Origine des plantes médicinales.....</b>	<b>06</b>
<b>1.2.2- Définition d'une plante médicinale.....</b>	<b>07</b>
<b>1.2.3- Indications thérapeutiques.....</b>	<b>08</b>
<b>1.2.4- Composition des plantes médicinales.....</b>	<b>08</b>
<b>1.2.4.1-Huiles essentielles.....</b>	<b>09</b>
<b>1.2.4.2-Alcaloïdes.....</b>	<b>09</b>
<b>1.2.4.3-Les terpènes et terpenoids.....</b>	<b>09</b>
<b>1.2.4.4-Flavonoïdes.....</b>	<b>09</b>
<b>1.2.4.5-Phénols.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.4.6-Tanins.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.4.7- Les saponines.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.5- Préparation des plantes médicinales.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.5.1- Récolte.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.5.2- Séchage.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.5.3- Conservation.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.5.4- La durée de conservation.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.1- Plante étudiée : <i>Lavandula x allardii</i>.....</b>	<b>14</b>

1.3.2- Taxonomie.....	15
1.3.3- Répartition géographique.....	15
1.3.4- Applications thérapeutiques et utilisation.....	15
1.4- Huile essentielle : bref aperçu.....	16
1.4.1- Méthodes d'extraction.....	17
1.4.1.1- Les méthodes conventionnelles.....	17
1.4.1.1.1- Distillation.....	17
1.4.1.1.2- Expression à froid.....	20
1.4.1.1.3- Extraction par solvant.....	21
1.4.1.1.4- Enfleurage.....	21
1.4.1.2- Les méthodes innovantes.....	21
1.4.1.2.1- Extraction assistée par micro-onde.....	21
1.4.1.2.2- Extraction par ultrasons.....	22
1.4.1.2.3- Extraction par fluide à l'état supercritique.....	23
1.4.2- Composition chimique des HEs.....	24
1.4.2.1- Les terpénoïdes.....	24
1.4.2.2- Les phénylpropanoïdes.....	26
1.4.2.3- Autres constituants.....	26
1.4.3- Facteurs influençant la composition chimique des huiles essentielles.....	27
1.4.4- Propriétés et caractéristiques physico-chimiques.....	27
1.4.5- Intérêts des huiles essentielles.....	27
1.4.7-Toxicité des huiles essentielles.....	28
1.5- Activités biologiques des huiles essentielles.....	28
1.5.1- Activité antioxydants.....	28
1.5.2- Activités antimicrobiennes.....	30
1.5.2.2- Activité antibactérienne.....	31
1.5.2.3- Activité antibiofilm.....	32
1.5.2.2.1- Étapes de la formation d'un biofilm.....	32
1.5.2.2.2- Les facteurs favorisant la formation d'un biofilm.....	34
1.5.2.2.3- Les caractéristiques de la surface.....	34
1.5.2.2.4- Les caractéristiques du milieu.....	35

1.5.2.2.5- Les caractéristiques des microorganismes.....	35
1.5.2.4- Activité antifongique des Hes.....	35
<b>2- Matériel et méthodes</b>	
2.1- Matériel végétal.....	36
2.1.1- Préparation de la plante.....	36
2.2- Souches bactériennes.....	36
2.3- Etude phytochimique de la plante.....	37
Test de Fehling (sucres réducteurs).....	37
Test des glycosides cardiaques.....	37
Test de mousse (saponosides).....	37
Test des alcaloïdes.....	37
Test des Tanins.....	37
Test des Flavonoïdes.....	37
Test des quinones libres.....	37
Huile essentielle.....	38
2.4- Préparation des extraits.....	38
2.4.1- Extrait méthanolique (Macération à froid).....	38
2.4.2- Huile essentielle(Hydrodistillation).....	39
2.4.3- Détermination du rendement d'extraction.....	39
2.5- Dosage colorimétrique des composés phénoliques.....	40
2.5.1- Dosage des polyphénols totaux.....	40
2.5.2- Dosage des flavonoïdes.....	40
2.6- Activités biologiques.....	41
2.6.1- Activité antioxydante.....	41
2.6.2- Activités antimicrobiennes.....	43
2.6.2.1- Activité antifongique.....	43
2.6.2.2- Activité antibactérienne.....	44
2.6.2.2.1- Réactivation des souches bactériennes.....	44
2.6.2.2.2- Préparation des suspensions bactériennes.....	44
2.6.2.2.3- Ensemencement.....	44
2.6.2.2.4- Test antibactérien.....	45
2.6.2.2.4- Lecture.....	45
2.6.2.3-Inhibition de la formation de biofilms.....	45

### **3- Résultats et Discussion**

<b>3.1- Identification de la plante étudiée.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2- Rendement d'extraction.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3- Screening phytochimique.....</b>	<b>47</b>
<b>3.4- Dosage des polyphénols totaux.....</b>	<b>50</b>
<b>3.4- Dosage des flavonoïdes.....</b>	<b>51</b>
<b>3.5- Activité antioxydante.....</b>	<b>52</b>
<b>3.5.1-Piégeage du radical libre DPPH.....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.2- Evaluation du pouvoir réducteur (FRAP).....</b>	<b>55</b>
<b>3.6- Activité antifongique.....</b>	<b>56</b>
<b>3.7- Activité antibactérienne.....</b>	<b>57</b>
<b>3.8- Activité antibiofilm.....</b>	<b>59</b>
<b>4- Conclusion et perspectives .....</b>	<b>62</b>
<b>5- Références bibliographiques .....</b>	<b>64</b>

**Abstract**

**الملخص**



## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 01</b> Classification de la plante <i>L. x allardii</i> .....	<b>15</b>
<b>Tableau 02</b> Rendement d'extraction d'extrait hydro-méthanolique et d'huile essentielle de la <i>L. x allardii</i> .....	<b>47</b>
<b>Tableau 03</b> Criblage phytochimique de plante <i>L.x allardii</i> .....	<b>48</b>
<b>Tableau 04</b> Concentration inhibitrice à 50% des extraits.....	<b>54</b>
<b>Tableau 05</b> Concentration efficace 50 des extraits et d'acide ascorbique.....	<b>55</b>
<b>Tableau 06</b> L'effet inhibiteur d'extraits de la plante sur <i>Fusarium oxysporum</i> .....	<b>56</b>
<b>Tableau 07</b> Résultats de la lecture pour les différentes concentrations de l'extrait.....	<b>57</b>
<b>Tableau 08</b> Résultats de la lecture pour les différentes concentrations de l'HE.....	<b>58</b>
<b>Tableau 09</b> Zones d'inhibition de l'activité antibactérienne d'extraits de la plante et du DMSO.....	<b>59</b>
<b>Tableau 10</b> Résultats de l'effet des extraits de <i>L. x allardii</i> sur la formation de biofilm de <i>S. aureus</i> .....	<b>60</b>

## *Liste des figures*

<b>Figure 1</b> Structure générale des flavonoïdes .....	10
<b>Figure 2</b> Structure générale des phénols .....	10
<b>Figure 3</b> Structure tridimensionnelle du tanin et sa classification.....	11
<b>Figure 4</b> Structure des saponines de Soja.....	11
<b>Figure 5</b> Récolte des plantes médicinales.....	12
<b>Figure 6</b> Séchage des plantes médicinales.....	13
<b>Figure 7</b> Conservation des plantes dans un papier carton.....	13
<b>Figure 8</b> Photo de <i>Lavandula x allardii</i> .....	15
<b>Figure 9</b> Schéma descriptif de l'hydrodistillation.....	18
<b>Figure 10</b> Schéma de montage de l'entraînement à la vapeur d'eau.....	19
<b>Figure 11</b> Schéma descriptif de l'Hydro-diffusion.....	19
<b>Figure 12</b> Schéma descriptif de l'extraction par pression.....	20
<b>Figure 13</b> Photo de dispositif de l'expression à froid.....	20
<b>Figure 14</b> Schéma de montage de l'extraction sans solvant assisté par micro-ondes.....	22
<b>Figure 15</b> Extraction aux ultrasons bac et sonde.....	23
<b>Figure 16</b> Schéma du procédé de l'extraction par CO2 supercritique.....	24
<b>Figure 17</b> Structure de l'isopentényl pyrophosphate.....	25
<b>Figure 18</b> Structure de quelques terpènes.....	25
<b>Figure 19</b> Structure chimique des composants prépondérants des HEs.....	27
<b>Figure. 20</b> Exemples d'antioxydants d'origine alimentaire.....	30
<b>Figure 21</b> Action des huiles essentielles et de leurs constituants sur la cellule bactérienne..	31
<b>Figure 22</b> Étapes de la formation d'un biofilm.....	34

<b>Figure 23</b> Partie aérienne de <i>Lavandula x allardii</i> .....	<b>36</b>
<b>Figure 24</b> Préparation de l'extrait hydro-méthanolique. A : agitation, B : filtration.....	<b>38</b>
<b>Figure 25</b> Hydrodistillation.....	<b>39</b>
<b>Figure 26</b> Caractéristiques morphologiques de <i>Lavandula x allardii</i> .....	<b>46</b>
<b>Figure 27</b> Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	<b>51</b>
<b>Figure 28</b> Courbe d'étalonnage de la quercétine.....	<b>52</b>
<b>Figure 29</b> Courbe d'étalonnage de BHT.....	<b>53</b>
<b>Figure 30</b> Pourcentage d'inhibition d'extrait hydro-méthanolique et d'huile.....	<b>54</b>
<b>Figure 31</b> Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.....	<b>55</b>
<b>Figure 32</b> Le pouvoir inhibiteur des différentes concentrations de deux extraits sur <i>Fusarium oxysporum</i> .....	<b>56</b>
<b>Figure 33</b> Effet inhibiteur d'huile essentielle sur la formation du biofilm par <i>S. aureus</i> ....	<b>60</b>

## *Liste des abréviations*

**ABS** :Absorbance

**AFNOR** :L' Association Française de Normalisation

**BHIB** :Brain Heart Infusion Broth

**CE50** :Concentration efficace médiane

**CI50** : Concentration inhibitrice à 50%

**CV** :Cristal violet

**DMSO** :Dimethyl Sulfoxyde

**DO** :Densité optique

**DPPH** : 2,2-Di-Phényl-1-Picryl-Hydrazyl

**FRAPP** : Pouvoir réducteur du fer

**GN** : Gélose nutritive

**HE** : Huile essentielle

**HE(s)** :Huile(s) essentielle(s)

**MH** : Mueller Hinton

**O.M.S**:Organisation mondiale de la Santé

**PI%** : Pourcentage d'inhibition

**PM** :Plante médicinale

**Rd%** :Rendement

**T** : Témoin

# **Introduction**

## Introduction

La nature nous offre toujours un vaste choix de produits naturels aux activités biologiques plus qu'intéressantes qui sont utilisés dans la médecine traditionnelle depuis de nombreux siècles. En effet, les médicaments à base de plantes sont de puissantes sources de métabolites secondaires utilisés en médecine traditionnelle et moderne (Patil et *al.*, 2014) et qui jouent un rôle pertinent dans le développement de remèdes (Edeoga et *al.*, 2005 ; Cherfia, 2020).

Actuellement, les plantes médicinales ont suscité énormément d'intérêt car elles ont relativement peu d'effets secondaires par rapport aux traitements synthétiques (Cos et *al.*, 2008 ; Cherfia, 2020). De plus, les plantes sont enrichies de différentes substances bioactives et représentent ainsi une approche universelle pour la découverte de nouveaux composés médicinaux (Amri et *al.*, 2017).

En Algérie, les plantes médicinales sont aussi utilisées depuis des siècles, principalement en milieu rural (Reguieg, 2011 ; Cherfia, 2020). Où, par sa situation géographique, l'Algérie offre une végétation riche et variée de plantes aromatiques y pousse spontanément (Laib, 2012).

L'intérêt croissant pour les thérapies complémentaires a conduit à l'étude de produits traditionnellement considérés comme ayant un effet thérapeutique bénéfique. Parmi de ces produits est l'huile essentielle (HE) de lavande (Lusby et *al.*, 2006).

Le genre *Lavandula* se trouve naturellement dans le bassin méditerranéen et ses espèces sont une riche source de composés phytochimiques, et ce genre est principalement cultivé pour leurs huiles essentielles, et est largement utilisé dans l'industrie des parfums et des cosmétiques (Héral, 2021).

Les principales espèces cultivées sont la lavande fine (*L. angustifolia*), la lavande aspic (*L. latifolia*), la lavande laineuse (*L. lanata*) et le lavandin (*L. x intermedia*, un hybride stérile de *L. angustifolia* et de *L. latifolia*) qui appartiennent tous à la section *Lavandula* et aux sous-genres *Lavandula* (Guitton et *al.*, 2010 ; Moja et *al.*, 2016 ; Passalacqua et *al.* 2017 ; Héral, 2021).

A cet effet, on s'est intéressé à l'une des espèces du genre *Lavandula* qui appartient à la famille des Lamiacées ; *Lavandula x allardii*, celle-ci est utilisée comme source d'extraits à fort pouvoir antimicrobien et antioxydant (Laib, 2012).

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'explorer des biomolécules d'origine naturelle issu d'une plante médicinale ; *Lavandula x allardii* (*L. x allardii*). En effet, l'accent est mis sur :

- Le criblage phytochimique de la plante *L. x allardii* ;
- L'extraction des composés phénoliques et d'huile essentielle de *L. x allardii*,
- L'étude physicochimique des extraits obtenus ;
- L'évaluation de différentes activités biologiques des extraits obtenus ; extrait méthanolique et HE, en l'occurrence ; antioxydante, antimicrobienne (antibactérienne et antifongique) et antibiofilm comme une forme de résistance, vue de ses applications en biothérapie.

Pour ce faire, plusieurs étapes s'avèrent nécessaires :

Une étude bibliographique concernant des généralités sur les PM ; une description de la plante étudiée *Lavandula x allardii*, et un bref aperçu sur les huiles essentielles, ainsi qu'une présentation aux différentes activités biologiques qui ont été mise en évidence.

La partie matériel et méthode est consacrée aux différentes approches illustrant le screening phytochimique de cette plante, l'extraction des polyphénols et de l'HE de *Lavandula x allardii*, la quantification des composés phénoliques, l'évaluation *in vitro* de l'activité antioxydante d'extrait et d'huile essentielle obtenus, le potentiel antimicrobien, antifongique *in vitro* de deux extraits de *x allardii*L., et d'étudier leur action sur les biofilms bactériens.

La partie résultats et discussion est portée sur la comparaison entre les recherches précédentes et celle obtenue dans la présente étude. Finalement, le mémoire se termine par une conclusion qui ouvre des perspectives futures sur le thème étudié.

# **Revue bibliographique**



## **1- Revue bibliographique**

### **1.1-Phytothérapie**

Le mot « phytothérapie » est étymologiquement composé de deux racines grecques, phuton et therapeia signifient respectivement « plante » et « traitement »(Chabrier, 2010). La phytothérapie peut donc être définie comme un traitement symptomatique visant à prévenir et à traiter des dysfonctionnements spécifiques et/ou des conditions pathologiques spécifiques à l'aide de plantes, de parties de plantes ou de préparations à base de plantes, qu'elles soient consommées ou utilisées en voie externe (Wichtl et Anton, 2003 ; Chabrier, 2010).

#### **1.1.1- Types de phytothérapie**

On distingue deux types de phytothérapies

##### **1.1.1.1- Phytothérapie traditionnelle (classique)**

Il s'agit d'une thérapie substitutive destinée à traiter les symptômes d'une maladie. Ses origines peuvent être très anciennes, reposant en partie sur l'utilisation de la plante par ses vertus découvertes empiriquement. Les indications concernées sont les médicaments de première intention spécifiques à un avis pharmaceutique. En particulier, ils sont associés à des conditions saisonnières allant de troubles psychosomatiques légers à des manifestations hépatobiliaires, en passant par des troubles gastro-intestinaux et cutanés (Edzard, 2001 ;Radjah, 2020).

##### **1.1.1.2- Phytothérapie clinique (moderne)**

Il s'agit d'une médecine de terrain qui nécessite non seulement un examen clinique complet mais aussi une vision globale du patient et de son environnement pour déterminer le traitement (Radjah, 2020).

Aujourd'hui, la phytothérapie s'appuie sur les avancées scientifiques et la recherche d'extraits actifs de plantes. Avec cette pratique, les plantes sont soumises à autorisation de mise sur le marché selon la réglementation en vigueur dans le pays. C'est ce qu'on appelle la pharmacognosie ou la biologie pharmaceutique (Monnier, 2002 ; Radjah, 2020).

Passer de la phytothérapie classique incontrôlée à la phytothérapie moderne nécessite des recherches approfondies menées par des personnes reconnues, sur la base de données scientifiques reconnues (Radjah, 2020).

### **1.1.2- Médecine traditionnelle en Algérie**

En Algérie, la plante occupe une place importante dans la médecine traditionnelle et à ce titre est largement utilisée dans divers domaines de la santé. Des publications plus anciennes et plus récentes indiquent que diverses plantes médicinales sont utilisées pour traiter de nombreuses maladies (Hammiche et al, 2006).

L'Algérie bénéficie d'un climat très diversifié, avec des plantes poussant abondamment dans les régions côtières, montagneuses et sahariennes. Ces plantes représentent des remèdes naturels potentiels qui peuvent être utilisés pour des traitements curatifs et préventifs (Beloued, 1998.Kabahoum, Ladjal, 2021).

Ces dernières années, la médecine traditionnelle chinoise s'est répandue dans tout le pays, les plantes et les mélanges de plantes étant utilisés pour traiter toutes sortes de maux. Diabète, rhumatismes, émaciation, maladie en phase terminale (Mahmoudi, 1988. Kabahoum, Ladjal, 2021).

Les herboristes existent principalement dans les grandes villes au niveau du marché, et leurs étals ont un large public, allant des croyants convaincus des bienfaits de la médecine alternative aux patients nécessiteux en quête de cures accessibles et fréquentes (Hammiche et al., 2013).

Souvent, la clientèle est attirée par la personnalité du vendeur. En effet, certains herboristes ont l'assurance du thérapeute, n'hésitent pas à faire référence à des ouvrages internationaux (d'Europe, d'Amérique, ou du Moyen-Orient) ; ils délivrent oralement, de véritables ordonnances, avec posologie, durée de traitement et voie d'administration (Hammiche et al, 2006).

Selon les chiffres du Centre national du registre du commerce, fin 2009, l'Algérie comptait 1 926 commerçants spécialisés dans la vente d'herbes médicinales, dont 1 393 sédentaires et 533 itinérants (Mpondo et al., 2012). La capitale à elle seule en comptait le plus avec 199 magasins, suivie par la Wilaya de Sétif (107), Bechar (100) et El Weedavec 60 magasins(Mpondo et al, 2012).

### **1.1.3- Avantages de phytothérapie**

En général, le corps humain se prête beaucoup mieux aux traitements à base de plantes qu'à la chimiothérapie seule (Iserin, 2001).

Cependant, malgré les progrès considérables de la médecine moderne, les plantes médicinales présentent certains avantages. Rappelez-vous, à l'exception des 100 dernières années, les humains n'ont eu que des plantes, que ce soit pour des maladies bénignes comme le rhume et la toux, ou des maladies plus graves comme la tuberculose et le paludisme (Iserin, 2001).

Aujourd'hui, alors que les médicaments comme les antibiotiques (considérés comme une solution quasi universelle aux infections graves) sont moins efficaces, " Les bactéries et les virus se sont peu à peu adaptés aux médicaments et leur résistent de plus en plus", les remèdes à base de plantes reprennent du poil de la bête, s'adaptent aux médicaments et deviennent de plus en plus résistants (Iserin, 2001).

La phytothérapie, qui apporte des remèdes naturels acceptables pour l'organisme, est souvent associée aux traitements conventionnels. Elle connaît de nos jours un renouveau exceptionnel en occident, spécialement dans le traitement des maladies chroniques, comme l'asthme ou l'arthrite. De plus, les effets secondaires induits par les médicaments inquiètent les utilisateurs qui se tournent vers des traitements moins agressifs pour leur corps. Les hospitalisations dues aux effets secondaires chimiques sont estimées de l'ordre de 10 à 20(Iserin, 2001).

La plupart des espèces végétales qui poussent dans le monde contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme et ont donc des effets thérapeutiques. Elles présentent en effet des avantages dont les médicaments sont souvent dépourvus (Iserin, 2001).

#### **1.1.4- Inconvénients**

Le manque de preuves scientifiques ne soutient pas l'efficacité des médicaments à base de plantes, et la plupart des affirmations concernant l'efficacité thérapeutique sont faites par les praticiens eux-mêmes. Beaucoup d'entre elles n'ont pas été scientifiquement prouvées. Le diagnostic est souvent imprécis, et les moyens de diagnostic connus sont l'odorat, l'apparition des symptômes, les tests d'efficacité inconnus, l'interrogation des esprits et des ancêtres dans une religion particulière... Le dosage du produit est également arbitraire et imprécis. De même les méthodes de préparation sont non hygiéniques (Sofowora, 2010. Kabahoum, Ladjal, 2021).

#### **1.1.5-Précautions d'emploi**

Comme pour tous les médicaments, certaines plantes médicinales provoquent des effets indésirables. Pour cette raison, ces plantes doivent être utilisées avec prudence. L'utilisation des plantes médicinales nécessite des conseils d'experts. En fait, l'éphédra sous-dosé (*Ephedra sinica*) est hautement toxique. La consoude (*Symphytum officinale*) est mortelle. Cependant,

lorsque les remèdes à base de plantes sont utilisés correctement, le risque d'effets secondaires est très limité (Iserin, 2001).

## **1.2- Plantes médicinales**

Pendant des siècles et des millénaires, nos ancêtres ont utilisé les plantes pour soulager la douleur, soigner les maux et cicatriser les blessures, en s'efforçant quand ils le pouvaient de les consigner par écrit. Aujourd'hui encore, malgré les avancées de la pharmacologie, l'usage thérapeutique des plantes médicinales est encore très présent dans certains pays du monde, notamment dans les pays en développement (Tabuti, 2003).

En Afrique, les plantes médicinales sont une ressource précieuse pour la majorité de la population rurale, où plus de 80% de cette population s'en sert pour assurer les soins de santé en l'absence d'un système de santé moderne (Jiofack, 2010). Malgré la part importante de la médecine moderne dans le monde, le premier soin pour la majorité des gens est la médecine traditionnelle, qui est omniprésente dans la culture populaire (Selles, 2012).

La médecine traditionnelle arabe est issue de deux courants principaux. Influencée par la médecine indienne et mésopotamienne, et une autre dite médecine prophétique, la médecine traditionnelle est omniprésente dans la culture populaire et assure les soins de base à la majorité de la population (Selles, 2012).

Datant de plus de 4 000 ans, les Égyptiens ont peut-être été les premiers à exploiter le règne végétal pour des raisons esthétiques et spirituelles. Par la suite, les civilisations arabes, avec Bagdad, Bassorah et Damas comme principaux centres commerciaux, ont développé un commerce des épices, des herbes en particulier, et des plantes médicinales en général (Selles, 2012).

Le marché des plantes médicinales se développe rapidement et génère d'énormes profits. Il s'ensuit que l'innocuité et la qualité de ces produits sont maintenant des questions qui intéressent de plus en plus les autorités sanitaires comme le public (OMS, 2003. Kabahoum M, Ladjal L, 2021).

### **1.2.1- Origine des plantes médicinales**

Les plantes médicinales sont caractérisées par deux origines. Ce sont les plantes spontanées dites "sauvages" ou "de cueillette", et les plantes cultivées (Chabrier, 2010 ; Ouedraogo, S *et al*, 2021).

- Plantes sauvages

Cette catégorie est la plus ancienne et détient encore aujourd'hui une part importante du marché mondial. Leur répartition et leur développement dépendent de plusieurs facteurs comme la nature du sol et surtout le climat (Chabrier, 2010 ; Ouedraogo, S et al,2021). Ces plantes sont en fait affectées par la température, la latitude, l'altitude, la composition du sol, etc. Ces conditions édaphiques font de ces plantes un véritable réservoir de traits génétiques(Ouedraogo S et al,2021).

- Plantes cultivées

Grâce à des techniques de culture standardisées, ces plantes permettent d'obtenir des matières premières de bonne qualité en quantités suffisantes et homogènes. En fait, la culture des plantes médicinales est conforme aux directives de l'OMS sur les bonnes pratiques agricoles et de récolte (BPAR) pour les plantes médicinales (OMS, 2003a ; Ouedraogo et al,2021). Elles s'appliquent à la culture et à la récolte des plantes médicinales et à certaines opérations post-récolte. Cette directive peut être adaptée aux réglementations en vigueur dans différents pays. En plus de tous ces avantages de qualité, la culture compense toute variabilité ou déséquilibre des souches naturelles (Chabrier, 2010 ; Ouedraogo et al,2021).

La grande diversité produite au sein des espèces cultivées est également un réservoir de traits génétiques, bien que beaucoup plus faible que dans la flore naturelle (Chabrier, 2010 ;Ouedraogo *et al*,2021).

### **1.2.2- Définition d'une plante médicinale**

Les plantes médicinales constituent un patrimoine précieux pour l'humanité, elles sont des usines chimiques naturelles qui produisent des produits biochimiques : alcaloïdes, huiles essentielles, flavonoïdes, tanins...et les mettre à disposition pour notre santé et pour répondre à nos besoins vitaux (Schauenberg.P et Paris, 1997 ;Bakiri N et al.,2016).

Malgré les progrès de la pharmacologie, l'usage thérapeutique des plantes médicinales est très répandu dans certains pays du monde, en particulier dans les pays en développement (Tabuti, et Dhillion, 2003).

La pharmacopée française dans sa note 1 définit une plante médicinale comme une « drogue végétale au sens de la pharmacopée européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses ». Une « drogue végétale » est une plante ou une partie de plante, utilisées en l'état, soit à l'état frais, ou soit le plus souvent sous la forme desséchée.L'expression drogue végétale ou, plus couramment, drogue, désigne donc une

matière première naturelle qui sert à la fabrication de médicaments (Sanago R, 2006. Saouli,2019).

### **1.2.3- Indications thérapeutiques**

Chaque plante a des effets thérapeutiques traditionnels, oraux ou topiques (Bremness L,1996. Chabrier, 2010).

La consécration officielle de l'usage des plantes médicinales est leur inscription dans les Cahiers de l'Agence 1998 "Liste Officielle des Indications Thérapeutiques des Médicaments à Base de Plantes". Aucune utilisation spécifique pour des conditions médicales graves n'est mentionnée. Ainsi, seules les indications thérapeutiques correspondant à des affections médicales mineures et courantes sont mentionnées. Cependant, de nombreuses autres plantes sont utilisées sur prescription ou à la simple demande d'un acheteur, ou par des fabricants spécialisés de produits pharmaceutiques (Bézanger-Beauquesne L *et al*,1986.Chabrier,2010).

### **1.2.4- Composition des plantes médicinales**

Les plantes ont une composition chimique complexe composée de plusieurs substances. Cette composition complexe résulte de l'interaction entre les plantes et leur environnement. En effet, il extrait l'eau et les minéraux ses racines dans le sol (oligo-éléments et macroéléments) nécessaires à sa croissance. Les feuilles réalisent la photosynthèse et produisent des molécules complexes appelées composés organiques (Chabrier, 2010 ; Ouedraogo S *et al*,2021).

Les substances produites par les plantes peuvent être divisées en deux groupes :

- Métabolites primaires nécessaires à la vie végétale qui n'ont qu'une activité pharmacologique de base (glucides tels que la cellulose et l'amidon, lipides, enzymes, etc.)
- Métabolites secondaires ou spécialisés aux compositions plus complexes et généralement regroupés en grandes familles chimiques comme les polyphénols, les terpenoids et les alcaloïdes (Fatiha, 2019 ;Ouedraogo S *et al*,2021).

Ce dernier groupe de métabolites contient les molécules les plus couramment utilisées en thérapeutique. Ils présentent également un grand intérêt pour les plantes car ils les protègent des rayons du soleil et de l'oxydation et agissent comme des signaux d'échange avec l'environnement (pour se protéger des autres espèces ou pour attirer les insectes pollinisateurs)(Chabrier, 2010 ; Fatiha, 2019 ; Ouedraogo S *et al*,2021).

Les composants les plus importants des PM sont : les HEs, les phénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes et les tannins (Rombi et Robert, 2015 ;Berrabah H et Rechachi A, 2022).

#### **1.2.4.1-Huiles essentielles**

Ce sont des molécules avec des noyaux aromatiques et des caractéristiques volatiles qui donnent aux plantes leur odeur caractéristique et sont situées dans les organes sécrétoires. Ils servent à protéger les plantes d'un excès de lumière et à attirer les insectes pollinisateurs (Dustant et al, 2013 ;Bouguermi L et Bouzar Dilmi S, 2021). Elles sont utilisées dans le traitement des maladies inflammatoires telles que les allergies, l'eczéma et facilitent l'élimination de la gaze intestinale (Iserin et al, 2001).

#### **1.2.4.2-Alcaloïdes**

Un alcaloïde est une substance organique azotée d'origine végétale a caractère alcalin et présentant une structure moléculaire hétérocyclique complexe. Les alcaloïdes sont l'un des principes actifs les plus importants en pharmacologie et en médecine. Leur intérêt s'est traditionnellement basé sur leurs effets physiologiques et psychologiques, notamment sur l'homme (Badiaga, 2011).

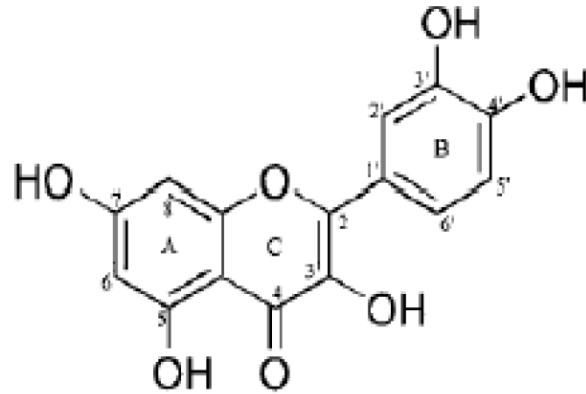
#### **1.2.4.3-Les terpènes et terpenoids**

Le terme de terpénoïde est attribué à tous les composés possédant une structure moléculaire construite d'un monomère à 5 carbones appelé isoprène, ces composés sont majoritairement d'origine végétale (Malecky, 2005). Synthétisés par les plantes, organismes marins, les champignons et même les animaux (Benaïssa, 2011).

Ils sont des arômes et des parfums, des antibiotiques, des hormones végétales et animales, des lipides membranaires, des attracteurs d'insectes, des anti alimentaires et des médiateurs des processus essentiels de transport d'électrons (Crozier et al., 2008).

#### **1.2.4.4-Flavonoïdes**

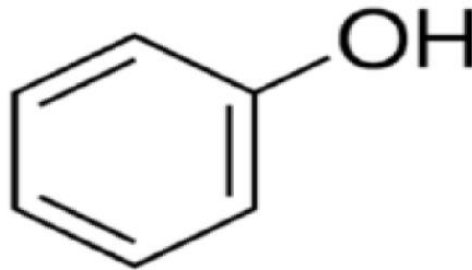
Les flavonoïdes (Figure 1) sont à l'origine de la coloration des feuilles, des fleurs, des fruits et d'autres parties de la plante. Ils ont un effet antibactérien, mais ils ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales. Ils peuvent être utilisés dans diverses industries telles que les cosmétiques, l'alimentation et les produits pharmaceutiques (Wichtl et Anton, 2009 ; Berrabah H. Rechachi A, 2022).



**Figure 1** Structure générale des flavonoïdes (Heim et al., 2002).

#### 1.2.4.5-Phénols

Les phénols sont des petites molécules composées d'un noyau benzénique et au moins d'un groupe hydroxyle (figure 2), ces phénols sont solubles dans les solvants polaires, leur biosynthèse dérive de l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique. Ils possèdent des activités anti-inflammatoires, antiseptiques et analgésiques (Iserin et al., 2001).



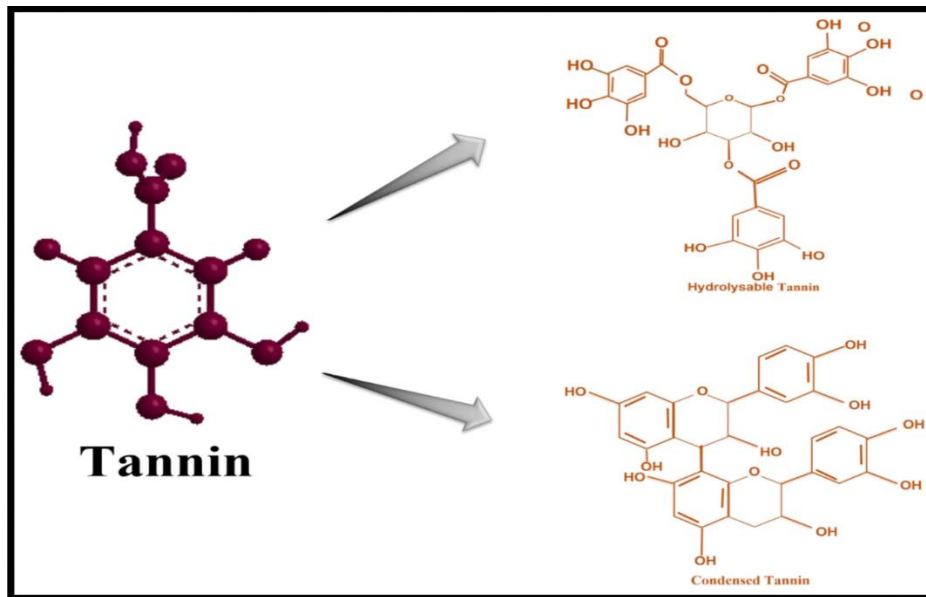
**Figure 2** Structure générale des phénols (Laurent, 2017).

#### 1.2.4.6-Tanins

Alternativement, l'acide tannique est un composé organique complexe. On le trouve couramment sur l'écorce et les feuilles. Utilisé pour tanner les peaux d'animaux en cuir (Dangles et al., 1992). Les tanins sont solubles dans l'eau et ont des poids moléculaires compris entre 500 et 3000 daltons (Bruneton, 1999 ; Guettaf temam H, Boucherit. S, 2021), et deux types de tanins se distinguent selon leur structure et leurs propriétés :

- Les tanins condensés, formés de pro-anthocyanidines (sous forme d'oligomères)
- Les tanins hydrolysables, esters des acides-phénols et de glucose (Abedini A., 2013).

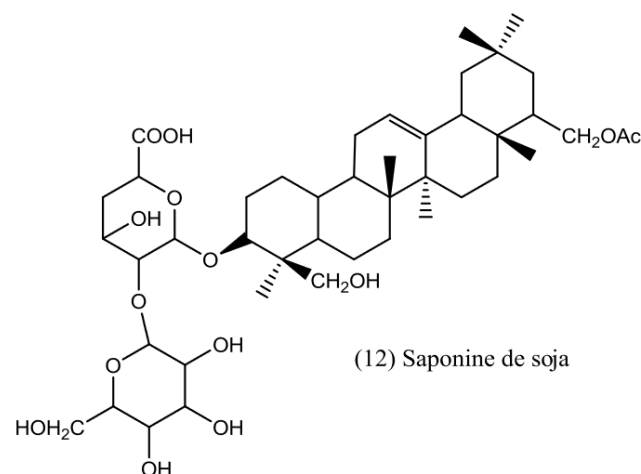




**Figure 3** Structure tridimensionnelle du tanin et sa classification (Kavitha et Kandasubramanian, 2020).

#### 1.2.4.7-Les saponines

Le nom saponines est dérivé du mot latin pour savon «sapo», et vient du fait que ces composés moussent lorsqu'ils sont mélangés avec de l'eau. Ils sont composés d'aglycones non polaires attachés à un ou plusieurs sucres. Cette combinaison d'éléments structurels polaires et non polaires explique le comportement moussant dans les solutions aqueuses. Par définition, les saponines sont dites glycosides stéroïdiens ou triterpéniques. Une distinction fondamentale est faite entre les saponines stéroïdiennes et triterpéniques, toutes deux dérivées par biosynthèse de l'oxyde de squalène (Manach C *et al*, 2004 ; Muanda F N, 2010). Un exemple est les saponines de soja (Figure 4).



**Figure 4** Structure des saponines de Soja (Muanda F N, 2010).

## 1.2.5- Préparation des plantes médicinales

### 1.2.5.1- Récolte

Les propriétés médicinales et les qualités culinaires des nombreuses herbes et autres végétaux proviennent des principes actifs et aromatiques qu'ils contiennent. Donc, la récolte n'est opportune qu'un moment où les organes recherchés sont le plus richement pourvus de ces principes actifs et de ces arômes (Mahmoudi, 1986 ; Baidji A, 2014). Parce que les plantes se développent tout au long de l'année et que la concentration de leurs composants chimiques actifs varie, il est donc nécessaire de connaître le calendrier de récolte pour chaque plante, par exemple certaines parties de plantes peuvent être récoltées tout au long de l'année, alors que cette règle ne s'applique pas à d'autres plantes, il faut respecter la nature pour obtenir une bonne récolte (Bernard, 2020 ; Laib S *et al*, 2021).



**Figure 5** Récolte des plantes médicinales (Laib S *et al*, 2021).

### 1.2.5.2- Séchage

Le séchage des PM est une technique qui consiste à déshydrater le végétal. Il est effectué juste après la récolte en respectant certaines conditions et quelques règles génériques. En effet, quelques conditions s'avèrent nécessaires pour sécher les PM à savoir ; la température reste stable et relativement chaude (comprise entre 30 et 40°C) et l'humidité relative de l'air soit minimale. En revanche, des températures de séchages supérieures à 40°C peuvent détruire les composants médicinaux des HEs qui sont très sensibles à la chaleur, ce qui entraîne la perte de ces intérêts thérapeutiques. Le séchage doit être rapide et dans un endroit bien aéré et à l'abri de la lumière (Debuigne et Couplane, 2013 ; Berrabah H et Rechachi A, 2022).



**Figure 6** Séchage des plantes médicinales (Original,2023).

### 1.2.5.3- Conservation

Avant le stockage des plantes, il faut bien vérifier qu'elles sont parfaitement séchées car moindre trace d'humidité déclencherait un processus de moisissure qui rendrait la drogue inutilisable (Mahmoudi,1986 ;Baidji A,2014). Des PM parfaitement séchées et bien conservées gardent très bien leurs vertus et peuvent être employées durant une année. Au-delà de cette période, leur pouvoir diminue et l'action thérapeutique disparaît. Le stock de plantes doit être renouveler chaque année. La conservation est, en effet, réalisée dans des bocaux de verre ou dans des sacs en papiers, dans un endroit sec, à l'abri de la lumière et de l'humidité. Une plante séchée saine et utilisable doit garder le même aspect, la même couleur et un bon parfum identique à celui constaté le jour de la fin de séchage(Debuigne et Couplan, 2013 ;Berrabah H et Rechachi A, 2022).



**Figure 7** Conservation des plantes dans un papier carton (Zorig H et Merzougui A,2021).

#### 1.2.5.4- La durée de conservation

Les plantes sécher restent plus longtemps que les plantes fraîches broyées. Les médicaments pilés après séchage gardent leurs principes actifs depuis au moins dix ans. Chaque fois que les médicaments sont exposés à l'air, ils perdent une partie de leur longévité, c'est - à - dire que chaque fois que vous ouvrez les flacons ou les boîtes, vous diminuez la force du médicament. Les médicaments liquides se conservent difficilement par rapport aux médicaments en poudre (Meddour et al., 2010 ; Laib S et al, 2021).

#### 1.3.1- Plante étudiée : *Lavandula x allardii*

La lavande *x allardii* (*L. x allardii*) appartient à la famille des lamiacées (Labiatae), une grande famille très typique du règne végétal et d'importance économique en raison de sa forte teneur en huiles essentielles. C'est l'une des grandes familles de dicotylédones, comprenant environ 7 200 espèces, avec 258 genres répartis en 7 ou 8 sous-familles représentant des herbes, des arbustes, et très rarement des arbres et des lianes (Lazarin et Couplan, 2010).

Le genre Lavender est l'un des genres les plus importants de la famille des *Lamiacées* et appartient à la sous-famille des *Nepetoïdes*. Il se compose d'environ 39 espèces, toutes originaires des régions sèches, ensoleillées et rocheuses du monde. Les plantes de ce genre sont aromatiques et réputées pour leurs épis agréablement parfumés de fleurs blanches, roses, bleues et violettes de mars à septembre (Bachiri et al., 2016).

Il existe deux types de *L. x allardii* : « African Pride » ou ancien clone A et *Lavandula x allardii* 'Clone B', ce dernier existe en Australie qui est trompeusement connu sous le nom de lavande mitcham (figure 21.2). Elle pousse jusqu'à 1,5 1,3 m et son feuillage est gris verdâtre, plus denté que celui de « African Pride ». Les longs épis de fleurs minces ont un calice grisâtre et les fleurs violet brillant sont du groupe violet 87A sur le tableau des couleurs de l'ERS de 1989. Selon les notes sur les étiquettes de l'herbier, c'est une lavande très parfumée et les feuilles sont pleines d'huile essentielle. Il est robuste et en croissance rapide, et en dépit d'être réduit chaque année (Lis-Balchin, 2002).



**Figure 8** Photo de *Lavandula x allardii* (Original,2023)

### 1.3.2- Taxonomie

Selon (Lis-Balchin,2002), la classification de *L. x allardii* est décrite dans le tableau 1

**Tableau 1** Classification de la plante *L. x allardii*

Règne	Plantae
Embranchement	Tracheophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lamiales Bromhead
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Lavandula</i> L.
Espèce	<i>Lavandula x allardii</i>

### 1.3.3- Répartition géographique

La lavande x allardii pousse sur les sols siliceux et les garrigues des régions arides méditerranéennes ou sahariennes. Leurs stations naturelles s'étendent du bord de mer jusqu'à des altitudes de 2500 m. Généralement, elle habite les lieux à climat tempéré et doux, dont les sols est pauvre et rocheux. En effet, elle présente sur toute la largeur de l'Afrique du nord et jusqu'au sud de la péninsule arabique : au Maroc, Espagne, Algérie, Ethiopie, Yémen, Arabie Saoudite. Elle est considérablement cultivée pour ses fleurs aromatiques dans différentes régions de France Italie, Angleterre, et même à l'extrême nord de la Norvège (Rebey et al., 2017).

### 1.3.4- Applications thérapeutiques et utilisation

Des recherches pharmacologiques se montrent que *L. x allardii* possède un large spectre d'activité biologique principalement les propriétés sédatives, antibactériennes, antifongiques,

antidépessives, anti-oxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses et antivirales. La lavande dentée est une PM utilisée dans la médecine traditionnelle comme antidiabétique, antispasmodique, antihypertenseur contre la grippe et les coliques néphrétiques, ainsi que la prévention des maladies cardiovasculaires et dégénératives (Balasundram, 2006 ; Imelouane et al., 2009). *L. x allardii* est utilisée également dans la préparation des parfums, des savons, des poudres de talc et des bougies parfumées), aussi dans l'ornementation et comme plante mellifère (Qneibi, 2018 ; Imelouane *et al.*, 2019).

#### **1.4- Huile essentielle : bref aperçu**

Les huiles essentielles (HE) sont des huiles tirées à base de plantes, avec un arôme propre à chacune d'elles. Ce sont des mélanges de substances aromatiques volatiles et odoriférantes qui sont présentes en faible quantité dans le végétal. Très aromatiques, très volatiles, elles passent instantanément de l'état liquide à l'état gazeux, aérien. Depuis fort longtemps, les HE sont connus et utilisés pour leurs parfums, leurs vertus cosmétiques et pour leurs propriétés thérapeutiques. Chaque huile possède des propriétés spécifiques liées aux différents composants qu'elle contient. Leur composition chimique est d'une grande complexité, ce qui les rend inimitables car chaque HE regroupe en réalité plusieurs substances aromatiques très élaborées et très différentes (Guenther E, 1948 ; Aboughe Angone, *S et al.*, 2015).

L'Association Française de Normalisation (AFNOR, Edition 2000), a défini les huiles essentielles comme étant : des produits obtenus soit à partir de matières premières naturelles par distillation à l'eau ou à la vapeur d'eau, soit à partir des fruits de Citrus par des procédés mécaniques et qui sont séparés de la phase aqueuse par des procédés physiques (Bousbia N, 2011).

Les huiles essentielles sont des substances de consistance huileuse, plus au moins fluides, voire résiniques de très odorantes, volatiles, souvent colorées : du jaune pâle au rouge foncé voire brun, en passant par le vert émeraude ou encore le bleu. Ces essences sont solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles, les émulsifiants et dans la plupart des solvants organiques, mais insolubles dans l'eau (Bardeau, 2009 ; Zaibet W, 2016). La plante utilise l'huile pour favoriser la pollinisation, ou comme source énergétique, facilite certaines réactions chimiques et pour conserver l'humidité des plantes dans les climats désertiques (Mohammedi, 2006 ; Zaibet W, 2016).

On peut les recueillir dans toutes les parties de la plante (fleurs, fruits, graines, écorces, tiges, ou parfois dans la plante entière). Leur composition varie souvent selon les conditions climatiques et l'environnement (Guenther E, 1948 ; Aboughe Angone, S et al, 2015).

Les HEs sont largement répandues dans le monde végétal mais n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Elles se trouvent en quantité appréciable chez environ 2000 espèces réparties en 60 familles botaniques, parmi lesquelles les Lamiacées, les Astéracées, les Rutacées, les Cannelacées, les Lauracées, les Myrtacées et les Zingibéracées (Al Abed et Kambouche, 2003 ; Amri, 2018).

Ces huiles sont d'intérêt croissant pour les industries et la recherche scientifique en raison d'une part, de leurs activités anti-oxydantes, antibactériennes et antifongiques (Alitonou GA, *et al*, 2013 et Dung NT, 2008 ; Aboughe Angone, S et al, 2015). Et d'autre part, de ce que la plupart des HE sont classées dans la liste des substances GRAS, qui les rendent utiles en tant que conservateurs naturels dans les industries agroalimentaires (Eyele Mve Mba C *et al*, 1994 et Rasooli I *et al*, 2008 ; Aboughe Angone, S et al, 2015).

#### **1.4.1- Méthodes d'extraction**

L'extraction des HEs est nécessairement une opération complexe et délicate. Elle a pour but, en effet de capter et recueillir les produits les plus volatils et fragiles qu'élabore la plante, et cela sans altérer la qualité. Il existe deux méthodes d'extraction des HEs à savoir ; les méthodes conventionnelles et les méthodes innovatrices (Boukhatem et al. 2019).

Le choix de la meilleure méthode d'extraction de l'HE dépend du type de matériel végétal à traiter, des propriétés physicochimiques de l'extrait et de son application (Hessas et Simoud, 2018).

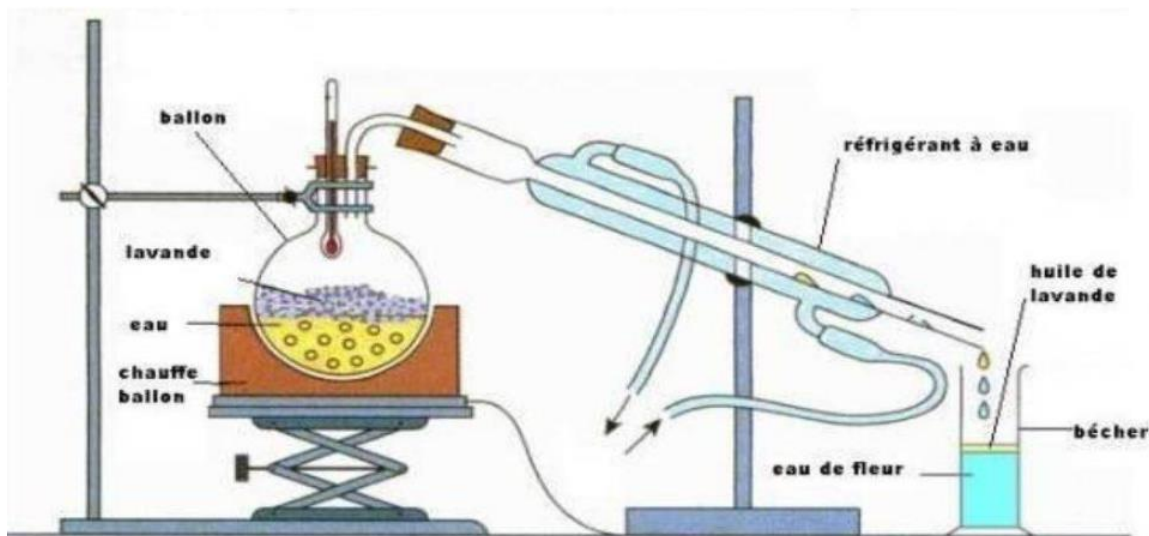
##### **1.4.1.1- Les méthodes conventionnelles**

###### **1.4.1.1.1- Distillation**

Lors de la distillation des huiles essentielles ; de nombreux phénomènes reposent sur l'échange de substances entre phases telles que solide, liquide et vapeur, ainsi plusieurs paramètres ont une influence sur la qualité de production et le rendement de ces essences botaniques. L'utilisation du principe de la distillation peut être divisée en trois procédés différents, à savoir : la distillation de l'eau, la diffusion hydraulique et la distillation à la vapeur (Ouis, 2015).

### - Hydrodistillation

L'hydrodistillation consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter (sec ou frais) dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition. Lorsque l'on chauffe le ballon qui contient la solution aqueuse, l'eau se vaporise. Cette vapeur casse les cellules végétales, libérant les molécules d'intérêt. Les plus volatiles d'entre elles sont emportées avec la vapeur. Celle-ci est ensuite refroidie dans un condenseur. Et les différentes substances sont récupérées séparément dans de la verrerie de laboratoire par différence de densité (Chaib. M Y et Benelhadj said A, 2020) (figure 8).

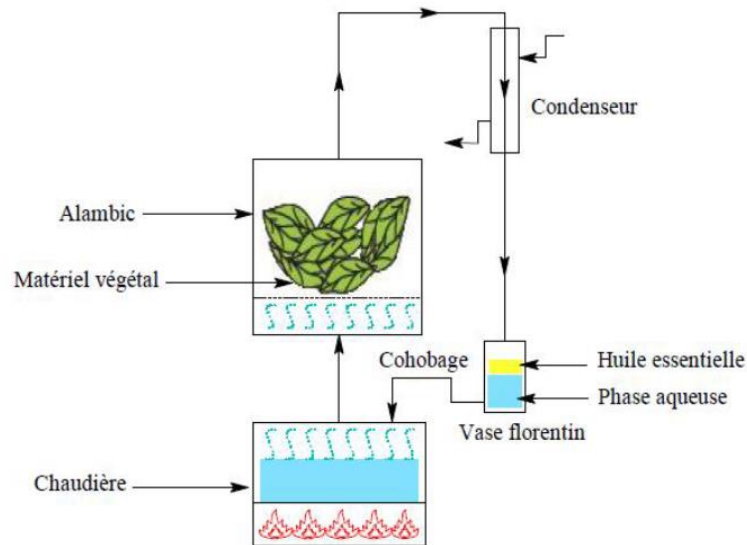


**Figure 9** Schéma descriptif de l'hydrodistillation (Chaib. M Y et Benelhadj said A, 2020)

### - Entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est la technique la plus récente de distillation dans laquelle il n'y a pas de contact direct entre la matière végétale et l'eau. Elle apporte une amélioration à la qualité de l'HE en réduisant les altérations hydrolytiques. Son procédé consiste à produire un vapeur d'eau dans une chaudière séparée, puis l'injecter à la base de l'alambic. Ensuite elle remonte à l'intérieur et traverse la plante en dissolvant et évaporant les molécules aromatiques. Après, la vapeur hétérogène passe par un système de refroidissement qui entraîne sa condensation en liquide saturé d'eau sur lequel flotte l'HE (Deschepper, 2017). La figure 9 illustre le montage de cette méthode.

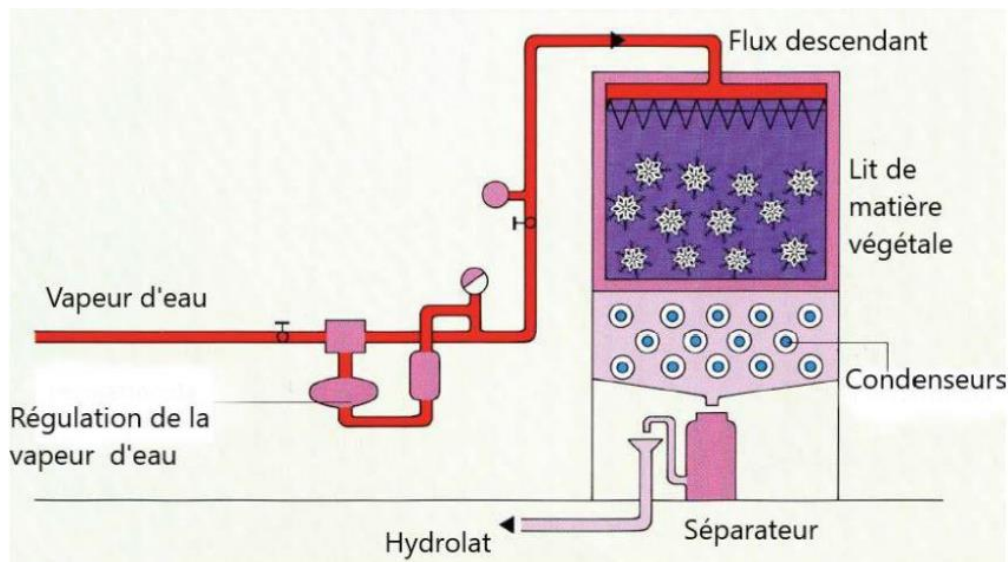




**Figure 10** Schéma de montage de l'entraînement à la vapeur d'eau (Chenni, 2016).

### - Vapo-diffusion (hydro-diffusion)

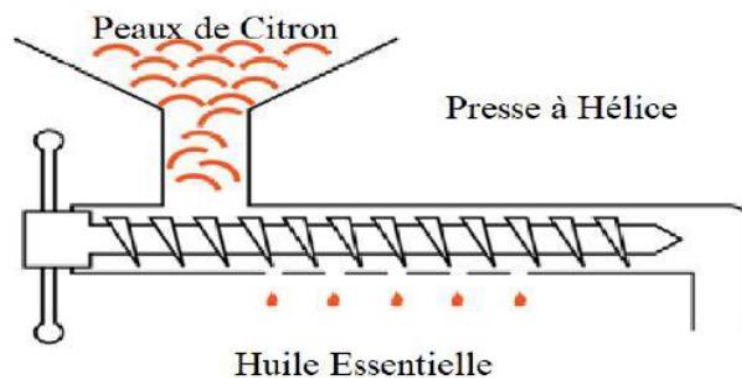
La méthode de vapo-diffusion pour l'extraction des huiles est un type de distillation à la vapeur et ne diffère que par la manière dont la vapeur pénètre dans le récipient de l'alambic. En hydro-diffusion, la vapeur est introduite par le haut sur le matériel végétal (figure 10) tandis que dans le cas de la distillation à la vapeur, la vapeur est alimentée par le bas. De cette façon, la vapeur peut saturer les plantes plus uniformément et en moins de temps qu'avec la distillation à la vapeur (figure 9)(Chaib. M Y et Benelhadj said A, 2020).



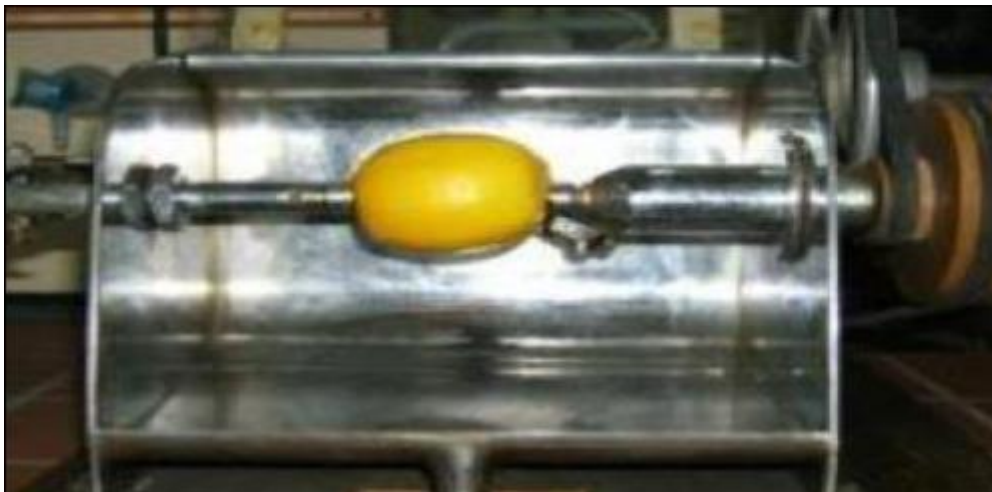
**Figure 11** Schéma descriptif de l'Hydro-diffusion (Kingston et Haswell, 1997 ;Chaib. M Y et Benelhadj said A, 2020).

#### 1.4.1.1.2-Expression à froid

L'expression ou la pression à froid est la méthode d'extraction la plus ancienne et est utilisée presque exclusivement pour la production d'huiles essentielles d'agrumes (figure 11). Cette méthode fait référence à tout processus physique au cours duquel les glandes d'huile essentielle de la peau et des cuticules sont brisées afin que l'huile soit libérée. Ce processus aboutit à la production d'une émulsion aqueuse, qui est ensuite centrifugée pour séparer l'huile essentielle logée dans la peau (ou épicarpe) des agrumes (Bousbia et al., 2009 ;Chaib. M Y et Benelhadj said A, 2020).



**Figure 12** Schéma descriptif de l'extraction par pression à froid (Chaib. M Y et Benelhadj said A, 2020).



**Figure 13** Photo de dispositif de l'expression à froid (Chenni, 2016).

#### **1.4.1.1.3-Extraction par solvant**

L'extraction par solvant est une technique utilisée pour extraire des substances odorantes volatiles à partir des organes de végétaux trop fragiles et qui ne supportent pas la chaleur. Cette méthode consiste à épuiser la matière végétale à l'aide d'un solvant approprié pendant une durée déterminée. Après décantation et concentration, le solvant est ensuite éliminé par distillation partielle et on obtient un mélange pâteux odorant appelé concrète. Ce dernier ne contient pas uniquement des molécules volatiles mais également des cires et des acides gras. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont : l'hexane, cyclohexane, l'éthanol, moins fréquemment le dichlorométhane et l'acétone (Boukhatem, 2019).

#### **1.4.1.1.4- Enfleurage**

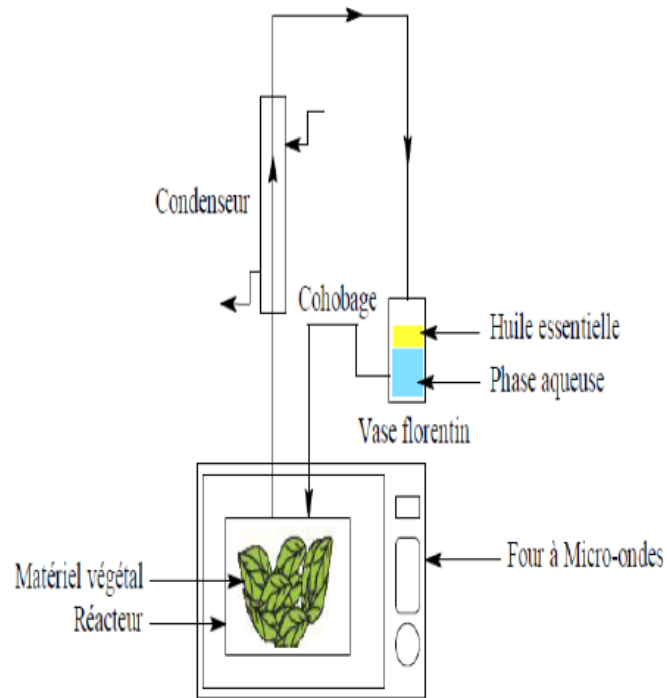
L'enfleurage est une technique utilisée pour extraire les substances odorantes des fleurs fragiles qui ne supportent pas la chaleur de la distillation. Elle est fondée sur l'affinité pouvant exister entre un corps gras et une HE. Son principe consiste à déposer les pétales des fleurs à une température ambiante, sur des plaques enduites de graisses solides sur lesquelles, elles séjournent de 24 à 78 heures. On obtient ainsi une pommade (graisse saturée en constituants volatils) à partir de laquelle, on récupère les produits volatils floraux au moyen d'un alcool (Alloun, 2018).

#### **1.4.1.2- Les méthodes innovantes**

Les technologies d'extraction conventionnelles se caractérisent par plusieurs inconvénients et sont généralement consommatrices d'énergie. L'augmentation du coût de l'énergie et l'approche plus respectueuse de l'environnement adoptée (c'est-à-dire la réduction des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ont incité les parties prenantes à se tourner vers des technologies alternatives rentables, durables et capables d'obtenir des produits aux caractéristiques identiques ou améliorées (Chaib. M Y et Benelhadj said A, 2020).

##### **1.4.1.2.1- Extraction assistée par micro-onde**

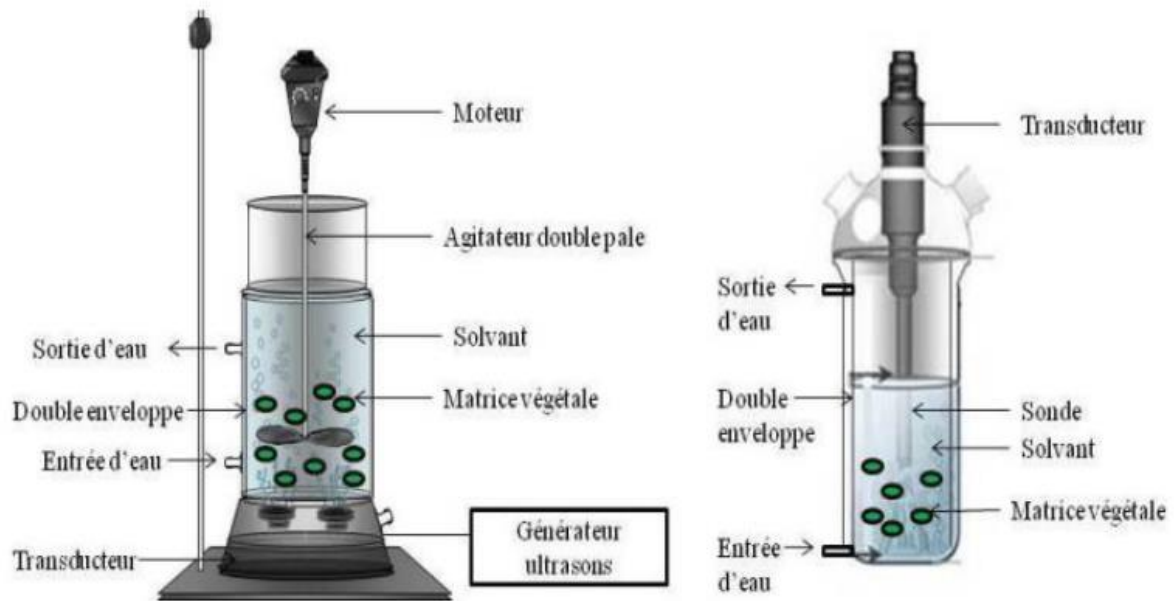
L'extraction par micro-onde (figure 13) est une technique récente qui combine l'utilisation des microondes et d'autres méthodes conventionnelles. Elle consiste à placer la matière végétale dans un réacteur au sein d'un four et chauffé par les micro-ondes sans l'ajout d'eau ou de solvant. Les vapeurs sont ensuite entraînées dans le col de cygne avant d'être condensées dans le réfrigérant puis recueillies dans un essencier (Lucchesi, 2006).



**Figure 14** Schéma de montage de l'extraction sans solvant assisté par micro-ondes (Chenni, 2016).

#### 1.4.1.2.2- Extraction par ultrasons

L'extraction de composés biologiquement actifs par ultrasons (20-100 kHz) est une technique Une technologie émergente qui peut fournir une grande reproductibilité en peu de temps, trois fois plus vite qu'une simple extraction par solvant. Il est facile à mettre en œuvre et consomme très peu de solvant et d'énergie (Chemat et al., 2004). En effet, les matières premières sont immergées dans de l'eau ou des solvants tout en étant soumises à des ondes ultrasonores. Cette technologie peut être utilisée pour extraire des composés aromatiques ou des essences végétales, mais elle est principalement utilisée pour extraire certaines molécules thérapeutiquement significatives (Kronholm, J, *et al*, 2007 ; Bouguerra A, *et al*, 2021).

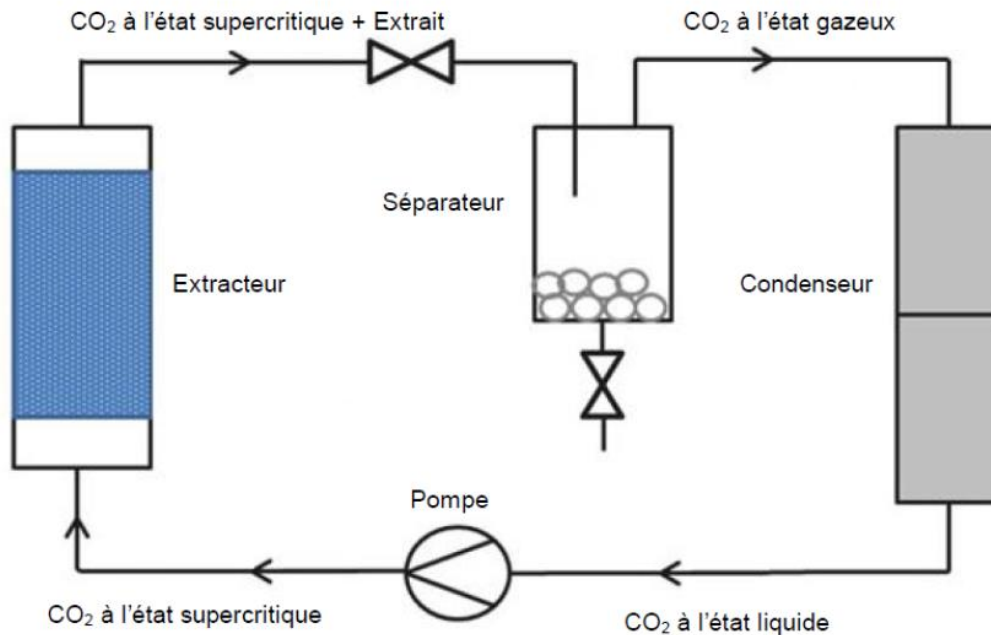


**Figure 15**Extraction aux ultrasons bac et sonde (Mnayer,2014).

#### 1.4.1.2.3- Extraction par fluide à l'état supercritique

L'originalité de la technique d'extraction par fluide supercritique, dite SFE, provient de l'utilisation de solvants dans leur état supercritique, c'est-à-dire dans des conditions de températures et de pressions où le solvant se trouve dans un état intermédiaire aux phases liquide et gazeuse et présente des propriétés physico-chimiques différentes, notamment un pouvoir de solvation accru. Si, en pratique, de nombreux solvants peuvent être employés, 90% des SFE sont réalisées avec le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), principalement pour des raisons pratiques. En plus de sa facilité d'obtention due à ses pression et température critiques relativement basses, le  $\text{CO}_2$  est relativement non toxique, disponible à haute pureté et à faible prix, et il possède l'avantage d'être éliminé aisément de l'extrait (Leszczynska, D,2007 ; Boukhatem, M, *et al* ;2019).

SFE est une alternative à l'utilisation de solvants chimiques, et une avancée vers la séparation de composés à hautes valeurs ajoutées. Elle consiste à charger la matière végétale dans l'extracteur, puis le  $\text{CO}_2$  introduit sous pression est réfrigéré. Ensuite Le  $\text{CO}_2$  reprend sa forme gazeuse par une réduction de pression, et il conduit vers un séparateur où il sera séparé en extrait et en solvant. Après évaporation du solvant, l'extrait est décanté pour obtenir l'absolu. Enfin le  $\text{CO}_2$  est récupéré dans un condensateur et recyclé pour de nouvelles opérations (Chenni, 2016).



**Figure 16** Schéma du procédé de l'extraction par CO<sub>2</sub> supercritique (Negahban *et al.*, 2012).

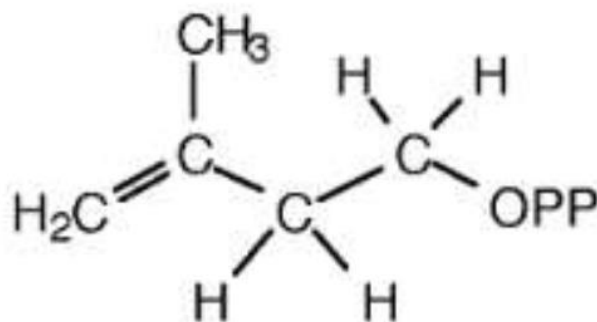
#### 1.4.2- Composition chimique des HEs

Les constituants des HEs appartiennent principalement à deux classes chimiques distinctes : les terpènes et les phénylpropanoïdes. Bien que les terpènes et leurs dérivés oxygénés (terpénoïdes) soient plus fréquents et plus abondants dans les huiles essentielles, certaines espèces contiennent de grandes quantités de phénylpropanoïdes qui confèrent une odeur et une saveur spécifiques à la plante (Baser et Buchbauer, 2015 ; Boudjedjou L, 2020).

##### 1.4.2.1- Les terpénoïdes

Les terpénoïdes renferment dans leur structure une unité isoprénique à cinq carbones (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) mais leur véritable précurseur est l'isopenténylpyrophosphate (Figure 16).

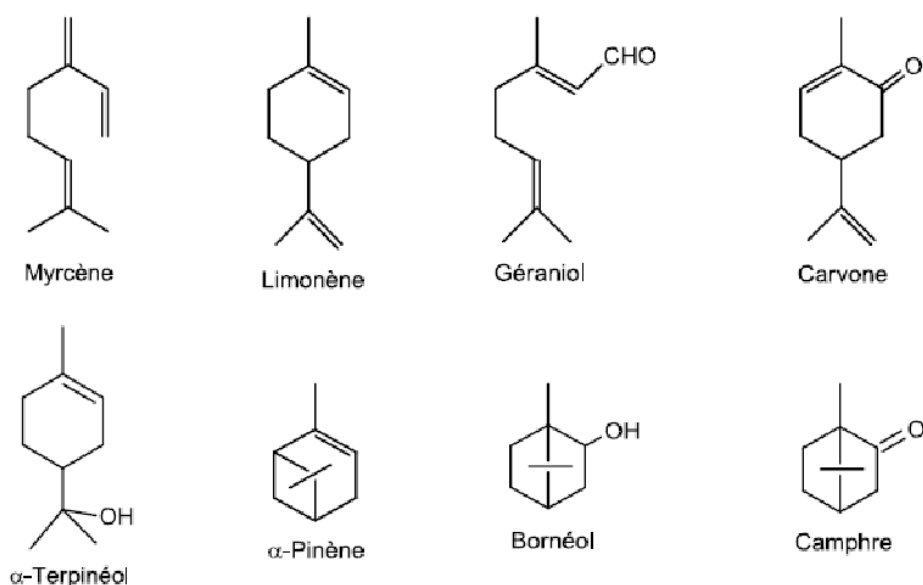
Selon le nombre d'unités isopréniques associées, on distingue : les hémiterpénoïdes (C<sub>5</sub>), les monoterpènes (C<sub>10</sub>), les sesquiterpènes (C<sub>15</sub>), les diterpènes (C<sub>20</sub>), les triterpènes, (C<sub>30</sub>) et les tétraterpènes (C<sub>40</sub>) (Moghaddam et Mehdizadeh, 2017 ; Boudjedjou L, 2020).



**Figure 17** Structure de l'isopentényl pyrophosphate (Boudjedjou L, 2020).

Seuls les terpènes les plus volatils, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée, y sont rencontrés soit les monoterpènes (myrcène, pinène, terpinène, etc.) et les sesquiterpènes ( $\beta$ -caryophyllène,  $\alpha$ -humulène,  $\beta$ -bisabolène, etc.). Exceptionnellement, quelques diterpènes ( $C_{20}H_{32}$ ) peuvent se retrouver dans les huiles essentielles (Bakkali *et al.*, 2008 ; Boudjedjou L, 2020).

Les composés terpéniques sont induits et émis par la plante en réponse à des facteurs biotiques et abiotiques internes (génétiques et biochimiques) et externes (écologiques) (Penuelas *et al.*, 1995 ; Boudjedjou L, 2020). La plante émet également des composés terpéniques pour se protéger d'organismes pathogènes et d'autres espèces végétales (Holopainen, 2004 ; Boudjedjou L, 2020).



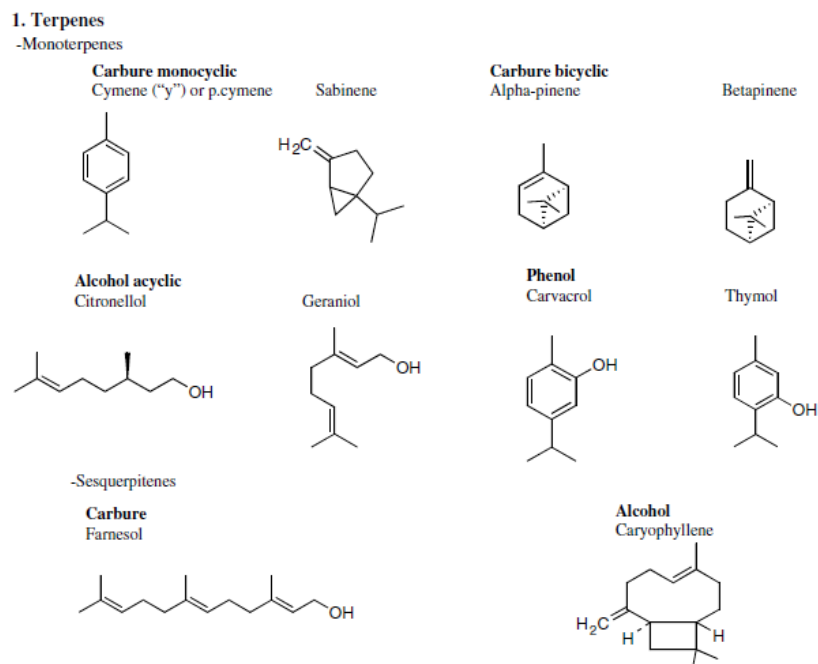
**Figure 18** Structure de quelques terpènes (Boudjedjou L, 2020).

### 1.4.2.2-Les phénylpropanoïdes

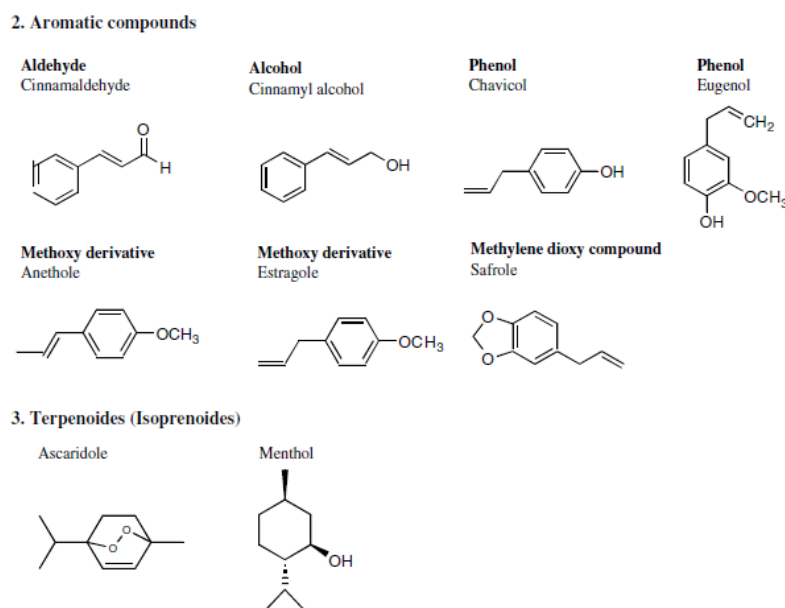
Les phénylpropanoïdes forment un groupe important de métabolites secondaires synthétisés par les plantes à partir de la phénylalanine. Ils sont tous caractérisés par le même squelette carboné issu de la Phe : un noyau aromatique et une chaîne latérale de trois carbones (C6-C3). Ces composés aromatiques sont impliqués dans des fonctions diverses telles que la protection contre les infections, les radiations ultraviolettes, les herbivores et les blessures (Andrade *et al.*, 2014 ;Boudjedjou L, 2020).

### 1.4.2.3- Autres constituants

Les essences peuvent contenir des traces des autres composants. Il s'agit de produits résultant de la transformation de molécules non volatiles provenant d'acides gras insaturés, de lactones, de terpènes, de glycosides, et composés contenant du soufre et de l'azote (Hyldgaard *et al.*,2012).







**Figure 19** Structure chimique des composants prépondérants des HEs (Bakkali et al., 2008).

### 1.4.3- Facteurs influençant la composition chimique des huiles essentielles

Il est bien admis que les profils chimiques des huiles essentielles sont fortement affectés par de nombreux facteurs intrinsèques et extrinsèques incluant les facteurs génétiques (espèce, chémotype) (Verma et Shukla, 2015), le stress biotique (attaques des agents pathogènes) (Taiz et Zeiger, 2006), les conditions climatiques (Rguez *et al.*, 2019) et édaphiques (type du sol, salinité) (Badawy *et al.*, 2018), le stade de développement des plantes (Moisa *et al.*, 2019), les organes prélevés (Bellili *et al.*, 2018), la période et la zone géographique de récolte (Shahbazi, 2016) ainsi que la méthode d'extraction (Younis *et al.*, 2007)(Boudjedjou L, 2020).

### 1.4.4- Propriétés et caractéristiques physico-chimiques

Les HEs sont constituées des molécules aromatiques de très faible masse moléculaire. Elles sont très odorantes, volatiles, inflammables, liquides à température ambiante. Leurs couleurs varient du jaune au vert en passant par le rouge ou le marron foncé. Leur densité est inférieure à celle de l'eau, exception faite pour les HEs de clou de girofle, cannelle et saffras qui sont plus lourde. Elles sont solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les émulsifiants, acide gras et dans la plupart des solvants organique et insoluble dans l'eau. L'HE a un indice de réfraction élevé et elle est optiquement active (Bruneton, 1999 ; Berrabah H et Rechachi A, 2022).

### 1.4.5- Intérêts des huiles essentielles

L'intérêt accru de la population pour les produits de santé naturels a contribué au développement de l'industrie des HEs. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, 80 % de

La population mondiale a recours aux médecines traditionnelles pour satisfaire des besoins en soins de santé primaire. Elles peuvent être utilisées directement comme agents thérapeutiques dans différentes pathologies (digestive, infectieuse, etc.) fait appel à leurs propriétés : anti-infectieuse, antalgique, anti-inflammatoire, sédative, antimicrobien, antispasmodique et antioxydante (Bessah et benyoussef, 2015). Mais aussi comme matières premières pour la synthèse de principes actifs. L'industrie des cosmétiques, savonneries et parfums constitue le plus gros consommateur d'HEs, selon la société nationale de développement de la recherche (NRDC).

Les HEs sont utilisées dans l'industrie agro-alimentaire comme des rehausseurs de goût des aliments et la conservation grâce aux effets antimicrobiens et antioxydants de certains de leurs constituants. Ces agents naturels viennent réduire ou remplacer les agents de conservation chimiques qui présentent des effets néfastes sur la santé (Bessah et benyoussef, 2015 ; Ouis, 2015).

#### **1.4.7-Toxicité des huiles essentielles**

Malgré les activités bénéfiques des HEs, elles ne sont pas des produits qui peuvent être utilisées sans risque. Elles sont toxiques à fortes doses et peuvent induire des troubles très graves. Elles sont dangereuses, en raison de leur hépatotoxicité, dermatotoxicité, neurotoxicité, et néphrotoxicité. Elles ont aussi des effets tératogènes, abortifs et cancérigènes. Notons que, certaines précautions, sont nécessaires pour évaluer le danger potentiel des HEs qui sont susceptibles de représenter à un certain niveau d'exposition afin d'éviter tout risque. Il est impératif de se souvenir que produit naturel issu de plante n'implique pas innocuité absolue (Bouhaddouda, 2016 ; Deschepper, 2017).

#### **1.5- Activités biologiques des huiles essentielles**

L'HE et ses constituants ont de nombreuses activités biologiques spécifiques. Ils ont démontré une variété de compétences thérapeutiques et médicales, notamment : Activité antibactérienne, antifongique, antibiofilm, antioxydante et autres activités démontrées dans des études récentes (Ismaili et al., 2017).

##### **1.5.1- Activité antioxydants**

L'oxygène est essentiel aux activités de la vie, en particulier à la respiration cellulaire, cependant, son métabolisme peut générer des éléments réactifs appelés radicaux libres (ROS) (Boudjedjou, 2020). Les radicaux libres sont des molécules ou des atomes contenant un seul

électron dans une orbitale (Leverve, 2006 ;Boudjedjou, 2020). Les radicaux libres dérivés de l'oxygène moléculaire sont appelés espèces réactives de l'oxygène (ROS).

Le rôle des radicaux libres est très complexe et peuvent exercer des rôles physiologiques et des effets toxiques selon leur concentration. Ils sont impliqués dans la fonction d'enzymes spécifiques, la transmission des signaux cellulaires, la défense immunitaire contre les agents pathogènes, le cycle cellulaire, la différenciation cellulaire, la régulation de la dilatation capillaire et des fonctions neuronales spécifiques (Haleng et al., 2007 ;Boudjedjou, 2020). La chaîne respiratoire et l'inflammation sont les deux principales sources de ROS. Elles conduisent à la production des anions superoxyde, de l'eau oxygénée et des radicaux hydroxyles (De Moffarts et al., 2005 ; Boudjedjou, 2020).

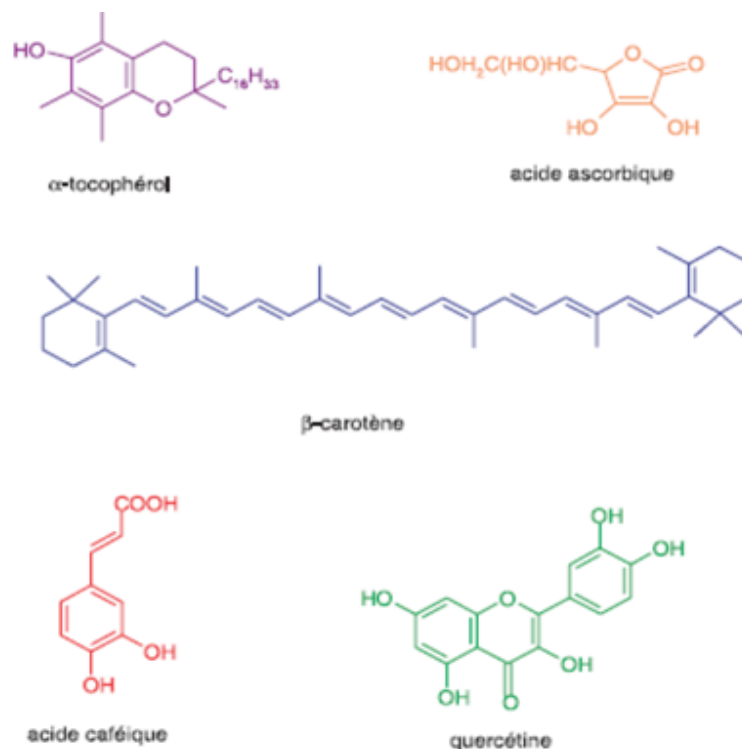
Lorsque la production physiologique des radicaux libres de l'organisme est totalement contrôlée par le système de défense : la balance antioxydants / pro-oxydants est en équilibre. Si ce n'est pas le cas, un déséquilibre entre les systèmes générateurs d'ERO et les systèmes de défense conduit à un « stress oxydatif », soit en raison d'un manque d'antioxydants, soit en raison d'une surproduction de radicaux libres (Xing et al., 2012 ; Boudjedjou, 2020). Le stress oxydatif endommage les macromolécules biologiques (ADN, protéines, lipides, glucides), provoquant une perte de leurs fonctions biologiques ainsi qu'des lésions tissulaires (Pincemail et al., 2002 ; Boudjedjou, 2020). Dans les membranes, l'oxydation des lipides et la réaction des produits d'oxydation avec d'autres composants membranaires modifient certaines fonctions biologiques importantes, telles que la perméabilité, la fluidité et même l'activité des récepteurs et des enzymes (Cillard et Cillard, 2006 ; Boudjedjou, 2020).

L'organisme humain est riche en divers antioxydants qui servent à lutter contre les effets du stress oxydatif. Les mécanismes de défense endogènes reposent sur des systèmes antioxydants enzymatiques (glutathion peroxydase (GPx)) et non enzymatiques (LE glutathion) (Birben et al., 2012 ; Boudjedjou, 2020). De plus, des antioxydants exogènes, principalement d'origine végétale, sont apportés par l'alimentation sous forme de composés phénoliques, d'acide ascorbique et de caroténoïdes (Laguerre et al., 2007 ; Boudjedjou, 2020).

Le potentiel antioxydant des HE a été démontrée dans de nombreuses études (Emami et al., 2011 ; Boudjedjou, 2020). Cette possibilité est due à l'inclusion de composés terpéniques avec des composés phénoliques. En fait, les terpènes sont considérés comme des antioxydants naturels qui pourraient potentiellement être utilisés comme additifs dans les compléments alimentaires pour prévenir le stress oxydatif qui contribue au développement de maladies

dégénératives (Edris, 2007 ; Boudjedjou, 2020). Il en va de même pour l'activité antioxydante des composés phénoliques, qui jouent un rôle important dans la neutralisation des radicaux libres et la décomposition des peroxydes (Amorati et al., 2013 ; Boudjedjou, 2020).

trois différentes méthodes antioxydantes (TAC, DPPH et FRAP) ont été utilisées pour tester les propriétés antioxydantes (Elkhamlichi et coll., 2017 ; Boughalleb et coll., 2020 ; Cherfia,2021). Ils ont observé que le méthanol et les extraits d'acétate d'éthyle ont montré une capacité antioxydante remarquable, et la capacité antioxydante a été légèrement augmentée avec la durée de stockage (Cherfia,2021).



**Figure. 20** Exemples d'antioxydants d'origine alimentaire.

α-tocophérol (vitamine E), acide ascorbique (vitamine C), β-carotène (famille des caroténoïdes), acide caféique et quercétine (famille des polyphénols)(Boudjedjou, 2020).

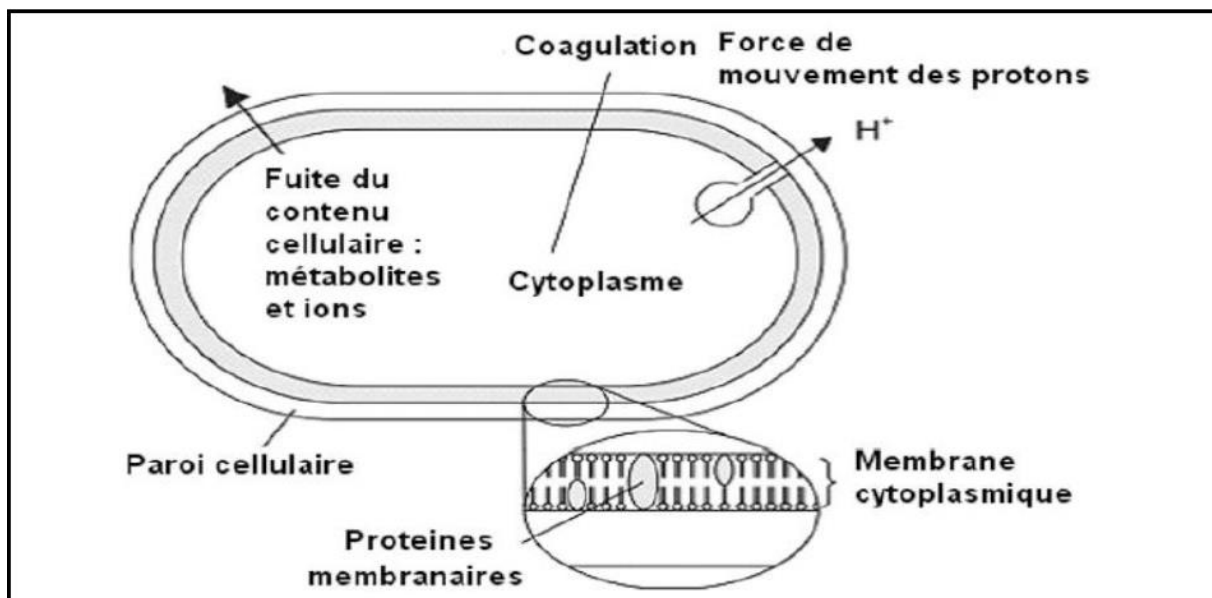
### 1.5.2- Activités antimicrobiennes

L'utilisation des antibiotiques pour lutter contre les microorganismes pathogènes est limitée en raison de leur cancérogénicité, de leur toxicité aiguë, leur risques environnementaux et des problèmes de résistance bactérienne à cette classe thérapeutique. La résistance croissante aux antimicrobiens a alimenté la recherche pour identifier de nouvelles biomolécules à large activité antimicrobienne. Pour cela, il est utile d'exploiter les HEs pour lutter contre différentes maladies infectieuses. (Rudramurthy et al., 2016).

### 1.5.2.2- Activité antibactérienne

L'HE affecte la croissance bactérienne. Ils agissent en empêchant sa multiplication, sa sporulation et la synthèse de toxines. Ce dernier fait actuellement l'objet d'une grande attention car il s'est avéré possède une activité contre les pathogènes résistants aux antibiotiques tels que le *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (SARM) (Tohidpour et al., 2010 ; Warnke et al. 2013).

Compte-tenu de la diversité des molécules présentes dans les HEs, l'activité antimicrobienne est probablement basée sur une combinaison de plusieurs mécanismes d'action qui impliquent différentes cibles cellulaires (Figure 2). Cette activité est par ailleurs variable d'une huile essentielle à l'autre et d'une souche bactérienne à l'autre (Kalemba, 2003 ; Oussou, 2009 ; Avlessi, 2012 ; Toure, 2015). Elles peuvent être bactéricides ou bactériostatiques (Oussou et al., 2009 ; Toure, 2015).



**Figure 2** Action des huiles essentielles et de leurs constituants sur la cellule bactérienne (Burt, 2004).

En général, leur action se déroule en trois phases (Calsamiglia et al., 2007 ; Djilani et Dicko, 2012 ; Goetz et Ghedira, 2012) :

- Attaque de la paroi bactérienne, ce qui provoque une augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires ;
- L'acidification de l'intérieur de la cellule provoque la coagulation des composants cellulaires par dénaturation des protéines, bloquant ainsi la production d'énergie cellulaire et la synthèse des composants structurels.
- Destruction du matériel génétique, entraînant la mort des bactéries.

Les principales méthodes de détermination du pouvoir antimicrobien des HEs sont la technique de micro atmosphère et les techniques par contact direct. Les méthodes utilisées par cette dernière sont la technique de diffusion des disques (aromatogramme) ou des puits (cylindres) ainsi que la méthode de dilution en milieu liquide ou solide qui serve à déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB) (Bertella, 2019).

### **1.5.2.3- Activité antibiofilm**

Le biofilm est une communauté de microorganismes adhérente à une surface et caractérisée par la sécrétion d'une matrice adhésive et protectrice d'exo-polymères. Les surfaces peuvent être biotiques ou abiotiques tels que les tissus vivants, les dispositifs médicaux, les conduites d'eau potable ou les systèmes aquatiques naturels (Donlan, 2002 ; Branger, 2007 ; Philips et al., 2010 ; Tremblay et al., 2014).

#### **1.5.2.2.1- Étapes de la formation d'un biofilm**

la formation d'un biofilm est constituée de plusieurs étapes. Le biofilm peut se former très rapidement, en quelques heures ; un bon exemple étant la plaque dentaire.

La première étape est la formation du film primaire ou « film conditionnant » et transport des microorganismes à proximité de la surface. Ce film constitue une base sur lequel le biofilm pousse, par ce qu'il augmente la capacité des microorganismes à se fixer à une surface (Branger, 2007 ; Garrett et al., 2008 ; Percival et al., 2011)

Le film conditionnant est composé de plusieurs substances (protéines, glucides et minéraux) issus du milieu environnant. Ce film va modifier les propriétés physico-chimiques de surface ainsi qu'inhiber ou au contraire stimuler l'adhésion microbienne (Branger, 2007 ; Garrett et al., 2008 ; Percival et al., 2011).

Après le conditionnement très rapide de la surface, l'étape suivante correspond au transport des microorganismes à proximité de la surface. Ce transport est effectué grâce à des propriétés dynamiques du milieu ainsi qu'aux propriétés physicochimiques de la surface du support. Différents appendices bactériens tel que les flagelles et les cils sont également nécessaires (Rodney et al., 2002 ; Agnès et al., 2006 ; Branger, 2007 ; Percival et al., 2011)

L'adhésion initiale aux surfaces mettant en jeu un certain nombre de mécanismes physicochimiques et biologiques complexes. Elle est généralement divisée en deux phases : (Baillif et al.,2010).

Adhésion réversible consiste dans un premier temps en l'interaction des charges en milieu liquide avec une surface solide (attraction correspondante aux forces de Van der Waals et des forces de répulsion électrostatique) (Garrett et al., 2008 ; Grderes et al., 2014).

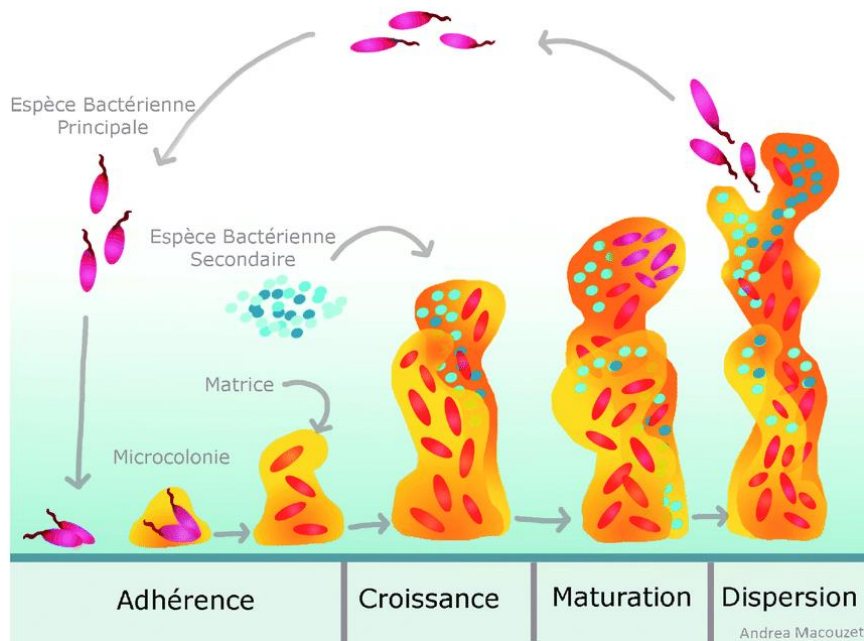
Une fraction des cellules atteignant la surface s'adsorbe de manière réversible. Des facteurs tels que : l'énergie disponible, la fonctionnalité de surface, l'orientation bactérienne, la température et les conditions de pression sont des variables environnementales locales qui contribuent à l'adhésion bactérienne. Si les forces répulsives sont supérieures aux forces d'attraction, les bactéries se détacheront de la surface. Ceci est plus susceptible de se produire avant le conditionnement d'un substrat (Garrett et al., 2008).

Un certain nombre de cellules adsorbées de manière réversible restent immobilisées et deviennent irréversiblement adsorbées. Au fur et à mesure que les bactéries se multiplient leur adhésion devient plus solide et elles se différencient, en modifiant leur schéma d'expression génique de manière à favoriser leur survie. Ce processus est habituellement le résultat d'un type de communication bactérienne appelée Quorum Sensing (QS) (Garrett et al., 2008 ; Philips et al., 2011).

Une fois attachés, les microorganismes se divisent et forment des micro-colonies (Agnès et al., 2006 ; Philips et al., 2011). A partir d'une concentration suffisamment dense d'individus, les micro-colonies commencent à sécréter une matrice environnante appelée substances polymériques extracellulaires (SPE). Il s'agit d'une matrice protectrice qui forme alors le biofilm initial (Philips et al., 2011 ; Tremblay et al., 2014).

Le biofilm grandit et mûrit, s'épaississant jusqu'à devenir macroscopique en conditions optimales. La maturation de biofilm est caractérisée par une structure complexe et les bactéries de diverses régions du biofilm pourront exprimer des gènes différents (Branger, 2007 ; Tremblay et al., 2014).

La dernière étape est la phase de dispersion, appelée aussi phase planctonique. Sous l'effet du vieillissement du biofilm, de certaines stresses ou carences, les cellules microbiennes vont se séparer du biofilm et se disperser pour adhérer à des nouvelles surfaces et former un nouveau biofilm (Branger, 2007 ; Tremblay et al., 2014).



**Figure 22**  tapes de la formation d'un biofilm (Tremblay et al, 2014).

Dans la plupart des biofilms, les microorganismes représentent moins de 10 % de la masse sèche, alors que la matrice peut représenter jusqu'à plus de 90 %. (**Branger, 2007 ; Muhsin et al., 2015**).

#### 1.5.2.2.2- Les facteurs favorisant la formation d'un biofilm

Le développement d'un biofilm est un processus séquentiel complexe qui fait intervenir de nombreux mécanismes physico-chimiques et biologiques. Ce développement est influencé par trois composants : la surface, le milieu, et les microorganismes ; ainsi que les interactions existantes entre ces composants (**Branger, 2007**).

#### 1.5.2.2.3- Caractéristiques de la surface

Le contact d'un matériau avec un fluide contenant des bactéries est un support potentiel pour la formation d'un biofilm :

- La rugosité : plus une surface est rugueuse, plus la colonisation de cette surface par des micro-colonies est importante.
- Les propriétés chimiques d'une surface : peuvent exercer une influence sur le taux d'attachement. Les micro-organismes se fixent plus facilement à des surfaces hydrophobes et non polarisées comme le Téflon et le plastique.
- La présence préalable de films protéiques : comme le sang, les larmes, l'urine...etc. influencent l'attachement de bactéries à cette surface, et favorise la formation de biofilm (**Bellifa, 2014**).



#### **1.5.2.2.4- Les caractéristiques du milieu**

Le mode de culture est une caractéristique importante qui peut modifier fortement l'adhésion des organismes ainsi que les conditions environnementales telles que :

- a) La disponibilité de nutriments : excès ou carence.
- b) Les différents stress physicochimiques : pH, température, présence de composés bactéricides...etc.
- c) Composition de milieu : présence de calcium, magnésium, phosphate, glucose...etc. semble faciliter l'adhésion à un support (**Marchal, 2010**).

#### **1.5.2.2.5- Caractéristiques des microorganismes**

Les pili, exprimés par les bactéries, sont impliqués dans l'adhésion bactéries-cellules et les EPS, synthétisés par les bactéries, facilitent aussi la fixation aux surfaces. L'adhésion est également sous la dépendance de l'état physiologique de la bactérie, le caractère hydrophobe, de sa charge électrique globale et de l'énergie libre de la surface (**Hygis, 2010**).

#### **1.5.2.4- Activité antifongique des HEs**

Les infections fongiques sont d'une actualité criante aujourd'hui. En effet, leur extension est largement favorisée par l'utilisation abusive et parfois trop légère des antibiotiques. Les groupes moléculaires cités en priorité pour leurs actions antibactériennes sont également actifs sur les champignons. Néanmoins, la durée de ce type de traitement pendant une période plus longue que pour le traitement antibactérien. Par exemple, les huiles essentielles de Cannelle, de Palmarosa, de Clou de girofle et de Niaouli sont des antifongiques. Le pouvoir antifongique est attribué aussi à la présence de certains groupements fonctionnels chimiques dans la composition des HEs. Plusieurs travaux montrent que le pouvoir inhibiteur était essentiellement dû à la réactivité de la fonction aldéhyde avec le groupement thiol des acides aminés impliqués dans la division cellulaire (**Kurita, 1979**).

D'autres auteurs ont démontré que la formation d'un complexe entre le donneur d'électrons et l'aldéhyde aboutit à un changement de l'état ionique de la membrane traduisant par un déséquilibre d'échange avec le milieu extérieur. Ce déséquilibre entraîne la destruction cellulaire (**Baser et Buchbauer, 2015**). Cependant, les phénols (eugénol, chavicol, 4-allyl-2,6-diméthoxyphénol) sont plus antifongiques que les aldéhydes testés (**Laib, 2010**).

# **Matériel et méthodes**

## 2- Matériel et méthodes

L'ensemble des manipulations de cette étude a été réalisé dans deux laboratoires ; laboratoire de biologie végétale, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Frères Mentouri, Constantine 1, et laboratoire de mycologie au sein du centre de recherche en biotechnologie (CRBT), Constantine.

### 2.1- Matériel végétal

La présente étude a été effectuée sur la partie aérienne d'une plante de la région de Sétif ; *Lavandula x allardii*(figure), qui a été récoltée durant l'année 2023 ; février-mars.



**Figure 23**Partie aérienne de *Lavandula x allardii* (2023).

#### 2.1.1- Préparation de la plante

Le matériel végétal a été séché, conservé à l'ombre à température ambiante pendant 7 jours et il est stocké tel qu'il est loin de la lumière et de la chaleur. Puis, la plante a été découpée et broyée à l'aide d'un broyeur électrique pour obtenir une poudre fine.

### 2.2- Souches bactériennes

Quatre souches bactériennes ont été utilisées ;deux à gram positif (*Bacillus cereus* ; *Staphylococcus aureus*)etdeux à gram négatif (*Escherichia coli* ; *Pseudomonas aeruginosa*) ; Tous ont été amenés par notre encadreur.

### **2.3- Etude phytochimique de la plante**

Les tests de criblage phytochimique ont été effectués pour la mise en présence des métabolites primaires et secondaires de la plante *Lavandula x allardii* :

#### **Test de Fehling (sucres réducteurs)**

Dans des tubes à essai, 0,5 mL du réactif de Fehling préalablement préparé (5 ml de la solution A + 5 ml de la solution B), est ajouté à 0,5 ml d'extrait. Les tubes préparés sont incubés dans un bain marie pendant 3 min à 100 C°. La formation d'un précipité rouge brique indique la présence de sucres réducteurs (El Yahyaoui et al., 2017).

#### **Test des glycosides cardiaques**

0,5 ml de l'extrait a été dissous dans 1 ml de chloroforme puis 0,25 ml de l'acide sulfurique concentré H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a été ajoutée avec précaution pour former une couche rougeâtre foncée. L'apparition d'une coloration brune à l'interface de l'anneau indique la présence de glycoside cardiaque (Boukri, 2014).

#### **Test de mousse (saponosides)**

10 ml d'extrait aqueux ont été placés dans un tube à essai et agités pendant 15 secondes puis laissés durant 15 min. Une hauteur de mousse persistante ; supérieur à 1 cm indique la présence des saponosides (Bentabetlasгаа, 2015).

#### **Test des alcaloïdes**

On ajoute 2 ml de réactif de Wagner à 2 mL de l'extrait. L'apparition d'un précipité blanc jaune indique la présence des alcaloïdes (Boukri, 2014).

#### **Test des Tanins**

Dans un tube à essai, 1 ml d'extrait a été ajouté à 2 ml H<sub>2</sub>O et 1 ml d'une solution aqueuse de FeCl<sub>3</sub> à 2%, la présence des tanins est indiquée par une coloration verdâtre (tanins catéchiques) ou bleu-noirâtre (tanins galliques) (Dermachi, 2015).

#### **Test des Flavonoïdes**

1 ml d'extrait a été mélangé avec 1 ml d'hydroxyde de sodium (NaOH 10%) à l'aide d'un vortex. L'apparition d'une couleur jaune indique la présence des flavonoïdes (Cherfia et al., 2017).

### **Test des quinones libres**

0,5 ml de l'extrait éthanolique avec l'ajoute de quelques gouttes de NaOH (1/10), La présence de quinones libres est confirmée lorsque la phase aqueuse vire au jaune, rouge ou violet (Ribérreau, 1968).

### **Huile essentielle**

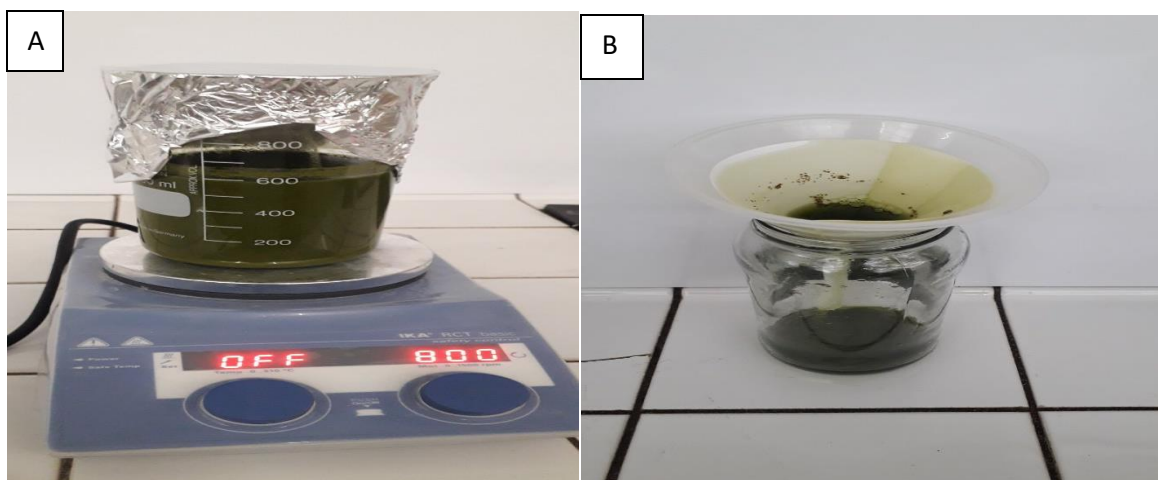
La détection des huiles essentielles dans laplante a été réalisée par l'hydro-distillation. OÙ 120 g de laplante ;*L. x allardii*, ont été mis dans un ballon en verre de 250 mL contenant 100 mL d'eau distillée liée avec un réfrigérant. L'apparition d'une couche huileuse ou des gouttes d'huile à la surface de l'hydrolat indique la présence d'huile essentielle. Après la détection d'huile essentielle dans l'espèce végétale, l'extraction d'HE en utilisant le Clevenger a ensuite été effectuée.

### **2.4- Préparation des extraits**

Deux différents extraits ont été préparés à partir de la partie aérienne de *Lavandula x allardii* ; extrait hydro-méthanolique et huile essentielle(HE).

#### **2.4.1- Extrait méthanolique (Macération à froid)**

La préparation de l'extrait hydro- alcoolique a été effectuée par la macération à froid. OÙ 50 g de la poudre de la plante ont été ajouté à 500 ml d'un mélange hydro- alcoolique (méthanol : eau distillée) (80 : 20). Après une agitation à l'aide d'un agitateur pendant deux heures de temps, les macéras ont été laissés pendant 24 h puis filtrés à travers un papier Wattman (figure). Cette opération a été répétée trois fois pour ressortir le maximum des molécules bioactives de la plante étudiée (Bett et al., 2000 ; Author, 2021).



**Figure 24** Préparation de l'extrait hydro-méthanolique. A : agitation, B : filtration.

#### 2.4.2-Huile essentielle (Hydrodistillation)

L'extraction des HEs est nécessairement une opération complexe et délicate. Elle a pour but, en effet de capter et recueillir les produits les plus volatils et fragiles qu'élabore la plante, et cela sans altérer la qualité. Il existe deux méthodes d'extraction des HEs à savoir ; les méthodes conventionnelles et les méthodes innovatrices (Boukhatem et al., 2019). Le choix de la méthode la plus adaptée à l'extraction de l'HE se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico-chimiques de l'extrait et son usage (Hessas et Simoud, 2018).

L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par hydrodistillation (figure) dans un appareil de type Clevenger (Clevenger, 1928). Trois distillations ont été réalisées par ébullition pendant deux heures de 120 g de matériel végétal frais avec 1 litre d'eau dans un ballon de 2 litres surmonté d'une colonne de 60 cm de longueur reliée à un réfrigérant. Le rendement en huile essentielle a été déterminé par rapport à la matière sèche, évaluée à partir de 3 échantillons de 30 g séchés jusqu'au poids constant pendant 48 heures à l'étuve à 60 °C. L'HE a été stockée à 4 °C à l'obscurité en présence de sulfate de sodium anhydre. Ensuite, elle est diluée dans du méthanol (1 % v/v) avant de procéder aux opérations d'analyses par CG et CG/SM selon la norme (Afnor, 2000).



**Figure 25** Hydrodistillation

### 2.4.3- Détermination du rendement d'extraction

Selon la norme AFNOR (1986), le rendement en huile essentielle (Rd%), est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après extraction (m) et la masse de la matière végétale utilisée (M), il est donné par la formule suivante :  $Rd\% = (m/M) * 100$

Rd : Rendement en huile essentielle exprimée en pourcentage %.

M : Masse de l'huile essentielle obtenue en gramme (g).

M : Masse de la matière végétale sèche utilisée en gramme.

### 2.5- Dosage colorimétrique des composés phénoliques

Pour déterminer la teneur de nos extraits en polyphénols et en flavonoïdes totaux, les protocoles suivants ont été appliqués ;

#### 2.5.1- Dosage des polyphénols totaux

La teneur totale en polyphénols des extraits a été estimée par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu (Ragaee et al., 2006).

#### Principe

Le réactif est composé par un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phospho-molybdique ( $H_3PMO_{12}O_{40}$ ). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (Ribéreau-Gayon, 1968). La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 760 nm et proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux.

#### Mode opératoire

Le dosage des polyphénols avec le réactif de Folin-Ciocalteu a été effectué selon la méthode de Slinkard et coll. (1977). En milieu alcalin, les polyphénols réduisent ce réactif en oxyde de tungstène et de molybdène de couleur bleu. Une prise de 1 mL de réactif de Folin-Ciocalteu a été mise en contact avec 200 µl d'échantillon (10 et 20) pendant 5 min et une prise de 800 µl de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) a été additionnée. Après l'incubation à l'obscurité pendant 30 min, la lecture de l'absorbance a été effectuée à une longueur d'onde de 765 nm. La gamme d'étalon a été préparée avec l'acide gallique à différentes concentrations (0,02 ; 0,04 ; 0,06 ; 0,08 et 0,1 mg/mL). Les teneurs en polyphénols ont été exprimées en milligrammes équivalents acide gallique par gramme de la matière sèche (mg EAG/g MS) (Ghazghazi et al., 2013).

### **2.5.2- Dosage des flavonoïdes totaux**

Le trichlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) absorbe la lumière visible a une longueur d'onde égale à 415 nm (Chia-chi et al., 2002).

#### **Principe**

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre en position 5' susceptible de donner un complexe coloré avec le groupement carbonyle (CO) et le chlorure d'aluminium. Ils forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (Fer et Aluminium), ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir avec deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons (**Ribéreau-Gayon et al., 1982**).

#### **Protocole**

Les flavonoïdes ont été déterminés selon le protocole suivant : 1mL de chaque extrait a été ajouté à un volume égal d' $\text{AlCl}_3$  (2% ; 1mL), après une agitation vigoureuse suivi par une incubation pendant 10 min ; l'absorbance a été mesurée à 430 nm. La courbe d'étalonnage du standard a été obtenue en mesurant l'absorbance de la quercétine utilisée à différentes concentrations (0,02 ; 0,04 ; 0,06 ; 0,08 et 0,1 mg/mL). Le blanc a été préparé en mélangeant 1 mL de méthanol avec 1mL d' $\text{AlCl}_3$ . Ce protocole a été répété deux fois. La concentration des flavonoïdes totaux a été déterminée à partir de l'équation de régression linéaire déduite de la courbe d'étalonnage de la quercétine. Les résultats ont été exprimés en milligrammes d'équivalents quercétine par gramme de la matière sèche (mg EQ/g MS) (Ghazghazi et al., 2013).



## **2.6- Activités biologiques**

Le pouvoir biologique des deux extraits de la plante étudiée (HE et extrait alcoolique) a été examiné par l'étude des activités suivantes : antioxydante, antifongique, antibactérienne et antibiofilm.

### **2.6.1- Activité antioxydante**

Mesurée par l'utilisation des deux techniques ; DPPH et FRAP.

#### **Etude de pouvoir réducteur du radical DPPH**

Le test DPPH° (2,2-Diphényl-1-PicrylHydrazil) permet de mesurer le pouvoir antiradicalaire de molécules pures ou d'extraits végétaux dans un système modèle (solvant organique, température ambiante).

#### **Principe**

La méthode du DPPH• est basée sur la réduction d'une solution alcoolique de l'espèce radicalaire stable DPPH• en présence d'un antioxydant donneur d'hydrogène (AH), qui aboutit à la formation d'une forme non radicalaire, le DPPH-H. Ainsi plus la perte de couleur est rapide plus le donneur d'hydrogène est considéré comme un antioxydant fort (Belmokhtar, 2015).

#### **DPPH+ (AH) DPPH-H+ (A-)**

#### **Protocol**

L'activité antioxydante des différents extraits est mesurée Selon la méthode de (LopesLutz et al., 2008). 0,25 mL des différentes concentrations (0,02 ; 0,04 ; 0,06 et 0,08 mg/mL) de chaque dilution sont ajoutés à 0,75 mL de la solution du DPPH. Parallèlement, un blanc est préparé de 0,25 mL de méthanol, après 30 min d'incubation à l'obscurité et à la température ambiante l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre de longueur d'onde 515nm. Le blanc est représenté par une solution d'un antioxydant standard, BHT (butylhydroxy toluène) dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons et pour chaque concentration (Bougandoura, 2013).

La capacité antioxydante de nos échantillons a été exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH• suivant l'équation :

$$\% \text{ Inhibition} = (A \text{ blanc} - A \text{ échantillon}) \times 100 / A \text{ blanc}$$

I % : Pourcentage d'inhibition de l'activité anti-radicalaire (AAR%).

A Échantillon : Absorbance de l'échantillon.

A Blanc : Absorbance du blanc

### **Détermination du pouvoir réducteur du fer(FRAP)**

Le test FRAP (Ferri reducing antioxydant power) est une méthode colorimétrique de transfert d'électrons.

#### **Principe**

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son pouvoir antioxydant, cette technique est développée pour mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ) présent dans le complexe  $K_3Fe(CN)_6$  en fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ). En effet, le  $Fe^{3+}$  participe à la formation du radical hydroxyle par la réaction de Fenton. L'absorbance de milieu réactionnel est déterminée à 700nm (Hubert, 2006).

#### **Protocole**

0,20 mL de l'extrait à différentes concentrations (0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 et 0,9 mg/ml) est mélangé avec 0,5mL d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 0,5mL d'une solution de ferricyanure de potassium  $K_3Fe$  à 1%. L'ensemble est incubé au bain marie à 50°C pendant 20 min. ensuite, on ajout 0.5mL d'acide trichloracétique ( $C_2HC_13O_2$ ) à 10% sont ajoutés pour stopper la réaction. Un volume de 0,5mL de chaque dilution est combinée avec 0,5mL d'eau distillée et 0,1mL d'une solution aqueuse de  $FeCl_3$  (Chlorure ferrique) à 0,1%. La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700 nm contre un blanc semblablement préparé. Le blanc est représenté par un standard d'un antioxydant ; BHT dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons. Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (**Singleton et Rossi, 1965**).

### **2.6.2- Activités antimicrobiennes**

Les activités suivantes ont été réalisées : antifongique sur une souche de *Fusarium oxysporum* et antibactérienne sur deux bactéries à gram positif et deux autres à gram négatif et antibiofilm sur *Staphylococcus aureus*.

### 2.6.2.1- Activité antifongique

Une moisissure phytopathogène ; *Fusarium oxysporum* f. souche sp lycopersici (FOL)4287, a été testée pour la toxicité fongique en évaluant l'inhibition de la croissance mycélienne de l'agent phytopathogène : L'activité inhibitrice des différents composés (l'huile essentielle et l'extrait sec) , sur la croissance du mycélium de l'agent phytopathogène, est déterminée en mesurant la croissance radiale du levure sur milieu PDA (Potato, Dextrose, Agar), contenant le complexe à tester (l'huile essentielle ou l'extrait sec). Ainsi, un volume de 1 ml de solution de DMSO contenant 5 mg de l'extrait a été ajouté à 100 ml de Milieu PDA à 60°C, préalablement stérilisé puis réparti dans 4 boîtes de Pétri. De la même manière, 1 ml de DMSO a été ajouté à 100 ml de milieu PDA, et a été considéré comme contrôle positif. Le contrôle négatif contient le milieu PDA sans aucun autre produit (Song et al., 2004).

D'après une solution mère de 500 mg de l'extrait + 2,5 ml de DMSO ; Trois solutions de 1ml de volume ont été préparés (500 ,750 et 100µL). Pour l'HE : Trois solutions de 1ml de volume ont été préparées : (75 ,150 et 300 µL). Expérimentalement, un disque de 5 mm de diamètre est prélevé sur une jeune culture fongique et est déposé aseptiquement au centre de la boîte de pétri contenant le milieu PDA (Annexe) et l'huile ou l'extrait. L'expérience est répétée 4 fois pour chaque traitement. Après 6 jours d'incubation à 25°C, la croissance mycélienne de l'agent phytopathogène est mesurée à échelle millimétrique. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition de la croissance du champignon par chaque produit par rapport aux diamètres moyens des colonies du champignon cultivé dans les milieux de contrôle. Ainsi, l'activité d'inhibition a été exprimée en pourcentage et a été calculé selon la formule :  $I = (C - T / C) \times 100$  (Dennis et al., 1971).

### 2.6.2.2- Activité antibactérienne

Pour mettre en évidence l'activité antibactérienne in vitro des extraits de plantes, la méthode de diffusion en puits a été réalisée pour tester la sensibilité des souches et aussi pour déterminer les valeurs de CMI et de CMB. Quatre souches bactériennes ont été utilisées ; Deux à Gram positif : *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*, et deux à Gram négatif : *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*.

#### **2.6.2.2.1- Réactivation des souches bactériennes**

A partir des souches conservées, les bactéries à tester ont étéensemencées sur des boîtes de Pétri contenant des milieux sélectifs appropriés aux souches bactériennes utilisées puis incubés à 37°C pendant 24 heures afin d'obtenir des colonies jeunes et bien isolées (Lakhdar, 2015).

#### **2.6.2.2.2- Préparation des suspensions bactériennes**

À partir d'une culture jeune de bactéries testés, des suspensions bactériennes ont été réalisées, en prélevant, à l'aide d'une anse de platine quelques colonies pures et les déposées aseptiquement dans des tubes stériles contenant 9 ml d'eau physiologique. Puis, ils ont été homogénéisés par agitation. Les boîtes ont été séchées pendant 15 min, ensuite, incubées à l'étuve à 37°C pendant 18h.

#### **2.6.2.2.3- Ensemencement**

Après solidification, un écouvillon stérile imbibé par la suspension bactérienne fraîchement préparée a été étalé à la surface de la gélose à quatre reprises, en tournant la boîte après chaque application sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même et finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose dans le but d'avoir une distribution égale de l'inoculum. Les boîtes ont été laissées sécher pendant quelques minutes (Abou Nabila, 2017). Après 5-10 min, des puits de 6 mm ont été creusés à l'aide d'une pipette Pasteur. Les extraits ont ensuite été versés dans chaque puits. 20 µL de chaque extrait des différentes concentrations (25 ; 50 ; 100 ; 150 et 200 mg/ml) et (25 ; 50 et 100 mg/mL) des huiles essentielles ; qui ont été diluées dans le DMSO ont été versés dans chaque puits. En outre, un autre puits au centre se la boîte a été réalisé pour mettre le DMSO comme témoin négatif pour confirmer son non activité sur les germes. Nous l'avons laissé s'étaler pendant 20 min.

#### **2.6.2.2.4- Test antibactérien**

Ce test est réalisé par dépôt des extraits dans les puits creusés précédemment dans la gélose. Cette technique assure une diffusion totale des extraits. Les boîtes de Pétriensemencées ont été incubées à 37°C pendant 24 h. À partir d'un puits, l'apparition d'une zone d'inhibition claire et de diamètre facilement mesurable sur géloseensemencée par la suspension bactérienne, est considérée comme réaction positive(Dorman et Deans, 2000).

#### **Lecture**

La mesure des diamètres d'inhibition des souches étudiées ont été réalisées après 24 h d'incubation.

### 2.6.2.3- Inhibition de la formation de biofilms

Afin de mettre en évidence la capacité antibiofilm des extraits de la plante étudiée contre *Staphylococcus aureus*, la méthode choisie est la méthode standard de coloration au Cristal Violet (CV) (Djordjevic et al., 2002 ; Musk et al., 2005). Une suspension bactérienne (DO 600 = 0,20) est préparée, dans un tube de bouillon nutritif (BN) (pH=7), à partir d'une culture de 24 heures sur GN. La suspension est répartie dans des tubes en polystyrène de 5 ml à raison de 2 ml par tube. Les tubes sont ensuite incubés à 37°C pendant 24 h.

Après la période d'incubation et pour chaque tube, l'absorbance de la culture bactérienne résultante est mesurée à 600 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Après, chaque tube est soigneusement vidé de la culture bactérienne, et rincé 3 fois à l'eau distillée. La biomasse fixée sur les parois du tube est révélée après coloration à l'aide d'une solution aqueuse de CV à 1 % (m/v). Après un temps de contact de 1 heure, l'excès de colorant est éliminé suivi d'un lavage abondant des parois du tube à l'eau distillée (jusqu'à l'obtention des gouttes transparentes). Les tubes sont enfin égouttés et mis à sécher à l'air libre. Le CV fixé sur les parois du tube est solubilisé à l'aide d'une solution constituée d'un mélange éthanol-acétone (75 : 25). Après 1 heure du temps, l'absorbance de la solution obtenue est mesurée à 570 nm. Les résultats obtenus sont exprimés en pourcentage de réduction du biofilm. Il est calculé comme suit :  $(DO \text{ Témoin} - DO \text{ Test} / DO \text{ Témoin}) * 100$ .

# **Résultats et Discussion**

### 3- Résultats et Discussion

Afin de mettre en évidence les effets thérapeutiques des biomolécules d'origine naturelle, en vue de leurs applications en biothérapie, le présent travail porte sur l'extraction des métabolites bioactifs en utilisant d'une part un éluant hydro-méthanolique et d'autre part une hydrodistillation pour l'extraction d'huile essentielle (HE) de la plante médicinale *Lavandula x allardii* (*L. x allardii*).

En outre, l'étude de ses caractéristiques physico-chimiques, ainsi l'évaluation des activités biologiques ; antioxydante, antimicrobienne (antifongique, antibactérienne) et antibiofilm des extraits obtenus ; hydro-méthanolique et HE ont été effectuées.

#### 3.1- Identification de la plante étudiée

L'identification botanique de la plante étudiée par le Dr. NOUIOUA Wafa (Laboratoire de phytothérapie appliquée aux maladies chroniques, Faculté des Sciences de la Vie et des Sciences Naturelles, Université de Sétif 1) a révélé que son espèce végétale était *Lavandula x allardii* (Figure 26). Son identification était basée sur ses caractéristiques morphologiques.



**Figure 26** Caractéristiques morphologiques de *Lavandula x allardii* (Lis-Balchin, 2002 ; Originale 2023).

#### 3.2- Rendement d'extraction

Les résultats obtenus pour les rendements d'extraction (Rd%) par la macération et l'hydrodistillation de l'HE de *L. x allardii* ont indiqué dans le tableau 02.

**Tableau 02** Rendement d'extraction d'extrait hydro-méthanolique et d'huile essentielle de la *L. x allardii*.

Rd %	
Extrait hydrométhanolique	Huile essentielle
9,34 ± 7,976	3,95 ± 0,02

La plante a donné un rendement important en huile essentielle estimé à  $3,95 \pm 0,02$  %. L'huile extraite a une couleur transparente et d'odeur forte, tandis que le rendement de l'extrait hydro-méthanolique a donné un taux estimé de  $9,34 \pm 7,976$  %.

Le rendement de l'extrait hydro-méthanolique est supérieur à celui de l'huile de la même plante étudiée, mais inférieur à celui de la plante *L. angustifolia* Mill du Bechar, alors que le rendement de macéra méthanolique et aqueux selon Benyagoub *et al.* (2014), il s'est avéré être 21,18 et 24,07% respectivement.

Le rendement en HE de *L. x allardii* (3,95 %) est supérieur à celui de Laib (2012) qui a trouvé un pourcentage de  $1,36 \pm 0,2\%$  de la même plante. Cependant, Bachiri, *et al.*, (2016) ont révélé un rendement égal à 2,9 % pour *L. dentata* provenant de Maroc, alors que le même rendement (3,95 %) est similaire à celui rapporté par Benyagoub *et al.*, (2014) qui ont rapporté une valeur de 4,12 % pour *L. angustifolia* Mill à Bechar.

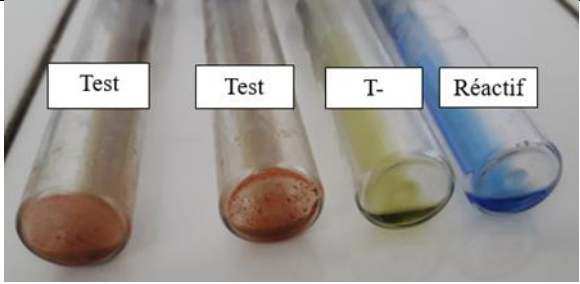
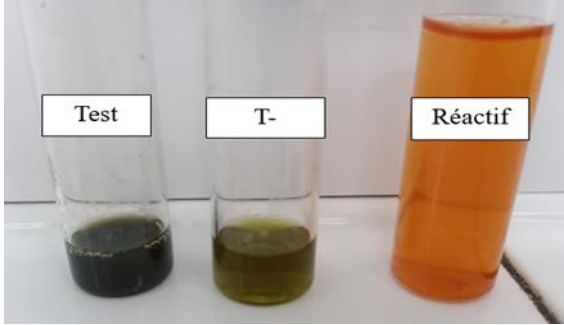
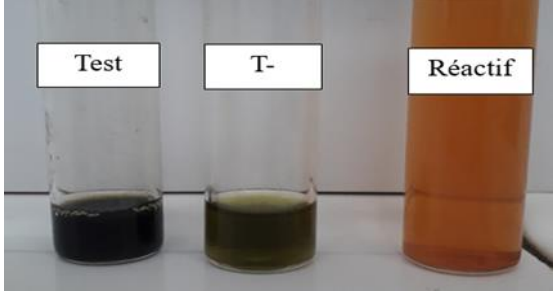
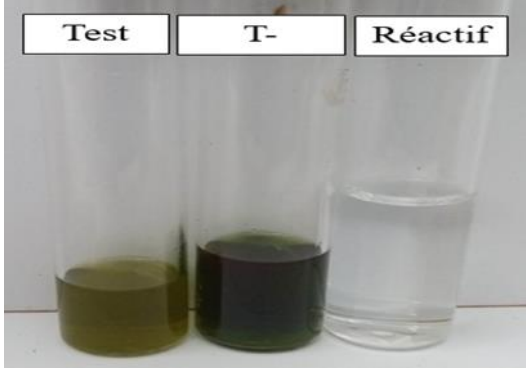
Le rendement en extrait peut varier au sein de la même espèce en fonction de l'origine, de la période de récolte de la plante, de la méthode d'extraction ainsi que des conditions sous lesquelles cette dernière a été effectuée (Lee *et al.*, 2003 ; Dai et Mumper, 2010 ; Bouhaddouda, 2016).

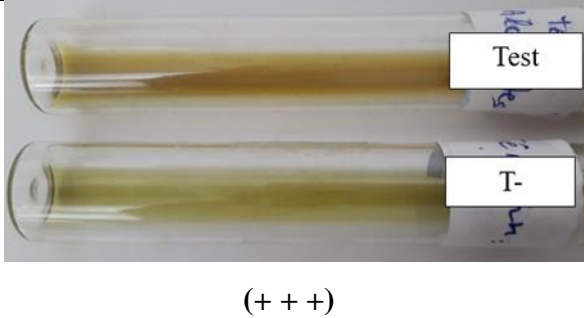
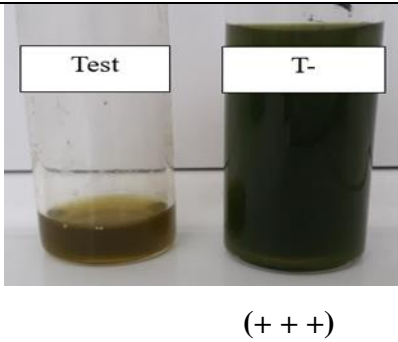
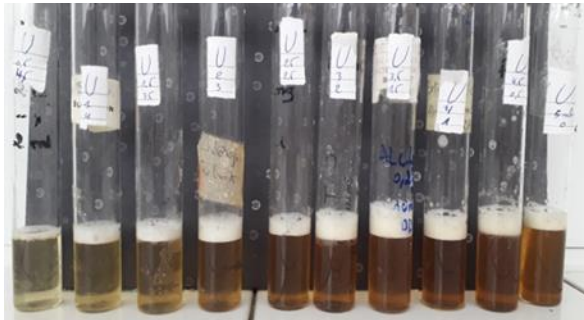
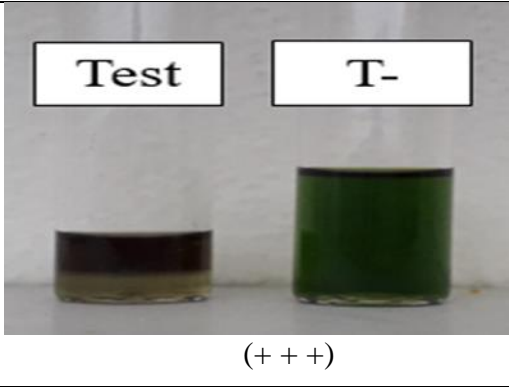

### 3.3- Screening phytochimique

Les tests de composition chimique effectués sur la poudre de feuilles de *L. x allardii* permettent d'abord d'identifier les principaux groupes chimiques présents dans cette plante à travers les réactions de caractérisation qui révèlent plus ou moins la présence de tous les principes actifs. D'après le tableau 03, l'analyse phytochimique a révélé que *L. x. allardii* est très riche en métabolites primaires comme les glucides et en métabolites secondaires tels que les tanins, les saponines, les alcaloïdes, les polyphénols et les flavonoïdes.



**Tableau 03** Criblage phytochimique de la plante *L. x allardii*.

Groupe chimique	Test de détection	Observation « Standard »	Résultats
Glucides	Fehling	Précipité rouge brique	 <p>(+ + +)</p>
Polyphénols	Test de chlorure ferrique	Couleur vert foncé	 <p>(+ + +)</p>
Tanins	Test de chlorure ferrique	Coloration verdâtre (tanins catéchiques)	 <p>(+ + +)</p>
Flavonoïdes	Test d'hydroxyde de sodium	Couleur rouge-orange ou jaune	 <p>(+ + +)</p>

Alcaloïdes	Test de Wagner	Apparition d'un précipité blanc-jaune	
Quinones libre	Test d'éther de pétrole et des gouttes de NaOH	Couleur jaune, rouge ou violet	
Saponines	Indice de mousse	Indice de mousse $\geq$ 100 pour le tube dont la hauteur est égale à 1 cm	
Glycosides cardiaques	Test de Salkowski	Couleur brun rougeâtre	
Huile essentielle	Hydro-distillation	Liquide transparent huileux	

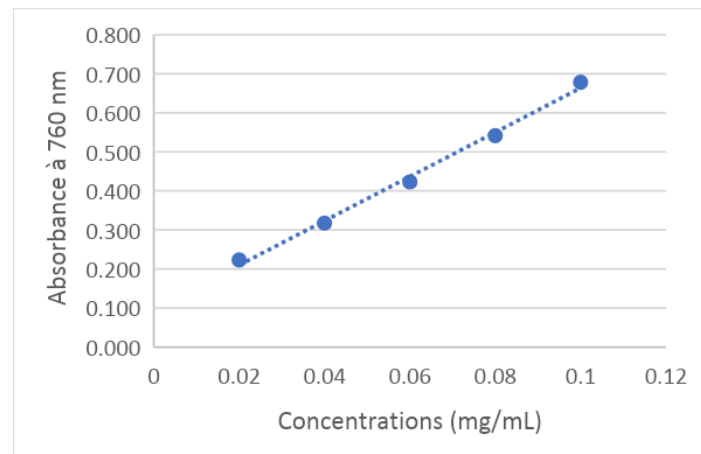
+++ : Test fortement positif

Les résultats du criblage phytochimique (tableau 03) ont montré la présence de glucides comme métabolites primaires et de différents groupes de métabolites secondaires ; tanins, saponines, polyphénols, quinones libres, glycosides cardiaques, et même la présence d'huiles essentielles. En fait, les composés les plus couramment abondants dans la plante sont les polyphénols, les flavonoïdes et les alcaloïdes, qui se trouvent en quantités importantes dans la partie aérienne.

La présence de ces métabolites secondaires dans la plante étudiée explique leurs puissants effets thérapeutiques. Ces résultats justifient donc l'utilisation généralisée de cette famille en médecine traditionnelle par la population locale. En effet, les tanins, les polyphénols, les alcaloïdes, les flavonoïdes, ainsi que les saponines possèdent plusieurs propriétés bénéfiques telles que des propriétés antibactériennes et antioxydantes (Di Carlo *et al.*, 1999 ; Bruneton, 2009 ; Bouhaddouda, 2016).

### 3.4- Dosage des polyphénols totaux

L'estimation quantitative des polyphénols totaux de la plante a été réalisée au moyen de dosage spectrophotométrique. Selon la méthode du Folin-Ciocalteu (Cherfia *et al.*, 2017), en utilisant l'acide gallique comme standard. La courbe d'étalonnage a été ajustée, avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,9948$  et une équation de régression  $y = 5,67 x + 0,0964$  (Figure 27).



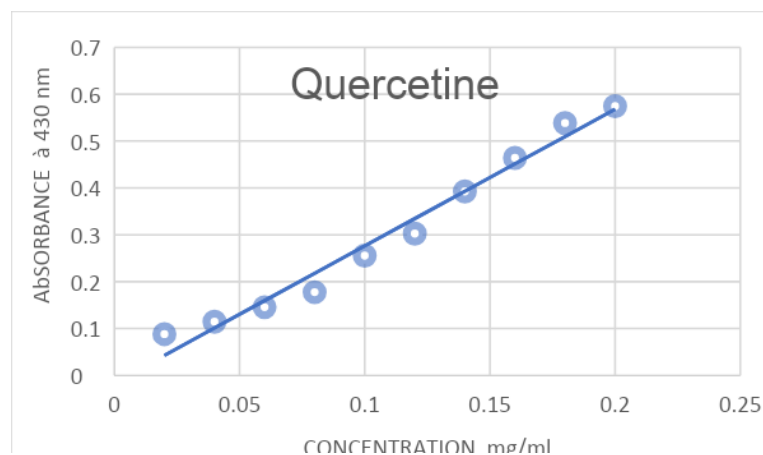
**Figure 27** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

L'estimation quantitative des polyphénols totaux dans l'extrait hydro-méthanolique de *L. x allardii* possédait une teneur estimée de  $22,5 \pm 0,71$  mg EAG/g MS. Cette dernière est inférieure à celle trouvée par Rebey *et al.*, (2017), qui a enregistré une teneur en polyphénols de l'ordre de 39,58 mg EAG. g-1MS d'extrait de *L. dentata* de Belgique. En revanche, le résultat obtenu est supérieur à ceux trouvés par Bachiri *et al.*, (2016), qui a trouvé 18,402 mg/g d'extrait au *L. dentata* marocaine.

### 3.4- Dosage des flavonoïdes totaux

La principale raison du choix de cette classe de polyphénols réside dans le fait que les flavonoïdes totaux constituent la classe de polyphénols la plus importante, avec plus de 5000 composés déjà décrits (Gomez-Caravaca *et al.*, 2006).

L'estimation de la quantité des flavonoïdes totaux contenus dans l'extrait hydro-méthanolique de *L. x allardii* a été effectuée suivant la méthode du trichlorure d'aluminium (Cherfia *et al.*, 2017), en utilisant la quercétine comme standard. La courbe d'étalonnage a été ajustée, avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,9773$  et une équation de régression  $y = 2,9185x - 0,0157$  (Figure 28).



**Figure 28** Courbe d'étalonnage de la quercétine.

L'estimation quantitative des flavonoïdes totaux dans l'extrait hydro-méthanolique de *L. x allardii* possédait une teneur estimée de  $83,25 \pm 12,37$  mg EQ/g MS.

La teneur en polyphénols de *L. x allardii* ( $83,25 \pm 12,37$  mg EQ/g MS) est supérieure à ceux trouvés par Olaokun *et al.*, (2017) et Bangou (2012), qui ont enregistré une teneur de  $27,69 \pm 4,98$  mg EQ /g MS de *C. dentata* et  $8,28 \pm 0,77$  mg EQ/ 100 mg MS de *L. chevalieri* respectivement.

L'estimation quantitative des composés phénoliques dans la partie aérienne de *L. x allardii* indique que l'extrait est riche en flavonoïdes et aussi riche en polyphénols totaux. Nos résultats sont significativement supérieurs à ceux obtenus par Ayoola *et al.*, (2018) qui ont travaillé sur l'extrait hydro-méthanoliques des feuilles de *Desmodium adscendens* (*Fabaceae*). Les teneurs en polyphénols totaux, en flavonoïdes totaux condensés étaient de l'ordre de 11,5 mg EAG/ g MS) et de (12,84 mg EC/ g MS, successivement.

La variation qualitative et quantitative du contenu des composés phénoliques peut être attribuer à plusieurs facteurs ; climatiques et environnementaux, période de récolte, stade

de développement végétatif de la plante (le degré de maturité, l'âge des feuilles), patrimoine génétique et méthodes d'extraction et de quantification (Bentabet *et al.*, 2014 ; Halmi, 2015 ; Boudechiche *et al.*, 2014).

### **3.5- Activité antioxydante**

La recherche de composés antioxydants est aujourd'hui très importante car ces composés peuvent jouer un rôle dans le maintien de la santé. Plusieurs méthodes ont été développées pour évaluer le potentiel antioxydant des extraits de plantes. Ils reposent sur la mesure des produits d'oxydation ou, à l'inverse, de l'efficacité des substances à piéger les radicaux qui donnent souvent la forme H• (Marc *et al.*, 2004 ; Bangou, 2012).

Des études récentes ont montré qu'il peut y avoir des différences dans la détermination de l'activité antioxydante des produits selon la méthode antioxydante utilisée (Schlesier *et al.*, 2002 ; Nsimba *et al.*, 2008 ; Bangou, 2012). Par conséquent, au moins deux méthodes doivent être utilisées pour pouvoir mieux évaluer la capacité antioxydante des extraits de plantes (Bangou, 2012). Dans l'essai DPPH, la valeur de la concentration inhibitrice à 50 % (CI50) est inversement proportionnelle à la capacité anti-radical d'un composé. En même temps, pour la puissance réductrice (FRAP), la valeur de la concentration effective à laquelle l'absorbance égale à 0,5 (CE50) est également inversement proportionnelle à la puissance réductrice mesurée (Cherfia, 2022).

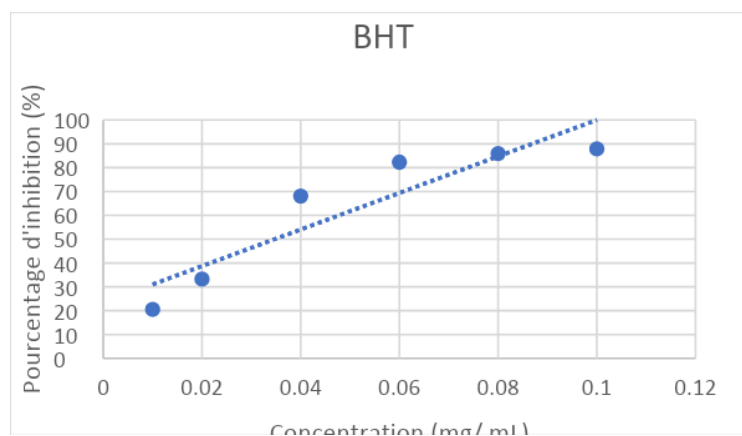
Dans notre étude, deux méthodes : piégeage du radical libre « DPPH » et pouvoir réducteur du fer « FRAP » ont été utilisées pour évaluer l'activité antioxydante d'extrait hydro-méthanolique et d'huile essentielle de la plante *L. x allardii* (Bangou, 2012).

#### **3.5.1- Piégeage du radical libre DPPH**

La méthode DPPH est une des méthodes qui permettent d'évaluer l'activité antiradicalaire des extraits qui est basée sur la mesure de l'inhibition des radicaux libres « pourcentages d'inhibition (PI%) (Tiwari, 2004).

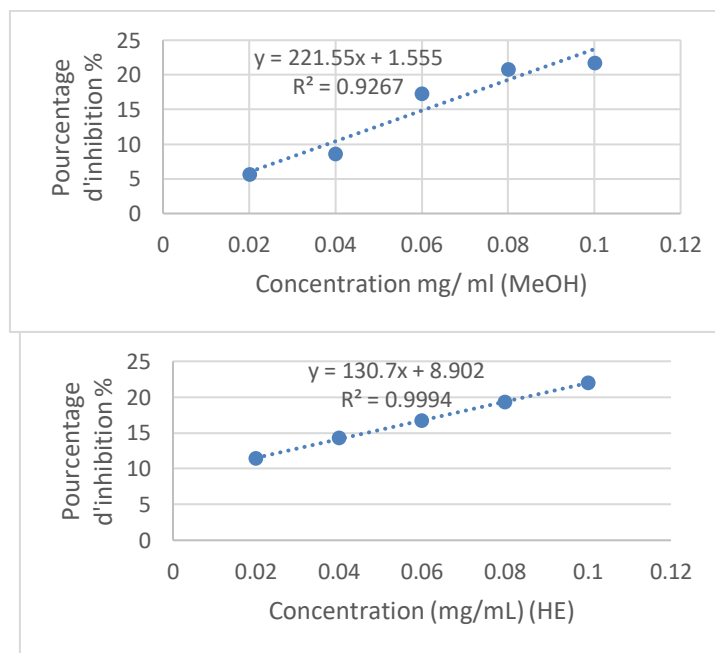
Dans le test DPPH, l'activité antiradicalaire des extraits est estimée par la CI<sub>50</sub>. Cette dernière est définie par la concentration efficace du substrat qui cause la réduction de 50% du radical DPPH en solution (Benchaachoua, 2019). Elle est très utile pour comparer les résultats car elle est indépendante de la concentration des extraits (Elkhamlichi *et al.*, 2017).

Le BHT a été utilisé comme témoin positif, sa courbe d'étalonnage a été ajustée, avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,8459$  et une équation de régression  $y = 767,31x + 23,356$ . (Figure 29).



**Figure 29** Courbe d'étalonnage de BHT.

Les valeurs obtenues par spectrophotométrie à 517 nm ont permis de tracer des courbes du pourcentage d'inhibition pour chaque extrait de la plante.



**Figure 30** Pourcentage d'inhibition d'extrait hydro-méthanolique et d'huile.

D'après les résultats représentés dans la figure 30, on peut permettre de déterminer l'IC<sub>50</sub>, qui correspond à la concentration d'huile essentielle, d'extrait méthanolique ou BHT (Figure 29) nécessaire à l'inhibition de 50 % du DPPH présent dans le milieu. Notant que plus l'IC<sub>50</sub> est faible plus l'activité antioxydante du composé est importante. Les résultats des propriétés antioxydantes des huiles essentielles et des extraits méthanoliques de la

plante étudiée présentés dans le tableau 04. L'activité est exprimée sous la forme de valeurs d'IC<sub>50</sub>.

**Tableau 04** Concentration inhibitrice à 50% des extraits.

Extraits	IC <sub>50</sub> (mg/ml)
hydro-méthanolique	0,219 mg/ml
Huile essentielle	0,314 mg/ml

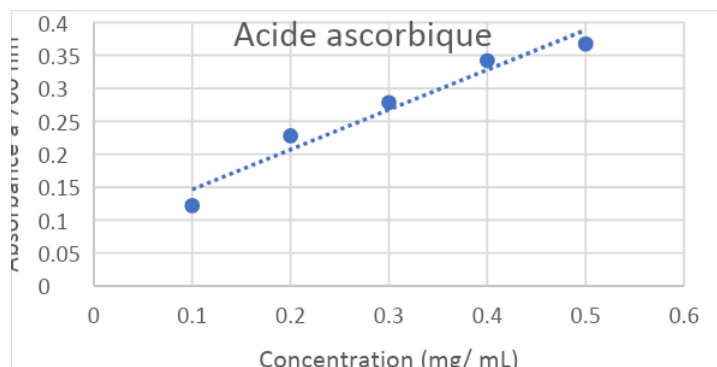
L'extrait hydro-méthanolique de *L. x allardii* a montré une forte activité antioxydante sur les radicaux DPPH avec une IC<sub>50</sub> = 0,219 mg/mL supérieur à celle de l'huile essentielle qui présente une activité antioxydante moyennement faible (IC<sub>50</sub> = 0,314 mg/m).

A titre de comparaison, une étude menée par Bouhaddouda, (2016) démontre que l'extrait méthanolique d'*Origanum glandulosum* a montré une très forte activité antioxydante sur les radicaux DPPH avec une IC<sub>50</sub> = 0,025 mg/mL par contre l'huile essentielle présente une activité antioxydante faible avec une valeur d'IC<sub>50</sub> = 0,461 mg/mL. Pour *Mentha pulegium*, l'extrait méthanolique a montré une capacité antiradicalaire modérée avec une IC<sub>50</sub> = 0,187 mg/mL. En revanche, l'huile essentielle a présenté une très faible activité antioxydante avec une IC<sub>50</sub> = 0,925mg/mL.

### 3.5.2- Evaluation du pouvoir réducteur (FRAP)

Dans le mécanisme de l'activité antioxydant des phénoliques, la réduction de Fe (III) est souvent utilisée comme un indicateur de donneur d'électrons (Hinneburg *et al.*, 2006). La méthode FRAP permet de mesurer l'habilité des phénoliques de réduire les ions Fe (III) en Fe (II).

Le pouvoir réducteur d'un extrait est aussi évalué par la CE<sub>50</sub>. Cette dernière est la concentration efficace qui réduit le fer à une absorbance de 0,5 (Goudjil *et al.*, 2015 ; Kusmardiyani *et al.*, 2016). L'acide ascorbique a servi de standard pour l'élaboration de la courbe d'étalonnage dont l'équation de régression est :  $y = 0,605x - 0,0861$  ; R<sup>2</sup> = 0,9531 (figure 31). Ainsi les différentes courbes des extraits peuvent être utilisées pour déterminer les CE<sub>50</sub>. La valeur la plus basse de ces dernières indique le dernières indique le pouvoir réducteur le plus élevé (Fidrianny *et al.*, 2015 ; Kusmardiyani *et al.*, 2016).



**Figure 31** Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.

Les CE<sub>50</sub> des deux extraits de la plante ainsi que de l'acide ascorbique sont portés dans le tableau 05 ci-dessous.

**Tableau 05** Concentration efficace 50 des extraits et d'acide ascorbique.

Extraits	CE <sub>50</sub> mg/mL
Hydro-méthanolique	0,193
Huile essentielle	4,906
Acide ascorbique	0,684

La capacité d'extrait hydro-méthanolique à réduire le fer est largement supérieure à celle de l'acide ascorbique, Concernant à l'huile essentielle, elle est inférieure à l'acide ascorbique. L'HE possède la CE<sub>50</sub> la plus élevée (4,906 mg/mL) suivi de celle d'acide ascorbique (0,684 mg/mL), et d'extrait hydro-méthanolique (0,193 mg/mL), respectivement.

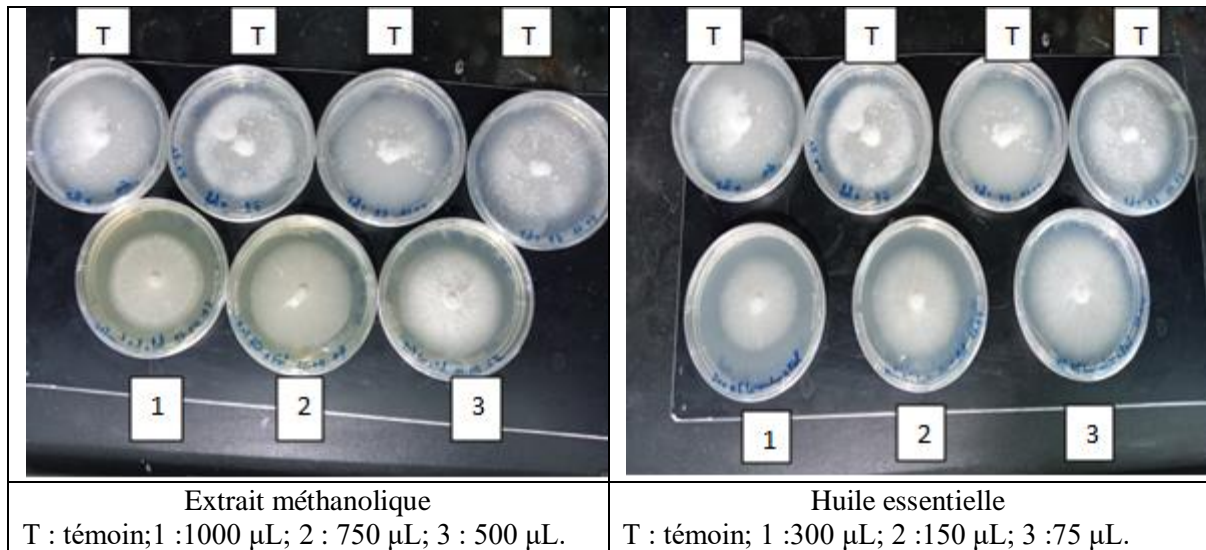
Nos résultats sont largement inférieurs à ceux obtenus par Mehmood *et al.* (2015) qui ont estimé des CE<sub>50</sub> des extraits ; aqueux, méthanoliques et éthanoliques de *Thymus vulgaris* (*Lamiaceae*) égales à 2629.74 mg/mL, à 1248.05 mg/mL et à 1922.65 mg/mL, successivement. Le pouvoir réducteur des extraits de *L. x allardii* est donc plus élevé que celui de *Thymus vulgaris*.

Notre résultat d'HE (CE<sub>50</sub>=4,906 mg/mL) est supérieur à ceux estimés par Zulkifli *et al.* (2012) qui ont travaillé sur les pelures des fruits de quatre espèces en l'occurrence ; *Psidium guajava*, *Mangifera indica*, *Malus sylvestris* et *Citrus sinensis*. Des CE<sub>50</sub> de l'ordre de 0,2652, de 0,1461, de 0,7165 et de 0,5157 mg/mL ont été révélées, consécutivement. En revanche, l'EC<sub>50</sub> de notre extrait est la plus faible d'entre elles, et elle donc possède la plus forte du pouvoir réducteur.

### 3.6- Activité antifongique



L'étude de l'activité antifongique d'huile essentielle et de l'extrait de *lavandula x allardii* a été réalisée sur une souche de *Fusarium oxysporum*, cela nous a donné les résultats suivants (Figure 32).



**Figure 32** Pouvoir inhibiteur des différentes concentrations de deux extraits sur *Fusarium oxysporum*.

**Tableau 06** Effet inhibiteur d'extraits de la plante *L. nobilis* sur *Fusarium oxysporum*.

Extrait	Concentration	Taux d'inhibition %
Extrait méthanolique	500 µL	9,42±0,3
	750 µL	11,88±0,00
	1000 µL	17,62±0,8
Huile essentielle	75 µL	/
	150 µL	8,19±0,9
	300 µL	28,27±0,00

Il y a un effet inhibiteur important (Tableau 06), car plus la concentration de l'huile essentielle est forte, plus le taux d'inhibition est fort, l'huile essentielle nous a donné un effet maximal (28,27%) alors que l'extrait méthanolique a donné un taux (de 9,42% à 17,62%). L'HE a donné un effet plus important que l'extrait qui a montré un effet remarquable aussi.

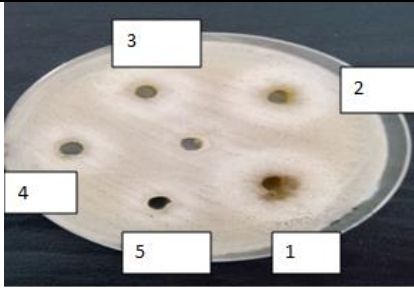
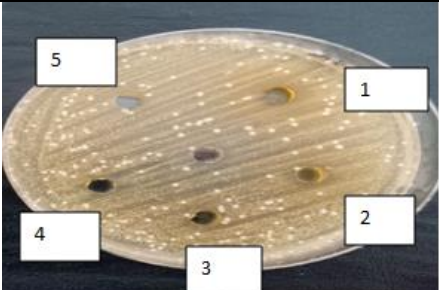
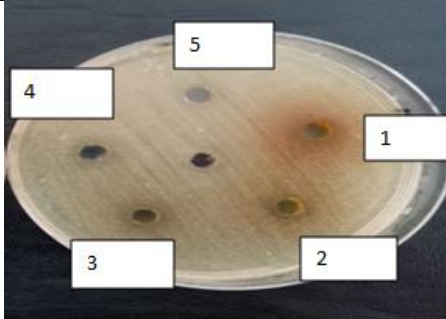
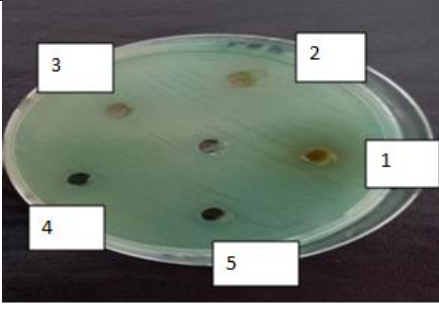
Il est important de signaler qu'aucun travail n'a été réalisé sur l'activité antifongique de *L. x allardii* sur *Fusarium Spp*. Cependant El mansouri (2016) a prouvé l'effet antifongique d'une de ses parents *L. dentata* sur les quatre espèces fongiques du genre *Candida sp*. Suivantes *Candida albicans*, *Candida glabrata*, *Candida krusei* et *Candida dubliniensis*.

De même, aucun travail n'a été réalisé sur le pouvoir inhibiteur de la germination de *Fusarium spp*, sous l'effet d'huile essentielle de *L.x allardii*. Par contre (Mebarki ,2016) a prouvé un effet inhibiteur de molécules extraites des plantes : *Anvillea radiata*, *Bubonium graveolens* et *Cotula cinerea* sur la germination des conidies de *Fusarium Oxysporum* 100% par *A. radiata* et *B. graveolens*. A l'issu de notre travail, l'huile essentielle de *L. x allardii* a présenté un pouvoir antifongique intéressant vis-à-vis l'isolat de *Fusarium Spp*.

### 3.7- Activité antibactérienne

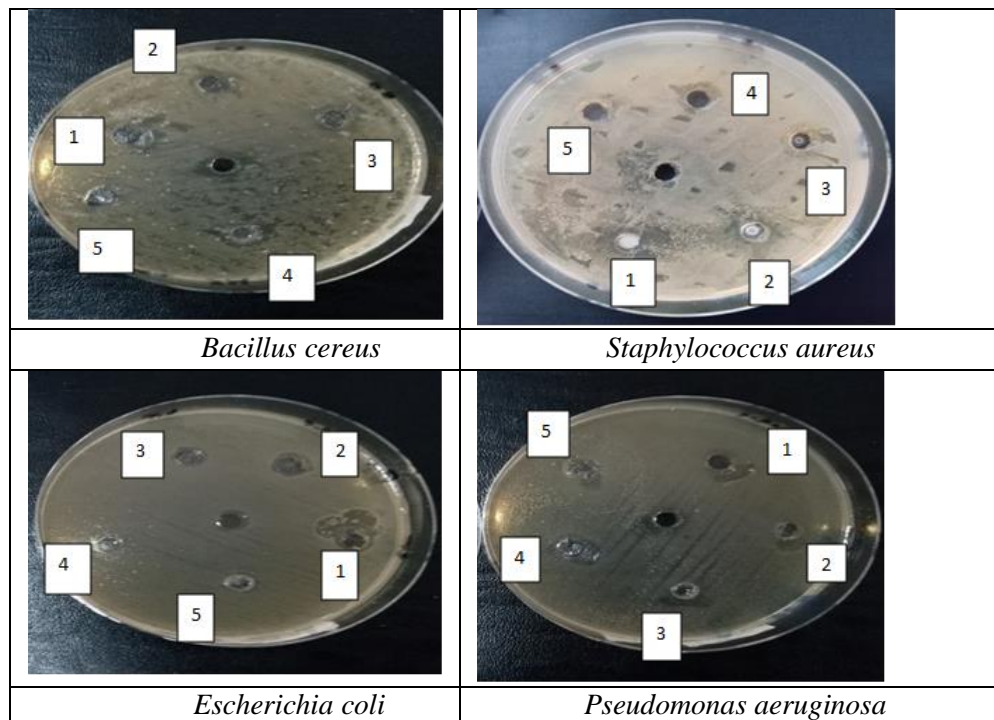
Quatre souches bactériennes ont été utilisées : *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*. Les résultats sont trouvés dans les tableaux suivants :

**Tableau 07** Résultats de la lecture pour les différentes concentrations de l'extrait.

	
<i>Bacillus cereus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
	
<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>

1 : [C] =200mg/mL / 100%, 2 : [C] =100mg/mL / 50%, 3 : [C] =50mg/mL / 25%,  
4 : [C] =25mg/mL, 5 : [C]=12,5mg/mL, au centre : DMSO.

**Tableau 08** Résultats de la lecture pour les différentes concentrations de l'HE.



**1** : [C] =100mg/mL / 100%, **2** : [C] =50mg/mL / 50%, **3** : [C] =25mg/mL / 25%,  
**4** : [C] =12,5mg/mL, **5** : [C]=6,5mg/mL, **au centre** : DMSO.

**Tableau 09** Zones d'inhibition de l'activité antibactérienne d'extraits de la plante et du DMSO.

Extraits	Concentration mg/mL	Bactéries			
		Gram +		Gram -	
		<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>
Extrait méthanolique	12,5	/	14±0,1	/	/
	25	/	15,6±0,3	./	/
	50	/	18±0,2	12,1±0,00	/
	100	/	20±0,5	14±2,00	/
	200	/	24±0,6	16±0,00	10±0,3
Huile essentielle %	6,5	/	/	/	/
	12,5	6,0±0,5	10±1,00	/	/
	25	6,7±0,3	11±0,00	/	/
	50	8,2±0,9	12,3±0,00	8,3±0,3	/
	100	8,6±0,3	13±0,00	10,3±0,2	8,4±1,70

L'analyse des résultats a montré que l'HE de *L. x allardii* possède un effet hautement considérable vis-à-vis les bactéries testées. Cependant, les ZI sont différentes selon la bactérie testée. L'HE a un pouvoir inhibiteur contre les bactéries à Gram négatif (*E. coli*, *P. aeruginosa*), et Gram positif (*S. aureus*, et *B. cereus*). Une activité maximale (de 10 mm à 13 mm), a été observée chez *B. cereus*, une activité considérable contre *E. coli*, *S. aureus* et *P.aeruginosa* avec ZI (de 8,3 mm à 10,3 mm), (de 6,0 à 8,6 mm) et 8,4 mm respectivement. En se référant à l'échelle de notation symbolique de Boughendjioua et al. (2017).

L'extrait méthanolique a montré une activité maximale vis-à-vis *B. cereus* avec ZI (de 14 mm à 24 mm) et aucune activité contre *S. aureus*, et une activité considérable contre *E. coli* et *P. aeruginosa*.

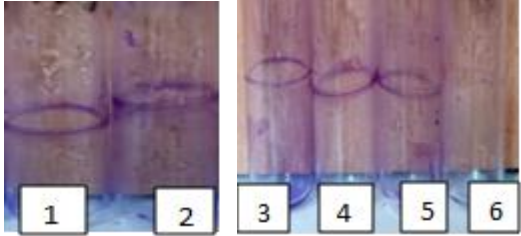

Les résultats obtenus sont similaires à ceux obtenus par (Cavanagh et Wilkinson, 2006) en ce qui concerne *S. aureus*, car l'extrait méthanolique de *L. x allardii* n'a donné aucune activité inhibitrice sur cette bactérie, mais contrairement aux résultats de (Cavanagh et Wilkinson, 2006), à la fois les deux bactéries *E. coli* et *P. aeruginosa* ont donnés des résultats considérables.

Pour l'huile essentielle, nos résultats sont proches de ceux obtenus par (Cavanagh et Wilkinson, 2006) concernant les deux bactéries *S. aureus* et *E. coli*, et contrairement à eux, l'HE a montré une efficacité avec sa concentration plus élevée sur *P. aeruginosa*.

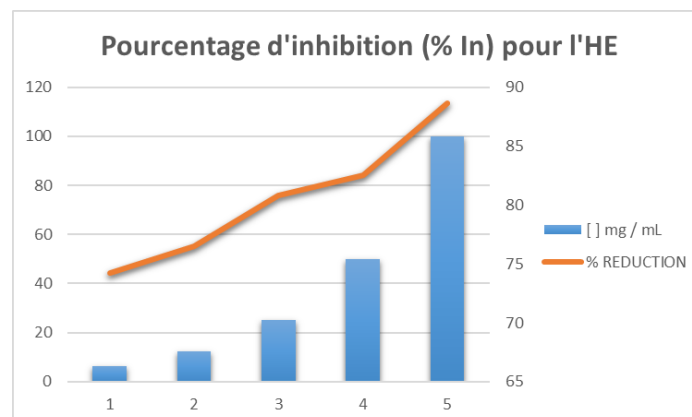
### 3.8- Activité antibiofilm

Dans le but de mettre en évidence l'effet antibiofilm de l'extrait méthanolique et d'huile essentielle de la plante *L. x allardii*, l'activité inhibitrice de ces derniers à l'encontre du biofilm formé par *S. aureus* a été réalisée. Une expérience in vitro a été réalisé dans laquelle l'extrait méthanolique et l'HE ont été complétés dans le milieu de culture avec différentes concentrations (Tableau 10).

**Tableau 10** Résultats de l'effet des extraits de *L. x allardii* sur la formation de biofilm de *S. aureus*.

<p>Extrait méthanolique mg/ml</p>	 <p>1 : Blanc ; 2 : 200mg/mL ; 3 : 100mg/mL ; 4 : 50mg/mL ; 5 : 25mg/mL ; 6 : 12,5mg/mL</p>
<p>Huile essentielle %</p>	 <p>1 : Blanc ; 2 : 100mg/mL ; 3 : 50mg/mL ; 4 : 25mg/mL ; 5 : 12,5mg/mL ; 6 : 6,5mg/mL</p>

Pour l'extrait méthanolique, le biofilm reste toujours visible comme dans le blanc, et même avec l'augmentation de la concentration de l'extrait, il reste présent. Alors que l'HE a donné un effet inhibiteur remarquable, Plus la concentration d'huile est élevée, plus le biofilm disparaîtra petit à petit; Cela confirme les résultats de l'activité antibactérienne; car l'extrait méthanolique n'a pas affecté *S. aureus*; En conséquence, cela n'a pas affecté le biofilm.



**Figure 33** Effet inhibiteur d'huile essentielle sur la formation du biofilm par *S. aureus*

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de *L. x allardii* a un effet important sur la formation de biofilm par *S. aureus*, car plus sa concentration est élevée, plus le

niveau d'inhibition est élevé (Figure 33) ; contrairement à l'extrait méthanolique, qui n'affecte pas la formation de biofilm.

Aucun travail n'a été réalisé sur l'activité antibiofilm de *L.x allardii* sur *S. aureus*, Cependant Selon (Chaouche et al., 2018) les résultats expérimentaux montrent que les huiles essentielles de *Lavandula officinalis* inhibent les biofilms (âgé de 24 heures) formés par *Klebseilla pneumoniae* à une concentration de 1/4 et les polyphénols sont actifs à partir de 7.5 mg/ml. Chez *S. aureus* et *E. coli*, Budzynska et al., 2011 ont montrés que la concentration minimale d'éradication du biofilm de deux composés (Linalyl acetate et linalool) et l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* entraînant une réduction  $\geq 90\%$  de l'activité métabolique de la biomasse, mesurée après 4 ou 24 h d'application de composés sur la culture de biofilm. Aussi les données récentes de Cordeiro et al., (2020) montrant que *O. majorana*, *R. officinalis* et *T. zygis* avaient une forte activité antibiofilm contre *S. aureus*.

Pour les extraits il y a un travail réalisé par Khalid et al., (2020), qui ont trouvé que l'extrait de racines et d'écorces de *Juglans regia* dans un milieu contenant le BHIB seul, a réduit l'attachement de la souche de *S.aureus* avec environ 58 %, comme il a pu inhiber 50 % du biofilm préformé.

# **Conclusion et perspectives**

#### 4- Conclusion et perspectives

L'Algérie a un héritage végétal important en raison de sa richesse et de sa biodiversité dans les régions côtières, les montagnes, les hauteurs, les steppes et les oasis sahariennes. Cette richesse floristique est considérable et comporte des milliers des substances naturelles qui offrent des potentialités considérables comme : des propriétés biologiques très importantes qui trouvent de nombreuses applications dans divers domaines à savoir en médecine, en pharmacie, en cosmétologie et en agriculture.

Ce nouvel intérêt est dû en partie au fait que les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances bioactives, et en revanche, les effets secondaires des médicaments préoccupent les consommateurs qui se tournent vers des soins moins agressifs pour le corps.

Pour cette raison, l'objectif de ce travail était d'étudier la caractérisation phytochimique et d'évaluer les activités biologiques des deux extraits ; hydro-méthanolique et HE, préparés à partir de la macération et de l'hydrodistillation de la plante médicinale algérienne du genre *Lavandula*, appartenant à la famille des Lamiaceae. Cette dernière est parmi les familles les plus importantes de la flore algérienne et les plus utilisées en médecine traditionnelle. Il semble que cette plante *Lavandula x allardii* a des vertus qui peuvent justifier leur usage en médecine traditionnelle.

En premier lieu, l'extraction de l'HE de *L. x allardii*, provenant de la région de la wilaya de Sétif, en vue de son exploitation dans la prévention et le traitement de nombreuses maladies. Le rendement de production de l'HE à partir de ses parties aériennes a été estimé à  $3,95 \pm 0,02$  %.

Un criblage phytochimique d'extrait de la plante a également permis de caractériser les principaux métabolites secondaires, en l'occurrence ; les polyphénols totaux et les flavonoïdes totaux, où la quantification de ces métabolites a révélé des teneurs considérablement importantes. Ensuite, l'évaluation de la capacité antioxydante par les deux tests DPPH et FRAP a montré des propriétés antioxydantes remarquables d'extrait hydro-méthanolique suivie par l'efficacité d'HE.

En outre, une activité antibactérienne très importante des extraits obtenus sur les quatre souches bactériennes testées a été remarquée, en utilisant la méthode de diffusion en puits. Ainsi, l'HE a montré une activité antifongique plus forte que l'extrait hydro-méthanolique. Quant à l'activité antibiofilm, l'extrait d'hydro-méthanol n'a aucune activité contre *Staphylococcus aureus*, alors que l'HE était très efficace.



Au terme de ce travail, il a été conclu que l'HE et l'extrait hydro-méthanolique de *L. x allardii* jouent un rôle très important dans les domaines biotechnologiques et biothérapeutiques.

L'ensemble des résultats obtenus au fil de cette étude ne présente qu'une étape préliminaire dans la recherche. De ce fait, il est souhaitable d'enrichir et d'accomplir ce travail, par des études approfondies concernant plusieurs points, à savoir ;

- ✓ Etude approfondie et complémentaires *in vivo* des activités étudiées et des autres activités biologiques à savoir les activités ; anti-inflammatoires, anticancérigènes, antidiabétique, et anti-hémolytique.
- ✓ Etude de la cytotoxicité de l'huile sur des lignes cellulaires afin de déterminer les concentrations requises non néfastes pour l'humain.
- ✓ Séparation et l'isolement des différents constituants de l'huile afin d'identifier les molécules responsables des propriétés biologiques.
- ✓ Recherche d'autres applications biotechnologiques de l'HE de *L. x allardii*
- ✓ Développement des agents antioxydants qui peuvent constituer une alternative aux certains additifs synthétiques pour les utilisés dans le secteur agroalimentaire ainsi que dans des applications thérapeutiques et cosmétiques.
- ✓ Exploitation de ces plantes comme nouvelle source d'antibiotiques dans le domaine pharmacologique et médicale.

# **Références bibliographiques**

## 5- Références bibliographiques

### A

- Abedini A., (2013)., Pharmacognosie Evaluation biologique et phytochimiques des substances naturelles d'*Hyptis atrorubens* Poit. (Lamiaceae), sélectionnée par un criblage d'extraits de 42 plantes. École Doctorale Biologie Santé., Science du Médicament.
- Abou, F. K. N. (2017). Activité antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de *Mentha pulegium* L.
- Aboughe Angone, S., Aworet Samseny, R. R. R., & Eyele Mve Mba, C. (2015). Quelques propriétés des huiles essentielles des plantes médicinales du Gabon. *Phytothérapie*, 13(5), 283-287.
- Afreenish H., Javaid U., Kaleem F., Omair M., Muhammad Iqba A.K. (2011). Evaluation of different detection methods of biofilm formation in the clinical isolates. *Braz J Infect Dis* ; 15(4):305-311
- Akila, B. Etude ethnobotanique de quelques espèces médicinales de la flore spontanée de la région des Ziban : cas d'Ouled Djallel.
- Alitonou GA, Tchobo FP, Sessou P, et al. (2013) Chemical composition, antiradical and anti-inflammatory activities of four annonaceae from Benin. *IJPCBS* 3:914–23
- Alloun, K. (2018). Composition Chimique et activités biologiques de métabolites secondaires de *Crithmum maritimum* L., de *Melissa officinalis* L. et de *Thymus pallezensis* de Noé et effet de l'irradiation gamma sur les huiles essentielles de thym Ecole Nationale Supérieure Agronomique ; El-Harrach –Alger.
- Amani BOULEGROUN, R. A. Evaluation de l'effet antioxydant de deux plantes endémiques en Algérie: *Thymus algeriensis* de Ain-Defla et *Lavandula antineae* de Biskra.
- Amorati, R., Foti, M. C., & Valgimigli, L. (2013). Antioxidant activity of essential oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(46), 10835-10847.
- Amri, B., Martino, E., Vitulo, F., Corana, F., Ben-Kaâb, L. B., Rui, M., ... & Collina, S. (2017). *Marrubium vulgare* L. leave extract: Phytochemical composition, antioxidant and wound healing properties. *Molecules*, 22(11), 1851. <https://doi.org/10.3390/molecules22111851>
- Amri, H. (2018). Extraction de l'huile essentielle de *Globularia alypum* L. Identification de ses constituants chimiques et étude de son activité antioxydante. [Thèse de doctorat]. Université Ahmed Benballah, Oran
- Andrade, L. N., Dos Reis Barreto de Oliveira, R., & De Sousa, D. P. (2014). A review on anti-inflammatory activity of phenylpropanoids found in essential oils. *Molecules*, 19(2), 1459-1480.
- Avlessi F., Alitonou G.A., Djenontin T S., Tchobo F., Yèhouéno B., Menut C. & Sohounhloùé D., 2012.- Chemical composition and Biological activities of the Essential oil extracted from the Fresh leaves of *Chromolaena odorata* (L. Robinson) growing in Benin. *ISCA Journal of Biological Sciences*, 1(3) : 7-13.

Ayoola GA, Eze SO, Johnson OO, Adeyem DK (2018). Phytochemical screening, antioxidant, antiulcer and toxicity studies on *Desmodium adscendens* (Sw) DC Fabaceae leaf and stem. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 17(7) : 1301-1307. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/tjpr.v17i7.11>.

## B

Bouhaddouda, N. (2016). Activités antioxydante et antimicrobienne de deux plantes du sol local : *Origanum vulgare* et *Mentha pulegium*. Diplôme de Doctorat, Univ Badji Mokhtar, Annaba.

Benyagoub, E., Nabbou, N., Sirat, M., & Dahlis, Z. (2014). Propriétés antibactériennes et constituants phytochimiques des extraits de la lavande de la région de Tlemcen et leur effet sur quelques espèces bactériennes responsables d'infection alimentaire. *Revue des Bioressources*, 257(3242), 1-11.

Bachiri, L., Echchegadda, G., Ibjibjen, J., & Nassiri, L. (2016). Etude phytochimique et activité antibactérienne de deux espèces de Lavande Autochtones Au Maroc : «*Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. ». *European Scientific Journal*, 12(30), 313-333.

BOUKRI Nour El Hou (08/06/2014). Contribution à l'étude phytochimique des extraits bruts des épices contenus dans le mélange Ras-el-hanout

Bangou, M. J. (2014). Etude phytochimique et activités biologiques des tiges feuillées de *Lantana camara* L. et de *Lippia chevalieri* Moldenke : deux VERBENACEAE du BURKINA FASO.

Bruneton J., 2009. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 4ème éd. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

Bouhaddouda, N. (2016). Activités antioxydante et antimicrobienne de deux plantes du sol local : *Origanum vulgare* et *Mentha pulegium*. Diplôme de Doctorat, Univ Badji Mokhtar, Annaba.

Bachiri, L., Echchegadda, G., Ibjibjen, J., & Nassiri, L. (2016). Etude phytochimique et activité antibactérienne de deux espèces de Lavande Autochtones Au Maroc : «*Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. ». *European Scientific Journal*, 12(30), 313-333.

Bettaieb Rebey, I., Bourgou, S., Saidani Tounsi, M., Fauconnier, M. L., & Ksouri, R. (2017). Etude de la composition chimique et de l'activité antioxydante des différents extraits de la Lavande dentée (*Lavandula dentata*). *Journal of New Sciences*, 39(2).

Bentabet N, Boucherit-Otmani Z et Boucherit Z (2014). Composition chimique et activité antioxydante d'extraits organiques des racines de *Fredolia aretioides* de la région de Béchar en Algérie. *Pharmacognosie*. 12 : 364-371. DOI : 10.1007/s10298-014-0834-x.

Boudechiche ML, Cherif M, Boudechiche L, Sammar F (2014). Levels of primary and secondary compounds of foliage from fodder shrubs of Algerian wet area. *ResearchGate*.

Bangou, MJ. (2012). Etude phytochimique et activités biologiques des tiges feuillées de *Lantana camara* L. Et de *Lippia chevalieri* Moldenke : deux VERBENACEAE du BURKINA FASO ((Thèse de Doctorat, Université de Ougadougou).

- Benchaachoua, A. (2019). Caractérisation et Valorisation d'une plante de la famille desastéracées de la région de Sidi Bel Abbès : Évaluation des substances bioactives de *Silybummarianum* (Thèse de doctorat, Université DjillaliLiabès, Sidi Bel Abbès).
- Beloued A., 1998. Plantes médicinales d'Algérie OPU, in, Alger.
- Balasundram, N., Sundram, K. et Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrialby-products : Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chem* 99 : 199-203.
- Bertella, A. (2019). Etude de l'activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentiellesd' *Artemisia herba-alba*, *Artemesia campestris* et *Romoarinus tournefortii*. [thèse dedoctorat]. Université Ahmed ben Bella Oran 1.169p.
- Bakiri N., Bezzi M., Khelifi L. et Khelifi-Slaoui M. / *Revue Agriculture*. Numéro spécial 1 (2016) 38 – 42
- Bremness L. Les plantes aromatiques et médicinales, Collection l'œil nature. Éd. Bordas, 1996.
- Bézanger-Beauquesne L., Pinkas M., Torck M. Les plantes dans la thérapeutique moderne, 2ème édition révisée, Ed. Maloine éditeur, 1986.
- BOUGUERMI, L., BOUZAR DILMI, S., & NEDJHIOUI, M. (2021). Étude et caractérisation de quelques plantes médicinales de la région de Médéa : Effet biologique et applications thérapeutiques.
- Briellmann, H.L., Setzer, W.N., Kaufman, P.B., Kirakosyan, A., CsekeLJ, P., 2006. The chemical components of plants. *Nat. Prod. Plants* 1–50.
- Bruneton J. 1999. Pharmacognosie et Phytochimie, Plantes médicinales, 3<sup>e</sup> édition. Lavoisier.
- Bruneton J. 2009. Pharmacognosie et Phytochimie, plantes médicinales. 4<sup>ème</sup> édition. Paris : Edition Tec & Doc. Edition médicales internationales, p.3 et 1292.
- Bousbia, N. (2011). Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires (Doctoral dissertation, Université d'Avignon).
- Bousbia N., Vian, Maryline Abert, Ferhat, Mohamed A., Meklati, Brahim Y. et Chemat, Farid. A new process for extraction of essential oil from Citruspeels: Microwave hydrodiffusion and gravity. In : *Journal of Food Engineering* [enligne]. février 2009. Vol. 90, n° 3, p. 409-413. DOI 10.1016/j.jfoodeng.2008.06.034.
- Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877408003002>.
- Boukhatem, M. N., Ferhat, A. et Kameli A. (2019). Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : Revue de littérature. *Revue agrobiologia*. 9(2) :1653-1659
- BOUKHATEM, M. N., FERHAT, A., & KAMELI, A. (2019). Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : revue de littérature. *Une*, 3(4), 1653-1659.
- Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. (2015). *Handbook of essential oils : science, technology, and applications*. CRC press

- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- Boudjedjou, L. (2020). Etude de la composition chimique et des activités biologiques des huiles essentielles de quelques espèces endémiques.
- Badawy, E. S. M., Khalid, K. A., Heikal, A. A. E. M., & Nagdy, M. M. (2018). Effect of Salinity Stress and Soil Types on Growth, Photosynthetic Pigments and Essential Oil of *Artemisia annua* L. *Asian Journal of Crop Science*, 10(1), 40-47.
- Bellili, S., Aouadhi, C., Dhifi, W., Ghazghazi, H., Jlassi, C., Sadaka, C., ... & Mnif, W. (2018). The Influence of Organs on Biochemical Properties of Tunisian *Thuja occidentalis* Essential Oils. *Symmetry*, 10(11), 649.
- Bruneton J. (1999). *Pharmacognosie- phytochimie, plantes médicinales*. 4eme Ed. Tec & Doc, Paris, 1288 p.
- Capetti, F., Cagliero, C., Marengo, A., Bicchi, C., Patrizia, R P. and Sgorbini P. (2020). Bio-Guided Fractionation Driven by In Vitro  $\alpha$ -Amylase Inhibition Assays of Essential Oils Bearing Specialized Metabolites with Potential Hypoglycemic Activity.
- Bessah, R., Ben Youssef, E. H. (2015). La filière des huiles essentielles état de l'art, impact et enjeux socioéconomiques. *Revue des énergies renouvelables*. 18. (3), 513-528
- Bouhaddouda, N. (2016). Activités antioxydante et antimicrobienne de deux plantes du sol local : *Origanum vulgare* et *Mentha pulegium* [Thèse de doctorat]. Université Badji Mokhtar, Annaba. 205p.
- Birben, E., Sahiner, U. M., Sackesen, C., Erzurum, S., & Kalayci, O. (2012). Oxidative stress and antioxidant defense. *World Allergy Organization Journal*, 5(1), 9-19.
- Bentabetlasгаа N. (2015) Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de deux plantes *Fredolia arietoides* et *echium vulgare* de l'ouest algérien. Thèse de doctorat p : 20-21.
- Boughalleb F., Mahmoudi M., Abdellaoui R., Yahia B., Zaidi S., Nasri N. Effect of long-term storage on phenolic composition, antioxidant capacity, and protein profiles of *Calicotome villosa* subsp. *intermedia* seeds. *J. Food Biochem.* (2019) ; 00 : e13093.  
<https://doi.org/10.1111/jfbc.13093>.
- Burt S. (2004). Essential oils : their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *Int.J. Food Microbiol.* 94, 223-253.
- Branger A. (2007). *Microbiochimie et alimentation* ; 345-343.
- Bellifa S. (2014). Evaluation de la formation du biofilm des souches de *klebsiella pneumoniae* isolées de dispositifs médicaux au CHU Tlemcen. Thèse de doctorat. Université de la rochelle de France.
- Bechlem H. 2018. Etude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales algériennes. Thèse de doctorat, Université des Frères Mentouri, Constantine, 242 p.
- Bousmaha L., Atik F., Tomi F., Casanova J. 2005. Advances in the Chemical Composition of *Lavandula dentata* L. Essential Oil from Algeria. *Journal of Essential Oil Research* 17(3) : 292-295

Benabdelkader T. 2012. Biodiversité, bioactivité et biosynthèse des composés terpéniques volatils des lavandes ailées, *Lavandula stoechas* sensu lato, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique. Thèse de doctorat, Université Jean Monnet - Saint-Etienne, Ecole normale supérieure de Kouba, Alger, 259 p.

Belmokhtar. 2015. Identification et caractérisation des molécules du métabolisme secondaire de *Retama monosperma*. L Boiss, intérêt pharmaceutique. Thèse de doctorat, Université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, 97p.

Bougandoura N. et Bendimerad N. 2013. Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L) Briq. Nature et technologie 9 : 14-19.

Budzynska A., Wieckowska-Szakiel M., Sadowska B., Kalemba D., Rozalska B. (2011). Antibiofilm activity of selected plant essential oils and their major components. *Pol J Microbiol*, 60(1), 35-41.

## C

Chabrier, J. Y. (2010). Plantes médicinales plantes médicinales et formes et formes d'utilisation en phytothérapie tothérapie tothérapie.

Chaouche Thinina A; Arab K; Laoufi R; Malya M. (2018). Inhibition du biofilm formé par *Klebsiella pneumoniae* responsable d'infection urinaire par l'huile essentielle et les polyphenols de *Lavandula officinalis*. *SAGREN*, 02 (02), pp 39-45.

Cherfia, R., & Kacem Chaouche, N. (2021). Research of antimicrobial potentialities of an endemic plant of the genus-*Calycotome* (Doctoral dissertation, Université FrèresMentouri-Constantine 1).

Cos, P., Maes, L., Vlietinck, A., & Pieters, L. (2008). Plant-derived leading compounds for chemotherapy of human immunodeficiency virus (HIV) infection—an update (1998–2007). *Planta Medica*, 74(11), 1323-1337. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1081314>

Chabrier JY. 2010. Plantes médicinales et formes d'utilisation en Phytothérapie. Thèse de Pharmacie, Sciences du Vivant [q-bio] / Sciences Pharmaceutiques, Université Henri Poincaré, Nancy 1, 184 p.

Crozier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H., 2008. Plant secondary metabolites occurrence, structure and role in the human diet. John Wiley & Sons.

Chaib, M. Y., & Benelhadj Said, A. (2020). Etude de l'évolution de la concentration en phase vapeur dans les procédés d'extraction des huiles essentielles (Doctoral dissertation).

Chenni, M. (2016). Etude comparative de la composition chimique de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic "*Ocimum basilicum* L." extraite par hydro-distillation et par micro-ondes. [Thèse de doctorat]. Université d'Oran 1 Ahmed BenBella, Algérie.

Chemat, S., A. Lagha, H. Aït-Amar, P.V. Bartels et F. Chemat. 2004. «Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of carvone and limonene from caraway seeds ». *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 19, p. 188-195.

Cillard, J., & Cillard, P. (2006). Mécanismes de la peroxydation lipidique et desantioxydations. *Oleagineux, corps gras, lipides*, 13(1), 24-29.

Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo PW, Castillejos L et Ferret A. (2007).Invited Review : Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journalof Dairy Science*. 90, 2580-259.

Cavanagh H et Wilkinson J; Assessment of Lavandula Essential Oils, Hydrosols and Plant Extracts, A report for the Rural Industrial Research and Development Corporation, 2006.

## D

Dai J. & Mumper R.J., 2010. Plant phenolics : extraction, analysis and their antioxidantand anticancer properties. *Molecules*. 15 : 7313–7352.

Di Carlo G., Mascolo N., Izzo A.A. & Capasso F., 1999. Flavonoids : old and newaspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sci*. 65 (4) : 337-53.

Dangles O., Stoeckel C., Wigand MC. Brouillard R. 1992. Two very distincttypes of anthocyanin complexation : Copigmentation and inclusion. *Tetrahedron Lett*.33 : 5227-30. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(00\)79139-8](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(00)79139-8)

Debuigne, G. et Couplan, F. (2013). *Le petit Larousse des plantes qui guérissent: 500 plantes et leurs remèdes*.

Dermachi Sofiane (15/12/2015). Etude phytochimique de deux plantes steppiques : *puincaGranatum.L* et *ampelodesmos mauritanicus*.

Dung NT, Kim JM, Kanga SC (2008) Chemical composition, antimicrobial andantioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyxoperculatus* (Roxb.) Merr and Perry buds. *Food ChemToxicol* 46 :3632–9 doi :10.1016/j.fct.2008.09.013. Epub 2008 Sep 18.

Deschepper, R. (2017). Variabilité de la composition des huiles essentielles etintérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. [Thèse de doctorat]. Université d'Aix-Marseille, France, 172p.

De Moffarts, B., Kirschvink, N., Pincemail, J., & Lekeux, P. (2005). Impactphysiologique et pathologique du stress oxydant chez le cheval. In *Annales de MédecineVétérinaire* (Vol. 149, No. 1, pp. 1-9). *Annales Medecine Veterinaire*.

Djilani A et Dicko A. (2012). *The Therapeutic Benefits of Essential Oils.Nutrition, Well Being and Health*, Dr. Jaouad Bouayed (Ed.), ISBN : 978-953-51-0125-3, In Tech, Available from : [http://www.intechopen.com/books/nutrition-well-being-and-health/the\\_therapeutic\\_benefits-of-essential-oils](http://www.intechopen.com/books/nutrition-well-being-and-health/the_therapeutic_benefits-of-essential-oils).

Donlan RM. (2002). *Biofilm: Microbial life on Surface*.Centers for Disease Control andprevention, Atlanta, Georgia, USA ; 8(9):881-890.

Donlan RM., Costerton JW. (2002). *Biofilms: survival mechanisms of clinicallyrelevant microorganisms*. *Clinical microbiology reviews* ; 15:167-193.

Donlan Rodney M. (2002). *Biofilms: microbial life on surfacs*.*Emerging infectionsdiseases* ; 8(9):881-8



Djordjevic D., Wiedmann M. And McIands borough L.A. (2002). MicrotiterPlate Assay for Assessment of *Listeria monocytogenes* biofilm formation. *Applied and environment al microbiology*; Vol. 68, No. 6: 2950– 2958.

## E

Edzard, E., (2001). *The desktop guide to complementary and alternative medicine*, 2<sup>ème</sup> édition, Grande-Bretagne. Mosby, 480 p.

Edeoga, H. O., Okwu, D. E., & Mbaebie, B. O. (2005). Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. *African journal of biotechnology*, 4(7), 685-688.

Elkhamlichi A, El Hajaji H, Faraj H, Alami A, El Bali B, Lachkar M (2017). Phytochemical screening and evaluation of antioxidant and antibacterial activities of seeds and pods extracts of *Calycotome villosa* subsp. *intermedia*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 7 (04) : 192-198. DOI :10.7324/JAPS.2017.70428.

El mansouri. K 2016 ; Recherche et évaluation de l'activité antifongique des extraits de plante médicinales thèse de doctorat médecine université cadi ayyad Marrakech.

Emami, S. A., Abedindo, B. F., & Hassanzadeh-Khayyat, M. (2011). Antioxidant activity of the essential oils of different parts of *Juniperus excelsa* M. Bieb. subsp.

*Excelsa* and *J. excelsa* M. Bieb. subsp. *polycarpus* (K. Koch) Takhtajan (Cupressaceae). *Iranian journal of pharmaceutical research : IJPR*, 10(4), 799.

Edris, A. E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents : a review. *Phytotherapy Research : An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21(4), 308-323.

El Yahyaoui O, Ait Ouaziz N, Guinda I, Sammama A, Kerrouri S, Bouabid B, El Bakkal M, Quyou A, Lrhorfi A, Bengueddour R. (2017). Phytochemical screening and thin layer chromatography of two medicinal plants: *Adansonia digitata* (Bombacaceae) and *Acacia raddiana* (Fabaceae). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* .6(1): 10-15.

## F

Fatiha S. 2019. Pharmacognosie. Mémoire de Master 1 en Génie Pharmaceutique, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran « Mohamed Boudiaf », Algérie, 62 p.

F. Bakkali, S. Averbeck, D. Averbeck, M. Idaomar, Biological effects of essential oils-a review, *Food Chem. Toxicol.* 46 (2) (2008) 446–475.

## G

Ghazghazi, H., Chedia, A., Maarouf, A. (2013). Comparaison des contenus en polyphénol et de l'activité antioxydante des extraits méthanolique de quatre plantes collectées du nord de tunisie *microbiol.Hgg.Alim.* 25 (73)

Guitton Y, Nicole` F, Moja S et al (2010) Differential accumulation of volatile terpene and terpene synthase mRNAs during lavender (*Lavandula angustifolia* and *L. xintermedia*) inflorescence development. *Physiol Plant* 138 :150–163.

Gomez-Caravaca AM, Gomez-Romero M, Arraez-Roman D, Segura-Carretero A, Fernandez-Gutierrez A (2006). Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 41(4): 1220-1234. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.03.002>.

Goudjil MB, Ladjel S, Bencheikh S, Zighmi S, Hamada D (2015). Study of the chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of the essential oil extracted from the leaves of Algerian *Laurus nobilis* Lauraceae. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 7(1) :379-385.

Guenther E (1948) *The essential oils : history, origin in plants, production and analysis*, Vol 1, RE. Krieger publishing Co, Malabar

Goetz P et Ghedira K. (2012). *Phytothérapie anti-infectieuse*. Edition : Springer-Verlag France, Paris. Pp 4-194.

Garret TR. (2008). *Bacterial adhesion and biofilm on surface*. Science directe

Giuliani C., Bottoni M., Ascrizzi R., Milani F., Papini A., Flamini G., Fico G. 2020. *Lavandula dentata* L. from Italy: analysis of trichomes and volatiles. *Biodiversity. Chemistry & Biodiversity*. 15 p.

## H

Hammiche V., Maiza K., 2006. Traditional medicine in Central Sahara : pharmacopoeia of Tassili N'ajjer, *Journal of ethno pharmacology*, 105.

Héral, B., Stierlin, É., Fernandez, X. et al. Phytochemicals from the genus *Lavandula* : a review. *Phytochem Rev* 20, 751–771 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09719-z>

Halmi, S. (2015). *Etude botanique et phytochimique : Approche biologique et pharmacologique d'opuntia ficus indica* (Thèse de doctorat, Université des frères mentouri, Constantine). Repéré à <http://hdl.handle.net/123456789/130764>.

Hinneburg I., Dorman, H.J.D. and Hiltunen, R. (2006). Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. *Food chemistry*, 97, 122-129.

Hammiche V., Merad R., Azzouz M., 2013. *Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen*, Springer.

Heim, E.K., Tagliaferro, A.R., and Bobilya, D.J., (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. Vol.13, p.p. 572-584.

Hessas, T. et Simoud, S. (2018). *Contribution à l'étude de la composition chimique et à l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de Thymus sp.* [Thèse de doctorat]. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 106 p.

Holopainen, J. K. (2004). Multiple functions of inducible plant volatiles. *Trends in plant science*, 9(11), 529-533.

Hyldgaard, M., Mygind, T., and Meyer, R. L. (2012). Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology*, 3, 12.

Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. (2007). Le stress oxydant. *Revue médicale de Liège*, 62(10), 628-38.

Hygis N. (2010). *hygiène hospitalière* ; 513

Handke L.D., Conlon K.M., Slater S.R. (2004). Genetic and phenotypic analysis of biofilm phenotypic variation in multiple *Staphylococcus epidermidis* isolates. *Journal of Medical Microbiology*; 53:367-374

Hui L., Jingrui L., Hongtong B., Lei S., Huafang W. 2019. The complete chloroplast genome sequence of *Lavandula dentata* (Lamiaceae) and its phylogenetic analysis, *Mitochondrial DNA Part B* 4(2) : 2135-2136

Hubert. 2006. Caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de soja – Etude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaines, École doctorale des Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries, 174p.

Henni J.E. 1998. Morphologie, pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* f.sp. *lucoopersici*. Thèse de Doctorat d'état. Université d'Oran. 171p.

## I

Iserine, P., Masson, M., Restellini, J. P., Ybert, E., De Laage De Meux, A., Moulard, F., Zha, E., De La Roque R., De La Roque O., Vican P., Deesalle -Feat T., Biaujeaud M., Ringuet J., Bloth, J. et Botrel, A. (2001). *Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins*. 2<sup>ème</sup> édition de VUEF, Hong Kong:335.

Ismaili R., Houbairi S., Lanouari S., Moustaid K., Lamiri A. (2017). Etude De L'Activité Antioxydante Des Huiles Essentielles De Plantes Aromatiques Et Médicinales Marocaines *European Scientific Journal* April 2017 edition Vol.13, No.12 ISSN: 1857 – 7881

## J

Jiofack, T., Fokunang, C., Guedje, N., Kemeuze, V., Fongzossie, E., KAMRAD.N., AGARWAL N. and CHAUDHARY L.C., 2006. Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds. *International Congress Séries*, 1293 : 156–163.

## K

Kusmardiyani S, Novita G et Fidrianny I (2016). Antioxidant activities from various extracts of different parts of Kelakai (*Stenochlaena palustris*) grown in central Kalimantan – Indonesia. *Asian J Pharm Clin Res*. (9) : 2 : 215-219.

KABAHOUM, M., & LADJAL, L. (2021). Etat de la recherche scientifique sur les plantes médicinales et la phytothérapie en Algérie (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).

Kavitha, V. U., & Kandasubramanian, B. (2020). Tannins for wastewater treatment. *SN Applied Sciences*, 2, 1-21.

KINGSTON, Howard M et HASWELL, Stephen john. Microwave-Enhanced Chemistry : Fundamentals, Sample Preparation, and Applications. Washington DC :American Chemical Society, 1997, 800 p. ISBN 9780841233751.

Kronholm, J., Hartonen, K. and Riekkola, M.-L. Analytical extractions with water at elevated temperatures and pressures. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 26(5), 396-412.] 2007.

Kalemba D. & Kunicka A., 2003.- Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*. 10 : 813-829.

Kara Terki I. (2014). Caractérisation et évaluation de la formation de biofilm de souches de staphylocoques isolées de sondes urinaires chez des patients hospitalisés au CHU de Telemcen. Thèse de doctorat .Université Abou Bakr Belkaid, Telemcen.

## L

Laib I. (2012). Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*: application aux moisissures des légumes secs. *Nature & Technology*, (7), 44.

Laib S., Mebdoua. M., & Yahyaoui Ch. (2021). Les plantes médicinales et aromatiques et forme d'utilisation en Algérie (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).

Lis-Balchin, M. (Ed.). (2002). *Lavender: the genus Lavandula*. CRC press

Lusby, P. E., Coombes, A. L., & Wilkinson, J. M. (2006). A comparison of wound healing following treatment with *Lavandula x allardii* honey or essential oil. *Phytotherapy Research : An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 20(9), 755-757.

Lee K.W., Kim Y.J., Lee H.J. & Lee C.Y., 2003. Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. *J. Agric. Food Chem.* 51 : 7292- 7295.

Laurent J., (2017). Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine. (Thèse de doctorat). Université de Toulouse III, France, 225p.

Leszczynska, D. (2007). Management de l'innovation dans l'industrie aromatique : Cas des PME de la région de Grasse. Editions l'Harmattan, Paris, France

Leverve, X. (2006). Stress oxydant et régulation de la glycémie : implications pour le syndrome métabolique. *Obésité*, 1(1), 11-15.

Laguerre, M., López-Giraldo, L. J., Lecomte, J., Pina, M., & Villeneuve, P. (2007). Outils d'évaluation in vitro de la capacité antioxydante. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 14(5), 278-292.

Lakhdar, L. (2015). Evaluation de l'activité antibactérienne d'huile essentielle marocaine sur *aggregatibacter actinomycetemcomitans*. these de doctorat.

Lim T.K. 2014. *Lavandula angustifolia*. In *Edible Medicinal and Non Medicinal plants* 8 : 156-185.

Lopes L., Daniela S., Alviano b., Celuta S., Alviano b, Paul P., Kolodziejczyk a. 2008. Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of artemisia essential oils. *Phytochemistry* 69 : 1732–1738

## M

Monnier, C., (2002). *Les plantes médicinales, vertus et traditions*. Privat, 156 p.

Moja S, Guitton Y, Nicole` F et al (2016) Genome size and plastid trnK–matK markers give new insights into the evolutionary history of the genus *Lavandula* L. *Plant Biosyst Int J Dealing Asp Plant Biol* 150 :1216–1224.

Marc F., Davin A., Deglène-Benbrahim L., Ferrand C., Baccaunaud M. and Fritsch P.(2004). Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *Medecine/Sciences*, 20, 458-463.

Mahmoudi Y.L., 1988. *Thérapeutique par les plantes les plus communes en Algérie*, Palais du Livre : Blida, Algeria.

Mpondo E.M., Dibong D.S., Flora C., Yemeda L., Priso R.G., Ngoye A., 2012. Les plantes à phénols utilisées par les populations de la ville de Douala, *Journal of Animal&Plant Sciences*.

Marchal M. (2010). *Etude des biofilms bacterirns arsénite-oxydants*. thèse de doctorat. Université de strasbourg, France

Morse D.(2016). Development of an in vitro oral mucosal tissue model for biofilm infection. 10.13140/RG.2.2.24758.70724.

Musk DG., Banko DA., Hergenrother PJ. (2005). Iron salts perturb biofilm formation and disrupt existing biofilms of *Pseudomonas aeruginosa*. *Chemistry and biology* ;12:789-796.

Martins R de P., Gomes R.A da S., Malpass A. C. G., Okura M. H. 2019. Chemical characterization of *Lavandula dentata* L. essential oils grown in Uberaba-MG. *Ciência Rural*, Santa Maria 49: 7 p.

## N

Nuru A., Al-Ghamdi A., Tena Y.T., Shenkut A.G., Ansari M.J., Al-Maktary A. 2015. Floral phenology, nectar secretion dynamics and honey production potentials of lavender species (*L. dentata* and *L. pubescence*) in south-western Saudi Arabia. *J. Apic. Sci* 59 : 135–144

## O

O.M.S (Organisation mondiale de la Santé), 2003, Directives OMS sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales

Oussou K.R., 2009. –Etude chimique et activité biologiques des huiles essentielles de sept plantes aromatiques de la pharmacopée Ivoirienne. Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, 241p.

Oussou K.R., Youlou S., Kanko C., Guessenn K. N., Boti J.B., Ahibo C. & Casanova J., 2008. - Etude chimique et activité anti-diarrhéique des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de la pharmacopée Ivoirienne. *European Journal of Scientific Research*. 1 : 94-103.

O'Toole G.A., Kaplan HB., Kolter R. (2000). Biofilm formation as microbial development. *The Annual Review of Microbiology* ; 54:49- 79

## P

Patil, R. S., Godghate, A. G., & Sawant, R. S. (2014). Phytochemicals & antimicrobial activity of leaves of *Homonoia riparia* L. *International Journal of Pharma and BioSciences*, 5(2).

Passalacqua NG, Tundis R, Upson TM (2017) A new species of *Lavandula* sect. *Lavandula* (Lamiaceae) and review of species boundaries in *Lavandula angustifolia*. *Phytotaxa* 292 :161.

Pincemail J., Bonjean K., Cayeux K. & Defraigne J. O. 2002. Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante. *Nutrition clinique et métabolisme*. 16 : 233-239.

Philips PL., Wolcott RD., Fletcher J., Schultz GS. (2011). Biofilms made easy ; 1(3):16.

Prieto P., Pineda M., Aguel A. 1999. Spectrophotometric quantification of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex : Specific Application to the Determination of Vitamin E. *Analytical biochemistry* 296 : 337-341.

## Q

Qneibi, M., Jaradat, N. A. et Zaid, A. N. (2018). Evaluation of taste, total phenols and antioxidant for fresh, roasted, shade dried and boiled leaves of edible *arum palaestinum* bioss. *Marmara Pharmaceutical Journal*. 22(1) : 52–58.

## R

RADJAH, A. (2020). Valorisation et identification phytochimique des principes actifs de quelques plantes médicinales de la région de Biskra (Doctoral dissertation, sciences de la nature et de la vie).

Reguieg, L. (2011). Using medicinal plants in Algeria. *Am J Food Nutr*, 1(3), 126-127.

Rombi, M., Robert, D. (2015). *Le dictionnaire des plantes médicinales*. Ed : alpéne.

Rasooli I, Fakoor MH, Yadegarinia D, et al. (2008) Antimycotoxic characteristics of *Rosmarinus officinalis* and *Trachyspermum copticum* L. essential oils. *Int J Food Microbiol* 122 :135–9.

Rguez, S., Msaada, K., Daami-Remadi, M., Chayeb, I., Bettaieb Rebey, I., Hammami, M., ... & Hamrouni-Sellami, I. (2019). Chemical composition and biological activities of essential oils of *Salvia officinalis* aerial parts as affected by diurnal variations. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 153(2), 264-272.

Ribéreau G.P. *Les composés phénoliques des végétaux*. 1968. Edition Dunod, Paris. p 254.

Ribéreau-Gayon J, Peynaud E, Sudraud P, Ribéreau-Gayon P (1982). Composés phénoliques. In «traité d'oenologie, science et technique du vin ». Ed. Dunod : 477-499.

Rewatkar A.R., Wadher B.J. (2013). *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*-Biofilm formation methods. *IORS Journal of pharmacy and biological science* ; 8(5):36-40.

Rebey B.I., Bourgou S., Saidani Tounsi M., Fauconnier M.L., Ksouri R. 2017. Etude de la composition chimique et de l'activité antioxydante des différents extraits de la Lavande dentée (*Lavandula dentata*). *Journal of New Sciences Agriculture and Biotechnology* 39(2) : 2096-2105

Ryley C. 1998. Roman gardens and their plants. Sussex Archaeological Society, Lewes England. 56.

## S

Schlesier K., Harwat M., Bohm V. and Bitsh R. (2002). Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free Radical Research*, 36, 177-187.

Sofowora A., 2010. Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique. Ed. Karthala, France, 378 p. substances végétales d'Afrique d'orient et d'occident. Ed Edas Alger. 368p.

Selles, C., 2012. Valorisation d'une plante médicinale à activité antidiabétique de la région de Tlemcen : *Anacyclus pyrethrum* L. Application de l'extrait aqueux à l'inhibition de corrosion d'un acier doux dans H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.5M. THESE de Doctorat du diplôme de sciences physiques. Université Abou bekr belkaid. Tlemcen. P 175

Schauenberg P., Paris F., 1997. Guide des plantes médicinales. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris, 396 P.

SARA, S. (2019). TAXONOMIES ET PRINCIPES ACTIFS DES PLANTES MEDICINALES (Doctoral dissertation, Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila).

Singleton V.L., Rossi J.A.J. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. 16 :144-58.

## T

Tabuti, J.R.S., et, Dhillion, S., 2003. Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda : plants, use and administration. *J. Ethno pharmacology* 88 : 19-44.

Tiwari A.K. (2004). Antioxidants : New-generation therapeutic base for polygenic disorders. *Current Science*, 86(8), 1092-1102.

Toure, D. (2015). Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de côte d'ivoire (Doctoral dissertation, Université Felix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire).

Tremblay Yannick D.N., Hathroubi S., Jacques M. (2014). Les biofilms Bactériens : leur importance en santé animale et en santé publique. *The canadian Journal of Veterinary Research* ; 78:110-116

Tremblay, Y. D., Hathroubi, S., & Jacques, M. (2014). Les biofilms bactériens: leur importance en santé animale et en santé publique. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 78(2), 110-116

## V

Verma, N., & Shukla, S. (2015). Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(4), 105-113.

## W

Wichtl M., Anton R. Plantes thérapeutiques – Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique, 2ème édition, Ed. TEC & DOC, 2003.

World Health Organization. (2007). Quality assurance of pharmaceuticals : a compendium of guidelines and related materials. Good manufacturing practices and inspection (Vol. 2). World Health Organization.

WHO. 2003a. Directives OMS sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales. Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse.

## X

Xing, H., Li, S., Wang, Z., Gao, X., Xu, S., & Wang, X. (2012). Oxidative stress response and histopathological changes due to atrazine and chlorpyrifos exposure in common carp. *Pesticide biochemistry and physiology*, 103(1), 74-80.

## Y

Younis, A., Khan, M. A., Khan, A. A., Riaz, A., & Pervez, M. A. (2007). Effect of different extraction methods on yield and quality of essential oil from four Rosa species. *Floriculture and Ornamental Biotechnology*, 1(1), 73-76.

## Z

Zaibet, W. (2018). Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de *Daucusaureus* (Desf) et de *Reutera lutea* (Desf.) Maire, et leur application comme agents antimicrobiens dans le polyéthylène basse densité (PEBD) (Doctoral dissertation).



ملخص

## ملخص

يعتمد عملنا على الدراسة البيولوجية للنبات المهجن المسمى اللافندر (*Lavandula x allardii*)

والذي ينتمي إلى عائلة *Lamiaceae* موطنه منطقة سطيف. تشمل هذه الدراسة مجموع مضادات الأكسدة، ومضادات الفطريات، ومضادات البكتيريا، ومضادات البيوفيلم من بكتيريا *Staphylococcus aureus* لمستخلصين من النبات المدروس، الزيت الأساسي والمستخلص الميثانولي. يعتمد الفحص الكيميائي النباتي الذي تم الكشف عنه بعدة طرق على تقنيات الترسيب و / أو التلوين باستخدام كواشف محددة لوجود مجموعات مختلفة، ولا سيما المستقلبات الثانوية، مثل البوليفينول والفلافونويد، وكان للمستخلص عائد يقدر ب  $9.34 \pm 7.976$  و  $0.02 \pm 3.95$  بالنسبة للزيت الأساسي؛ أما بالنسبة للنشاط المضاد للأكسدة، فقد اعتمدنا على طريقتين هما FRAPP و DPPH اللتان أعطتا على التوالي  $EC50 = 0.193$  مج / مل و  $IC50 = 0.219$  مج / مل للمستخلص و  $EC50 = 4.906$  مج / مل و  $IC50 = 0.31$  مج / مل الزيت الأساسي. أظهر النشاط المضاد للفطريات نتائج جيدة لكل من المستخلص والزيت الأساسي، حيث سجل الأخير نشاطاً أعلى من المستخلص ضد العفن *Fusarium oxysporum*؛ بشكل عام كان أداء الزيت الأساسي أفضل من المستخلص الميثانولي، وخاصة ضد البكتيريا المستهدفة في بحثنا *S. aureus* حيث سجلت أعلى قوة تثبيط تقدر ب (من 10 مم إلى 13 مم) في بكتيريا *B. cereus* بالنسبة للنشاط المضاد البيوفيلم، أظهر الزيت الأساسي نسبة مهمة من التثبيط في جميع تركيزاته، على عكس المستخلص الميثانولي، الذي لم يكن له أي تأثير على تكوين البيوفيلم.

نتائج عملنا تشجعنا على توجيه أنفسنا أكثر نحو استخدام النباتات الطبية والزيوت الأساسية في مختلف المجالات، لا سيما مجال الصحة، وكذلك الأغذية ومستحضرات التجميل

الكلمات المفتاحية: *Lavandula x allardii*، زيوت أساسية، بيوفيلم، أنشطة مضادة البكتيريا، *Staphylococcus aureus* ،

# **Abstarct**

## Abstarct

Our work is based on the biological study of the hybrid plant called lavender (*Lavandula x allardii*), which belongs to the *Lamiaceae* family, native to the Sétif region. This study includes all the antioxidant, antifungal, antibacterial, and antibiofilm activities of two extracts from the studied plant; the essential oil and the methanolic extract. The phytochemical examination revealed by several methods depends on the sedimentation and/or staining techniques using specific reagents for the presence of different groups, in particular secondary metabolites, such as polyphenols and flavonoids, the extract had an estimated yield of  $9.34 \pm 7.976$  and  $3.95 \pm 0.02$  for HE, As for the antioxidant activity, we relied on two methods, FRAPP and DPPH, which were given respectively:  $EC_{50} = 0.193 \text{ mg/mL}$  and  $IC_{50} = 0.219 \text{ mg/mL}$  for the extract and  $EC_{50} = 4.906 \text{ mg/mL}$  and  $IC_{50} = 0.314 \text{ mg/mL}$  for the HE, The antifungal activity showed significant results for both the extract and the essential oil, where the latter recorded higher activity than the extract against the mold *Fusarium oxysporum*. Both extracts also showed significant activity against bacteria with variable values depending on the type of bacteria and their biological composition. In general, the performance of essential oil was better than methanolic extract, especially the target bacterium in our research *Staphylococcus aureus*, as it recorded the highest inhibition power estimated at (from 10 mm to 13 mm) in *B. cereus*. Until the antibiofilm activity of *S. aureus*, where the essential oil showed a significant percentage of inhibition in all its concentrations, unlike the methanolic extract, which had no effect on the formation of biofilm. The results of our work encourage us to orient ourselves more towards the use of medicinal plants and essential oils in various fields, that of health, as well as food and cosmetics.

**Keywords:** *Lavandula x allardii*, essential oils, antimicrobial activities, antibiofilm, *Staphylococcus aureus*.

Université <b>Frères Mentouri Constantine 1</b> Département de <b>Biologie Appliquée</b>	Présenté par : <b>AZARA Djihane Idira et BENYAHIA Kaouthar</b> Date de soutenance : <b>20/ 06/ 2023</b>
<b>Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master professionnel en Biotechnologie et Biothérapie</b>	
<b>Évaluation de quelques activités biologiques d'une plante médicinale du genre <i>Lavandula</i> ; anti-oxydante, antifongique, antibactérienne, et antibiofilm</b>	
<b>Résumé</b>	
<p>Notre travail est basé sur l'étude biologique de la plante hybride dite lavande (<i>Lavandula x allardii</i> (<i>L. x allardii</i>) de la région de Sétif qui appartient à la famille des Lamiacées. Cette étude inclut le screening phytochimique, l'extraction des métabolites bioactives ; polyphénols et huile essentielle, le dosage des composés phénoliques et l'ensemble des activités biologiques ; antioxydante, antifongique, antibactérienne, et antibiofilm des deux extraits de la plante étudiée, extrait méthanolique et HE. L'examen phytochimique a révélé la présence de différents groupes chimiques, en particulier des métabolites secondaires, tels que les polyphénols et les flavonoïdes. En outre, l'extrait méthanolique et l'HE avaient des rendements de <math>9,34 \pm 7,976</math> et de <math>3,95 \pm 0,02</math> %, respectivement. Par ailleurs, l'activité antioxydante des extraits obtenus évaluée par deux méthodes ; FRAP et DPPH, a donnée respectivement ; <math>EC_{50} = 0,193 \text{ mg/mL}</math> et <math>IC_{50} = 0,219 \text{ mg/mL}</math> pour l'extrait et <math>EC_{50} = 4,906 \text{ mg/mL}</math> et <math>IC_{50} = 0,314 \text{ mg/mL}</math> pour l'HE. L'activité antifongique a également montré des résultats significatifs à la fois pour l'extrait et l'HE, où cette dernière a enregistré une activité plus élevée que l'extrait contre la moisissure <i>Fusarium oxysporum</i>. Les deux extraits ont pareillement révélé une activité significative contre les bactéries avec des valeurs variables selon le type de bactéries et leur composition biologique. En général, la performance de l'huile essentielle était meilleure que l'extrait méthanolique, notamment contre la bactérie cible dans notre recherche <i>Staphylococcus aureus</i> (8,6 mm). L'activité antibiofilm de <i>S. aureus</i> a aussi été appliquée, où l'HE a montré un pourcentage d'inhibition important dans toutes ses concentrations, contrairement à l'extrait méthanolique, qui n'avait aucun effet sur la formation de biofilm. En effet, les résultats de nos travaux nous incitent à nous orienter davantage vers l'utilisation des plantes médicinales et des huiles essentielles dans divers domaines, notamment celui de la santé, ainsi que des matières alimentaires et des cosmétiques.</p>	
Mots clés : <i>Lavandula x allardii</i> , huiles essentielles, activités antimicrobiennes, antibiofilm, <i>Staphylococcus aureus</i> .	
<b>Laboratoires d'accueil:</b> Laboratoires pédagogiques ; biologie végétale et microbiologie, FSNV- Université Frères Mentouri Constantine 1-	
<b>Jury d'évaluation :</b> <b>Président :</b> Dr. ADJROUD Mousa M.C.B Université Frères Mentouri Constantine 1. <b>Rapporteur :</b> Dr. CHERFIA Radia M.C.B Université Frères Mentouri Constantine 1. <b>Examineur :</b> Dr. GHORRI Sana M.C.A Université Frères Mentouri Constantine 1.	
<b>Année universitaire : 2022- 2023</b>	

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
**République Algérienne Démocratique et Populaire**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I  
**Frères Mentouri Constantine I University**  
**Université Frères Mentouri Constantine I**

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الطبيعة  
**Département de Biologie Appliquée** قسم البيولوجيا التطبيقية

**Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de master et de  
l'obtention du diplôme start-up – brevet dans le cadre de l'arrêté 1275**

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Biotechnologies

**Spécialité :** *Biotechnologie et Biothérapie*

Intitulé :

---

**Production d'acide lactique à partir de reste de pain.**

---

Présenté par : AZARA Djihane Idira.

**Le 17/09/2023**

BENYAHIA Kaouthar.

**Jury d'évaluation :**

**Encadreur :** Dr. CHERFIA Radia (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Président :** Dr. GHORRI Sana (MCB- Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Examineur 1 :** Dr. BELIL Ines (Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Examineur 2 :** Dr. MERNIZ Hamel (confédération des employeurs, Constantine)

**Examineur 3 :** Dr. DEHMANI SOUMIA (laboratoire physiopharm, Constantine)

**Année universitaire**  
**2022 – 2023**

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de  
décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

## **Index des matières**

**Chapitre 1 : Présentation du projet**

**Chapitre 2 : aspects novateurs**

**Chapitre 3 : Analyse stratégique du marché**

**Chapitre 4 : Plan de production et d'organisation**

**Chapitre 5 : Le plan financier**

**Chapitre 6 : Le prototype expérimental souhaité**

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

## **Premier axe:Présentation du projet**

### **« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »**

Le pain est un ingrédient essentiel de l'alimentation humaine dans de nombreux pays.

Dans le dernier rapport publié par l'Agence nationale algérienne des déchets, les Algériens jettent 912 millions de pains par an, soit 0,92 pour cent de tous les déchets ménagers et autres. Selon les mêmes statistiques officielles, le taux de production par habitant de déchets de pain est estimé à 014,0 kg avec un volume équivalent à 227.906 tonnes.

Les chiffres publiés précédemment par l'Organisation algérienne pour la protection et l'orientation des consommateurs et de leurs environs révèlent que les boulangeries produisent 50 millions de pains par jour, tout en jetant 10 millions de morceaux de pain par jour, tout en gaspillant du pain pour le Trésor public de l'État encourt jusqu'à 350 millions de dollars par an.

Après des recherches approfondies et une prise de décision pour lancer le projet, notre idée est considérée comme fiable. Brea-Lacta, un acide de lait extrait des résidus de pain, a été développé sur la base des données disponibles, en particulier celles relatives aux statistiques de consommation de pain en Algérie.

Le pain est un produit levé obtenu par fermentation de sucres de farine de blé libérés de l'amidon par l'action d'enzymes de farine naturelles. Le pain contient de 50% à 75% d'eau, et le reste est de la farine (14,5% d'humidité, 13% de protéines et 0,5% de cendres) . Selon la farine 100%, le reste des ingrédients sera dans les mesures suivantes comme la levure levante 2%, le sucre 4%, le sel 2% et le shortening agent (ghee ou margarine) 3%. L'amidon est un élément clé du poids sec du pain, de sorte que les résidus de pain peuvent être considérés comme une alternative appropriée à la production de produits chimiques .



Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

L'amidon est l'un des principaux homopolysaccharides utilisés pour le stockage d'énergie, et il peut être trouvé dans les graines, les racines, les tubercules, les tiges, les feuilles, les fruits ou le pollen. L'amidon a des caractéristiques physiques et chimiques remarquables et une grande qualité nutritionnelle. Ce polysaccharide est couramment utilisé pour épaissir, stabiliser, texturer, geler, remplacer la graisse, former des pellicules, encapsuler, retenir l'humidité et prolonger la durée de conservation. Concrètement, le but de ces travaux est la conversion chimique des résidus de pain en acide lactique.

L'acide lactique a particulièrement gagné en intérêt pour son utilisation dans la production de polymères d'acide lactique biodégradables (acide polylactique, PLA), de solvants, de décapage des métaux et d'additifs dans les aliments, les produits pharmaceutiques et les cosmétiques. Le PLA est un polyester biodégradable dérivé de sources renouvelables (principalement de l'amidon et des sucres). Il est utilisé dans de nouveaux matériaux demandés par la santé tels que des agrafes et des sutures médicales pour la fermeture des plaies, des médicaments contrôlés ou dans des prothèses artificielles qui sont une alternative écologique aux plastiques dérivés de matériaux pétrochimiques. De plus, le PLA est un matériau prometteur pour l'emballage alimentaire en raison de sa faible toxicité et de ses avantages environnementaux.

### **1. Idée de projet (solution proposée)**

L'idée de ce projet est de fournir un produit efficace « Brea-Lacta » et de hautes qualités utilisées dans le domaine de l'alimentation, de la médecine, équipement pharmaceutique et des produits cosmétiques.

Le projet est réalisé en louant une chambre équipée.

Le projet sera mis en œuvre dans des installations de production appropriées et bien équipées pour répondre aux exigences de fabrication et de contrôle de la qualité. Le produit sera commercialisé en Algérie et sur d'autres marchés potentiels, personnalisés et réglementaires.

### **2. Les valeurs proposées**

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

**Expérience** : grâce à notre expérience de recherche et de préparation de prototypes réussie, nous apportons une solide expertise pour développer un produit de haute qualité.

**Solution** : élimination le problème du gaspillage du pain dans notre pays par la fabrication de notre produit "Brea-Lacta ".

**Matière première** : disponible et gratuit.

**les matériaux utilisés dans ce processus** : disponibles et peu coûteux.

**Efficacité** : Brea-Lacta offre une efficacité prouvée à la place du produit synthétique et possède des propriétés antibactériennes qui contribuent à une récupération rapide et efficace. Propriétés hydratantes, exfoliantes, anti-âge, Régulateur de pH.

**Qualité** : nous nous engageons à fournir un produit de haute qualité qui répond aux normes de sécurité et d'efficacité les plus élevées, nous nous assurons donc que les normes de sécurité sont respectées à toutes les étapes de notre processus de production et de distribution de produits.

**Accessibilité** : nous souhaitons rendre le produit « Brea-Lacta » accessible à un large public, en proposant des prix compétitifs tout en conservant sa qualité et son efficacité.

**Durabilité** : nous nous efforçons de réduire notre impact sur l'environnement en utilisant des pratiques durables dans la production de notre acide lactique.

**Confiance** : nous inspirons confiance en assurant la transparence et la traçabilité des ingrédients utilisés et en communiquant clairement les bénéfices et les résultats attendus du produit.

**Innovation** : nous restons à la pointe de la recherche et de la technologie pour continuer à améliorer nos produits et à apporter des solutions innovantes dans le domaine d'alimentations et des soins thérapeutiques et cosmétiques.

### **3. Travail d'équipe**

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

Nous avons une équipe dynamique et compétente pour mener à bien notre projet, composée de deux membres qualifiés :

**BENYAHIA Kaouthar :**

**Compétences :** Recherche scientifique, manipulation, microbiologie, diplôme dans la biotechnologie microbienne.

**Qualifications :** Étudiante.

**Formations :** BMC .

**AZARA Djihane Idira:**

**Compétences :** communication, gestion de projets, rédaction de contenu visuel., diplôme dans la biologie moléculaire et cellulaire.

**Qualifications :** Étudiante.

**Formations :** BMC.

L'organisation du travail au sein de notre équipe repose sur une répartition claire des tâches et des responsabilités :

Kaouthar BENYAHIA est responsable de la production et de la recherche. Elle joue un rôle essentiel dans la mise en œuvre de la production de l'acide lactique "Brea-Lacta", en veillant à ce que les normes de qualité soient respectées tout au long du processus. Elle effectue des recherches scientifiques pour améliorer en permanence le produit, en utilisant ses compétences en recherche et en microbiologie. De plus, elle est chargée de superviser les étapes de manipulation des ingrédients et de garantir l'efficacité du produit final.

Djihane Idira AZARA est responsable de la gestion de projet, de la communication externe, du Community management, de la rédaction de contenu. Elle joue un rôle clé dans la stratégie d'organisation de l'entreprise, en élaborant des plans et des campagnes promotionnelles, en identifiant les opportunités de marché et en assurant la visibilité et la notoriété du produit. Elle crée des supports visuels attrayants et en rédaction de contenu pour produire du contenu marketing percutant.

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

Les modes d'interaction et de communication au sein de notre équipe sont les suivants :

- Réunions régulières : Nous organisons des réunions périodiques pour discuter de l'avancement du projet, partager les informations importantes et prendre des décisions collectives.
- Communication directe : Nous favorisons une communication ouverte et directe entre les membres de l'équipe, ce qui facilite l'échange d'idées, la résolution des problèmes et la coordination des activités.
- Outils de communication : Nous utilisons des outils de communication tels que les e-mails, les appels téléphoniques et les messageries instantanées pour rester en contact et partager les informations rapidement et efficacement.

En combinant les compétences des deux étudiantes, notre équipe travaille en étroite collaboration pour assurer le succès de notre projet de développement de l'acide lactique «Brea-Lacta».

#### **4. Objectifs du projet**

Notre objectif est de devenir le premier producteur d'acide lactique à partir de reste du pain en Algérie dans les cinq premières années, et nous visons à atteindre la part de marché la plus élevée parmi tous les produits algériens. Pour y parvenir, nous nous engageons à produire en masse Brea-Lacta, en utilisant nos propres installations de production modernes et en utilisant des matières premières librement disponibles pour réduire les déchets de cuisson et éliminer la contamination. Notre objectif est de répondre à la demande croissante de produits thérapeutiques de haute qualité et de devenir la première référence dans notre domaine. Nous mettrons également en place des stratégies marketing efficaces pour promouvoir le produit "Brea-Lacta", ciblant les établissements alimentaires, cosmétiques, pharmaceutiques et de santé ainsi que l'utilisation directe des clients.

Le confort psychologique. Par notre engagement envers l'excellence, l'innovation et la satisfaction de nos clients, nous sommes déterminés à atteindre nos objectifs ambitieux et à contribuer à l'amélioration et au

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »


développement de la production locale et des conditions sociales en Algérie.

**5. Calendrier du projet :**

		Mois						
		1	2	3	4	5	6	7
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Établir une planification détaillée du projet, y compris les délais et les objectifs spécifiques.</li> <li>Réaliser une analyse approfondie des besoins du marché pour le produit « Brea-Lacta ».</li> </ul>	✓						
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procéder à des expérimentations en laboratoire pour valider l'extraction d'acide lactique .</li> <li>Analyser les compositions de notre acide</li> <li>Comparer Brea-Lacta avec un acide lactique synthétisé.</li> </ul>		✓					
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mettre en place le processus de production de l'acide lactique.</li> <li>Elaborer les procédures de contrôle qualité pour assurer la conformité du produit aux normes établies.</li> </ul>		✓					

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »


4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concevoir et réaliser les tests de stabilité du produit pour garantir sa durée de conservation optimale.</li> <li>• Effectuer des tests d'efficacité de l'acide lactique BreaLacta sur des échantillons représentatifs.</li> </ul>							
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablir les partenariats nécessaires pour l'approvisionnement en matière première .</li> <li>• Préparer les documents réglementaires nécessaires pour la mise en conformité avec les exigences légales et sanitaires.</li> <li>• Mettre en place la chaîne de production de l'acide lactique Brea-Lacta.</li> <li>• Former le personnel sur les bonnes pratiques de fabrication et les normes de contrôle qualité</li> </ul>							

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

5	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lancer la production de l'acide lactique Brea-Lacta à petite échelle pour les premiers tests de marché.</li><li>• Collecter les retours des clients et ajuster si nécessaire la formule ou les processus de production.</li><li>• Élaborer une stratégie de marketing et de communication pour promouvoir l'acide lactique naturelle Brea-Lacta.</li><li>• Préparer les supports marketing tels que les brochures, les fiches techniques et les visuels.</li></ul>							
---	--	--	--	--	--	--	--	--



6	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lancer officiellement la commercialisation de l'acide lactique Brea-Lacta sur le marché.</li><li>• Suivre les performances du produit, collecter les commentaires des clients et apporter les améliorations nécessaires.</li></ul>								
---	--	--	--	--	--	--	---	--	--

## Deuxième partie : aspects novateurs

La nature de l'innovation adoptée dans le projet est qualifiée à la fois d'innovation du marché et d'innovation croissante.

L'obtention d'acide lactique à partir de restes de pain est une innovation sur le marché car des produits similaires ne proviennent pas de la même source et ne sont pas fabriqués de la même manière.

L'idée d'utiliser les restes de pain comme matière première et d'obtenir un produit prêt à l'emploi à utiliser dans d'autres industries est une innovation croissante car ces industries de la santé et de l'alimentation et d'autres sont en développement continu et la demande pour le produit continuera d'augmenter, Et nous continuerons à utiliser les restes de pain et à éviter la pollution que ces restes peuvent causer s'ils sont laissés comme ça dans le milieu environnant.

### Les domaines d'innovation

L'introduction de ce concept peut nécessiter de nouveaux processus pour la collecte et l'utilisation des restes de pain comme matière première. Cela permet d'augmenter la rentabilité en améliorant l'efficacité des opérations de production.

L'acide lactique issue de restes de pain offre une fonctionnalité améliorée par rapport à l'acide lactique issue de la fermentation ou de la synthèse chimique traditionnelle. Il permet aux clients de bénéficier d'une



Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

expérience de consommation utile tout en minimisant la pollution grâce à l'utilisation de restes de pain.

Cette approche peut attirer de nouveaux segments de clientèle; Les consommateurs qui cherchent à réduire leur empreinte environnementale et à adopter des modes de consommation moins polluante peuvent être attirés par cette offre.

Cette idée peut entraîner une modification du modèle d'affaires existant en intégrant les restes de pain dans le processus de production. Cela crée un nouveau système de création de valeur, mettant l'accent sur la minimisation de la pollution et l'interaction continue avec les clients en faveur de la protection de l'environnement.

### **Chapitre 3 : Analyse stratégique du marché**

#### **1- Segment de marché**

Le marché potentiel pour notre acide lactique BreaLacta comprend une gamme d'individus et d'organisations ayant des besoins liés à la production ; d'emballage ou d'utilisation directe et qui sont susceptibles d'acheter nos produits pour répondre à ces besoins. Ce sont les personnes qui ont été motivées par le traitement de problèmes, tels que l'importation de matériel médical, l'utilisation d'acide lactique manufacturé dans la production d'aliments et de cosmétiques, et qui recherchent des solutions efficaces. Ce marché potentiel est situé en Algérie, la taille exacte de ce marché potentiel doit être évaluée à travers une étude de marché approfondie.

En analysant ce marché potentiel, nous avons identifié un marché cible spécifique pour notre acide lactique « Brea-Lacta ». Ce sont des particuliers intéressés par les spécialistes de la santé, des cosmétiques et des équipements médicaux qui recherchent des solutions de traitement efficaces et naturelles, ainsi que des produits de nettoyage. Nous avons choisi ce marché cible en raison de leur besoin avéré de produits naturels fiables et de haute qualité. Nous pensons que notre acide lactique

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

BreaLacta répondra à leurs attentes en matière d'efficacité, de sécurité et de naturalité.

## **2- Mesurer l'intensité de la concurrence**

- Pour mesurer l'intensité de la concurrence pour BreaLacta, il faut considérer les éléments suivants : Le seul concurrent direct est l'acide lactique, qui est fabriqué à partir de produits chimiques synthétiques.
- Forces et faiblesses des concurrents :

Il est important de prendre en compte des facteurs tels que la réputation de la marque, la qualité des produits, la distribution, la communication et la fidélité des clients. Notre produit est le premier du genre en Algérie, car il traite d'une part le fléau du gaspillage de pain et d'autre part l'exploitation du pain comme matière première disponible pour la production d'acide lactique, qui à son tour est utilisé dans le domaine de la nutrition, de la santé et de la beauté.

## **3- Stratégie commerciale**

Dans notre stratégie marketing, nous mettons l'accent sur des prix compétitifs en optimisant nos coûts grâce à l'utilisation de technologies de pointe. De plus, nous sommes intéressés à créer un site internet qui jouera un rôle majeur dans la distribution de nos produits et la gestion des commandes.

Grâce au site Web, nous offrirons à nos clients une plate-forme conviviale où ils pourront facilement passer leur commande en ligne. Le site permet également de recueillir les réclamations et plaintes des clients, ce qui nous permet de réagir rapidement et de résoudre tout problème. Nous accordons une grande importance à la satisfaction de nos clients et nous efforçons de leur fournir un service de haute qualité et des quantités abondantes.

En utilisant les dernières technologies, nous améliorons nos processus de distribution et de gestion des commandes, ce qui nous permet de garantir une livraison rapide et efficace de nos produits. Nous visons à offrir une expérience client fluide et agréable, en leur fournissant une plateforme en ligne fiable et sécurisée.

## **Le quatrième thème est le plan de production et d'organisation**

### 1- Le processus de production

Le pain a été séché jusqu'à humidité constante et finement broyé jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène. Les résidus de pain ont été caractérisés pour déterminer leur composition chimique. L'humidité a été mesurée par séchage pendant une nuit dans une étuve. La teneur en cendres a été déterminée par allumage. L'analyse élémentaire a été effectuée dans un analyseur élémentaire. L'oxydation totale de l'échantillon a été réalisée ; les produits de combustion ont été séparés dans une colonne chromatographique. La teneur en amidon a été déterminée par spectrophotométrie à l'aide d'une courbe d'étalonnage du D-glucose. Un mélange de résidus de pain et de solutions alcalines (KOH, NaOH...) a été chauffé à 300°C sous agitation. La concentration d'acide lactique, de sucres hydrolysés et d'autres composés a été déterminée quantitativement après hydrolyse alcaline par (HPLC).

### 2- L'approvisionnement

Pour assurer une gestion efficace des approvisionnements, basée sur les données précédentes, nous avons élaboré les éléments suivants :

#### Politique d'achat

Notre politique d'achat repose sur l'acquisition de matières premières de haute qualité, de matériaux et de fournitures conformes à nos exigences. Nous privilégions les fournisseurs qui partagent nos valeurs en termes de respect de l'environnement. Cette politique garantit que nos produits sont fabriqués avec des composants fiables et respectueux des normes de qualité.

#### Les fournisseurs clés

La matière première de base, qui est le pain restant, est gratuite, et nous allons la récupérer nous-mêmes auprès de plusieurs fournisseurs, tels que des restaurants, des boulangeries.

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

Fournisseurs des catalyseurs alcalins : Étant donné que le processus de fabrication de l'acide lactique (Brea-Lacta) nécessite de mélanger les résidus de pain avec les catalyseurs alcalins, il est important d'avoir des fournisseurs des catalyseurs alcalins de qualité pour assurer la pureté du mélange.

Fournisseurs d'équipements de laboratoire : Pour mener à bien les différentes étapes du processus de fabrication, il peut être nécessaire d'acquérir des équipements de laboratoire. Des fournisseurs spécialisés dans les équipements de laboratoire peuvent être nécessaires pour fournir ces équipements.

Fournisseurs d'emballages : Une fois l'acide lactique (Brea-Lacta) fabriquée, il est essentiel d'avoir un emballage adéquat sous forme de bouteille en principe pour conditionner le produit de manière appropriée.

Politique de paiement et délais de réception

Dans le cadre du projet (Brea-Lacta), nous avons adopté une politique de paiement qui consiste à effectuer un paiement initial de la moitié du montant convenu avec les fournisseurs lors de la passation de la commande. Cette avance témoigne de notre engagement envers nos fournisseurs et contribue à établir une relation de confiance mutuelle.

Une fois la commande complétée et les fournitures prêtes à être livrées, nous effectuons le paiement du reste du montant convenu. Cela se fait lors de la réception du matériel et après avoir effectué les vérifications de qualité et de conformité requises. Cette approche de paiement partiel avant et partiel après la réception vise à garantir la satisfaction des fournisseurs tout en protégeant nos intérêts en tant qu'acheteur.

En ce qui concerne les délais de réception, nous nous efforçons de négocier des délais raisonnables avec nos fournisseurs, en tenant compte de la disponibilité des produits et des contraintes de production. Nous cherchons à maintenir une communication régulière avec nos fournisseurs afin de suivre l'avancement des commandes et de nous assurer que les délais convenus sont respectés autant que possible.

### 3– La main d'œuvre

Nous avons actuellement décidé de travailler en tant que co-fondatrices, Benyahia Kaouthar et Azara Djihane Idira dans la phase actuelle du projet. Nous assumons toutes les responsabilités opérationnelles du projet, y compris la production de l'acide lactique, la gestion, le marketing et la logistique. À ce stade, nous avons choisi de limiter le nombre de postes salariés et de travailler en tant qu'équipe réduite afin de contrôler les coûts et de maximiser l'efficacité. Nous prévoyons d'assumer les différentes tâches nécessaires à la réalisation du projet, en utilisant nos compétences complémentaires et notre expérience dans les domaines concernés.

Cependant, à mesure que le projet se développe et que la demande pour l'acide lactique (Brea-Lacta) augmente, nous pourrions envisager d'élargir notre équipe et de créer des postes supplémentaires en fonction des besoins identifiés. Nous accorderons une attention particulière à l'embauche de personnes compétentes et qualifiées qui partagent notre vision et notre engagement envers la qualité et l'efficacité. Notre objectif est de garantir la viabilité et la croissance du projet tout en fournissant des emplois stables et rémunérateurs.

Nous avons défini les exigences de main-d'œuvre en fonction de la nature spécifique de notre activité. Nous recherchons un expert en formulation de produits chimiques, capable de développer des formules efficaces pour notre acide lactique. Il devait avoir une connaissance approfondie des ingrédients actifs, des normes de sécurité et des bonnes pratiques de formulation.

Ensuite, il est crucial d'avoir des connaissances en microbiologie et contrôle qualité pour garantir la bonne qualité du produit final. Les experts en microbiologie et contrôle qualité seront responsables des tests et de la surveillance de la qualité microbiologique de notre produit.

Nous aurons besoin également de personnel qualifié pour collecter et manipuler la matière première utilisée dans la production de notre produit. Ces individus devront avoir une connaissance approfondie des procédures de manipulation et des normes de sécurité.

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

Nous avons identifié les différents lieux nécessaires pour le projet (Brea-Lacta), tels que les endroits où nous fabriquons nos produits, les laboratoires de recherche et développement, les entrepôts pour le stockage, ainsi que les bureaux administratifs. Le choix de ces emplacements dépendra de la disponibilité des ressources, de la proximité des matières premières et des considérations logistiques afin de garantir une production efficace et une distribution optimale de notre produit.

#### 4- Les principaux partenaires

Nous identifions plusieurs principaux partenaires qui peuvent contribuer à la réalisation du projet et apporter un soutien essentiel tels que les fournisseurs de matières premières de qualité pour la production de notre acide lactique, les autorités locales et les organismes gouvernementaux peuvent aussi fournir des incitations fiscales, des subventions ou des conseils réglementaires pour faciliter la mise en place de l'entreprise et assurer sa conformité aux lois et règlements en vigueur. La collaboration avec des laboratoires de recherche et de développement peut apporter une expertise scientifique, des ressources techniques et des connaissances approfondies dans les domaines de la formulation et des tests de sécurité. Leur contribution peut contribuer à améliorer l'efficacité de notre produit.

Les partenaires financiers tels que les banques et les institutions de financement peuvent fournir des ressources financières nécessaires pour le démarrage et la croissance du projet. Ils peuvent offrir des prêts, des lignes de crédit ou des investissements pour soutenir nos opérations, l'achat d'équipements et le développement de notre infrastructure.

Les programmes d'incubation et d'accélération d'entreprises peuvent offrir un soutien précieux en termes de mentorat, de formation, de réseautage et de conseils stratégiques. En collaborant avec ces acteurs, nous pouvons bénéficier de leur expertise et de leur réseau pour accélérer la croissance et le succès de notre projet.

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de  
décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

**Business model canvas**

<p><b>Partenaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les fournisseurs.</li> <li>- Pharmacies et parapharmacie.</li> <li>- Les livreurs.</li> </ul>	<p><b>Activités clés</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La fabrication et la mise en vente.</li> <li>- Promotions de l'acide lactique via les campagnes publicitaires.</li> </ul>	<p><b>Valeurs suggérées</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acide lactique à partir des restes de pain avec un processus de production rapide et utile.</li> </ul>
<p><b>Relations clients</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Site web pour faciliter la vente.</li> <li>- Réseaux sociaux pour communiquer avec les clients.</li> </ul>	<p><b>Segments du marché</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sociétés pharmaceutique.</li> <li>- Entreprises de cosmétiques.</li> <li>- Le consommateur direct.</li> </ul>	<p><b>Distribution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vente en ligne via le site web.</li> <li>- Par livraison.</li> <li>- Vente classique (points de vente).</li> </ul>
<p><b>Ressources clés</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matière première.</li> <li>- Ressources humaines.</li> <li>- Site web du commerce électronique.</li> </ul>	<p><b>Structure de coûts</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Local (15 %)</li> <li>- Salaires (15 %)</li> <li>- Matériels pour préparer le produit (40 %).</li> <li>- L'eau/l'électricité (10 %)</li> <li>- Logistique (10 %)</li> <li>- Marketing (10%)</li> </ul>	<p><b>Sources de revenu</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La vente de l'acide lactique.</li> </ul>

## **Chapitre 5 : Le plan financier**

### **Coût de Production**

#### 1. Modernisation des installations de production :

- Rénovation et mise à niveau des installations existantes : 200 000 DZD
  - Cela comprend des améliorations structurelles, garantissant que nos installations de production répondent aux normes requises en matière de sécurité et d'efficacité.
- Achat d'équipements de production spécialisés : 20 000 000 DZD
  - Investissement dans des machines et équipements de pointe adaptés à la production d'acide lactique.

#### 2. Matériaux préfabriqués (achats de matières premières) :

- Approvisionnement en matières premières (sucres, amidons, etc.) : 3 000 000 DZD
  - L'approvisionnement en matières premières de haute qualité est crucial pour garantir la qualité constante de notre produit à base d'acide lactique. Ce coût couvre l'acquisition de sucres, d'amidons et d'autres intrants essentiels.

#### 3. Main-d'œuvre et Salaires (Travail et Salaires) :

- Main d'œuvre qualifiée pour la production : 500 000 DZD
  - Salaires des travailleurs qualifiés impliqués dans le processus de production, notamment les chimistes, les ingénieurs et le personnel de production.
- Personnel administratif et d'encadrement : 1.500.000 DZD
  - Les salaires du personnel administratif, des managers et des cadres chargés de superviser les opérations et la stratégie.



Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

4. Élimination de la saleté et contrôle de la contamination (élimination des déchets et contrôle de la contamination) :

- Systèmes de gestion des déchets et de contrôle de la contamination : 500 000 DZD

- Investir dans des systèmes et des processus pour garantir une élimination appropriée des déchets et maintenir un environnement de production sans contamination.

Développement et commercialisation :

5. Développement de la marque (Brand Development) :

- Création de branding et logo : 100 000 DZD

- Créer une identité de marque forte grâce à des efforts de design et de branding.

- Conception et matériaux du packaging : 800 000 DZD

- Conception et approvisionnement de matériaux d'emballage attrayants pour améliorer la présentation des produits.

6. Stratégies de marketing et de publicité :

- Etude et analyse de marché : 5 000 000 DZD

- Investissement dans des études de marché pour comprendre les préférences des consommateurs et les tendances du marché.

- Campagnes publicitaires (print, digital et réseaux sociaux) : 300 000 DZD

- Promotion de notre produit via différents canaux publicitaires pour atteindre efficacement notre public cible.

7. Formation du personnel (Formation du personnel) :

- Programmes de formation des salariés : 500 000 DZD

## Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

- Mener des programmes de formation pour doter notre main-d'œuvre des compétences et des connaissances nécessaires à une production et des opérations efficaces.

Distribution et Ventes (Distribution et Ventes) :

8. Logistique et transport (Logistique et transport) :

- Mise en place du réseau de transport et de distribution : 7 000 000 DZD

- Établir un système de logistique et de distribution fiable pour livrer efficacement nos produits aux clients.

- Stockage et entreposage : 5 000 000 DZD

- Louer ou mettre en place des installations de stockage pour stocker les stocks.

9. Promotion des Ventes :

- Salons et promotions : 300 000 DZD

- Participation aux salons professionnels et événements promotionnels de l'industrie.

- Équipe commerciale et commission : 500 000 DZD

- Rémunération du personnel commercial impliqué dans la promotion et la vente de notre produit.

Recherche et Développement (Recherche et Développement):

10. Recherche de Nouveaux Produits :

- Frais de recherche et développement : 800 000 DZD

- Financement des activités de recherche et développement en cours visant à améliorer la qualité des produits et à explorer de nouvelles gammes de produits.

11. Améliorations de la qualité :

- Contrôle qualité et tests : 700 000 DZD

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

- Investir dans des mesures de contrôle qualité pour garantir une qualité de produit constamment élevée.

Frais Généraux (Frais généraux) :

12. Frais Généraux de Gestion (Frais généraux de gestion) :

- Frais administratifs : 200 000 DZD

- Frais administratifs généraux tels que le loyer des bureaux, les services publics et les fournitures de bureau.

13. Services Juridiques et Administratifs (Services Juridiques et Administratifs) :

- Consultations et prestations juridiques : 400 000 DZD

- Frais juridiques pour consulter des professionnels du droit et traiter toute question juridique liée à notre activité.

Imprévus (Contingences) :

14. Fonds improvisés et fonds d'urgence (Dépenses imprévues et Fonds d'urgence) :

- Fonds de prévoyance pour dépenses imprévues : 1 000 000 DZD

- Un fonds de réserve pour faire face aux défis imprévus ou aux urgences pouvant survenir au cours du projet.

Le budget total de notre projet est de 44 800 000 Dinars Algériens (DZD).

## **CHIFFRE d'affaires**

Année 1:

- Ventes Brea-Lacta: 25 000 000 DZD

- Exportation Brea-Lacta: 10 000 000 DZD

- Licences et accords de distribution: 5 000 000 DZD

- Produits dérivés de Brea-Lacta: 3 000 000 DZD

- Services de R&D tiers: 2 000 000 DZD

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

- Consultation et formation: 1 500 000 DZD
- Revenu total de l'année 1: 46 500 000 DZD

Année 2:

- Ventes Brea-Lacta: 30 000 000 DZD (croissance supposée)
- Exportation Brea-Lacta: 12 000 000 DZD (croissance supposée)
- Licences et accords de distribution: 6 000 000 DZD (croissance supposée)
- Produits dérivés de Brea-Lacta: 3 500 000 DZD (croissance supposée)
- Services de R&D tiers: 2 500 000 DZD (croissance supposée)
- Consultation et formation: 1 700 000 DZD (croissance supposée)
- Revenu total Année 2: 55 700 000 DZD

Année 3:

- Ventes Brea-Lacta: 35 000 000 DZD (croissance supposée)
- Exportation Brea-Lacta: 14 000 000 DZD (croissance supposée)
- Licences et accords de distribution: 7 000 000 DZD (croissance supposée)
- Produits dérivés de Brea-Lacta: 4 000 000 DZD (croissance supposée)
- Services de R&D tiers: 3 000 000 DZD (croissance supposée)
- Consultation et formation: 2 000 000 DZD (croissance supposée)
- Revenu total Année 3: 65 000 000 DZD

Année 4:

- Ventes Brea-Lacta: 40 000 000 DZD (croissance supposée)
- Exportation Brea-Lacta: 16 000 000 DZD (croissance supposée)
- Licences et accords de distribution: 8 000 000 DZD (croissance supposée)

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

- Produits dérivés de Brea-Lacta: 4 500 000 DZD (croissance supposée)
- Services de R&D tiers: 3 500 000 DZD (croissance supposée)
- Consultation et formation: 2 500 000 DZD (croissance supposée)
- Revenu total de l'année 4: 74 000 000 DZD

Année 5:

- Ventes Brea-Lacta: 45 000 000 DZD (croissance supposée)
- Exportation Brea-Lacta: 18 000 000 DZD (croissance supposée)
- Licences et accords de distribution: 9 000 000 DZD (croissance supposée)
- Produits dérivés de Brea-Lacta: 5 000 000 DZD (croissance supposée)
- Services de R&D tiers: 4 000 000 DZD (croissance supposée)
- Consultation et formation: 3 000 000 DZD (croissance supposée)
- Revenu total de l'année 5: 84 000 000 DZD

## **REVENUES**

### 1. Vente de Brea-Lacta (Brea-Lacta Sales):

- Vente de votre produit phare, Brea-Lacta, sur le marché algérien.
- Revenu annuel estimé : 25 000 000 DZD

La principale source de revenus pour notre projet sera la vente de Brea-Lacta sur le marché algérien. En tant que premier producteur d'acide lactique naturel en Algérie, ce produit devrait accaparer une part importante du marché, ce qui se traduira par des revenus de vente annuels substantiels.

### 2. Exportation de Brea-Lacta (Brea-Lacta Export):

- Possibilité d'exporter Brea-Lacta vers d'autres marchés internationaux.
- Revenu annuel estimé : 10 000 000 DZD

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

Au fur et à mesure que vous développez nos activités et que vous gagnez en reconnaissance pour la qualité de notre produit, vous avez la possibilité d'explorer les marchés internationaux. L'exportation de Brea-Lacta vers d'autres pays peut générer des revenus supplémentaires.

### 3. Licences et Accords de Distribution (Licenses and Distribution Agreements):

- Possibilité de conclure des licences et des accords de distribution avec d'autres entreprises pour élargir la portée de votre produit.

- Revenu annuel estimé : 5 000 000 DZD

L'octroi de licences à notre technologie ou la conclusion d'accords de distribution avec d'autres entreprises peuvent fournir un flux régulier de revenus. Cela permet à d'autres entreprises d'utiliser notre produit ou notre technologie dans leurs opérations, générant des revenus grâce à des droits de licence ou à des accords de distribution.

### 4. Produits Dérivés de Brea-Lacta (Brea-Lacta Derivative Products):

- Création de produits dérivés de Brea-Lacta, tels que des suppléments ou des produits de soins de la peau.

- Revenu annuel estimé : 3 000 000 DZD

En diversifiant notre portefeuille de produits et en introduisant des produits dérivés basés sur Brea-Lacta, vous pouvez exploiter d'autres segments de marché. Ceux-ci peuvent inclure des compléments alimentaires, des produits de soins de la peau ou d'autres innovations, entraînant des revenus supplémentaires.

### 5. R&D pour Tiers (Third-Party R&D Services):

- Fournir des services de recherche et développement pour d'autres entreprises ou partenaires.

- Revenu annuel estimé : 2 000 000 DZD

En tirant parti de notre expertise dans la production d'acide lactique, vous pouvez offrir des services de recherche et développement à d'autres

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

entreprises ou partenaires qui cherchent à améliorer leurs produits ou processus. Cela peut générer des revenus à partir de contrats de R&D.

#### 6. Consultation et Formation (Consultation and Training):

- Offrir des services de consultation et de formation dans le domaine de la production d'acide lactique.

- Revenu annuel estimé : 1 500 000 DZD

Le partage de nos connaissances et de notre expérience peut être monétisé par des services de consultation et de formation. D'autres organisations souhaitant obtenir des conseils dans le domaine de la production d'acide lactique peuvent bénéficier de notre expertise.

Revenu Annuel Total Estimé (y compris les flux précédents): 46 500 000 DZD

#### **BENEFICE NET :**

Année 1 :

- Revenu Total : 46 500 000 DZD

- Coûts totaux : 44 800 000 DZD

- Bénéfice Net Année 1 : 1.700.000 DZD

Année 2 :

- Revenu Total : 49 000 000 DZD

- Coûts totaux : 47 000 000 DZD

- Bénéfice Net Année 2 : 2 000 000 DZD

Année 3 :

- Revenu Total : 51 450 000 DZD

- Coûts totaux : 49 000 000 DZD

- Bénéfice Net Année 3 : 2 450 000 DZD

Année 4 :

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

- Revenu Total : 53 922 500 DZD
- Coûts totaux : 51 450 000 DZD
- Bénéfice Net Année 4 : 2 472 500 DZD

Année 5 :

- Revenu Total : 56 618 125 DZD
- Coûts totaux : 53 922 500 DZD
- Bénéfice Net Année 5 : 2 695 625 DZD

### PLAN DE TRESORERIE

Mois 1 :

- Solde de trésorerie d'ouverture : 0 DZD
- Revenu total : 8 000 000 DZD (en supposant 1/6ème du chiffre d'affaires projeté de l'année 1)
- Coûts totaux : 7 466 667 DZD (1/6ème des coûts prévisionnels de l'année 1)
- Cash-Flow Net : 533 333 DZD
- Solde de trésorerie de clôture : 533 333 DZD

Mois 2 :

- Solde de trésorerie d'ouverture : 533 333 DZD
- Revenu total : 8 000 000 DZD (en supposant 1/6ème du chiffre d'affaires projeté de l'année 1)
- Coûts totaux : 7 466 667 DZD (1/6ème des coûts prévisionnels de l'année 1)
- Cash-Flow Net : 533 333 DZD
- Solde de trésorerie de clôture : 1 066 667 DZD

Mois 3 :



Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de  
décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

- Solde de trésorerie d'ouverture : 1 066 667 DZD
- Revenu total : 8 000 000 DZD (en supposant 1/6ème du chiffre d'affaires projeté de l'année 1)
- Coûts totaux : 7 466 667 DZD (1/6ème des coûts prévisionnels de l'année 1)
- Cash-Flow Net : 533 333 DZD
- Solde de trésorerie de clôture : 1 600 000 DZD

Mois 4 :

- Solde de trésorerie d'ouverture : 1 600 000 DZD
- Revenu total : 8 000 000 DZD (en supposant 1/6ème du chiffre d'affaires projeté de l'année 1)
- Coûts totaux : 7 466 667 DZD (1/6ème des coûts prévisionnels de l'année 1)
- Cash-Flow Net : 533 333 DZD
- Solde de trésorerie de clôture : 2 133 333 DZD

Mois 5 :

- Solde de trésorerie d'ouverture : 2 133 333 DZD
- Revenu total : 8 000 000 DZD (en supposant 1/6ème du chiffre d'affaires projeté de l'année 1)
- Coûts totaux : 7 466 667 DZD (1/6ème des coûts prévisionnels de l'année 1)
- Cash-Flow Net : 533 333 DZD
- Solde de trésorerie de clôture : 2 666 667 DZD

Mois 6 :

- Solde de trésorerie d'ouverture : 2 666 667 DZD

Projet d'obtention du certificat d'une institution émergente dans le cadre de décision ministérielle la 1275

« Production d'acide lactique à partir de reste de pain »

- Revenu total : 8 000 000 DZD (en supposant 1/6ème du chiffre d'affaires projeté de l'année 1)
- Coûts totaux : 7 466 667 DZD (1/6ème des coûts prévisionnels de l'année 1)
- Cash-Flow Net : 533 333 DZD
- Solde de trésorerie de clôture : 3 200 000 DZD

## **Chapitre 6 : Le prototype expérimental souhaité**

## Supplément n° 04 : Modèle économique souhaité

Brea-Lacta, un produit extrait des restes de pain

L'acide lactique extrait des sucres alimentaires, présente de nombreux avantages et utilisations.

Il est utilisé dans la fabrication de produits laitiers, de fromages et yaourts ,

Traitement des maladies gastro-intestinales comme un probiotique

Ses propriétés hydratantes lui permettent d'être utilisé comme ingrédient dans les cosmétiques pour assurer un teint lisse, uniforme et ferme et pour prévenir les rides . Ses propriétés exfoliantes , pour l'élimination des peaux mortes

