

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques  
Département de biologie animale et végétale

**Mémoire de fin d'étude**

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master en biologie

Option : Génétique et Amélioration des Plantes

**Extraction et dosage de trois classes de flavonoïdes de la  
lavande (*Lavandula stoechas* L.). Estimation de l'effet  
insecticide de la poudre des feuilles sur les adultes de  
*Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae)**

Présenté par M<sup>elle</sup> Amani Fatma Zohra

**Devant les jurys :**

<b>Présidente :</b>	M <sup>me</sup> Taleb-Toudert K.	Maitre de conférences classe B à l'UMMTO
<b>Promotrice :</b>	M <sup>me</sup> Sahmoune F.	Maitre assistante classe A à l'UMMTO
<b>Examineur :</b>	M <sup>f</sup> Medjbeur Dj.	Maitre-assistant classe A à l'UMMTO
<b>Examinatrice :</b>	M <sup>me</sup> Lamri T.	Maitre assistante classe A à l'UMMTO

**Promotion 2015 /2016**

## Remerciement

Je tiens tout d'abord à remercier ma promotrice Sahmoune-Sidi Mansour Fadhila qui m'a encadré et m'a accueilli dans son laboratoire afin de réaliser mon projet de fin d'étude. Merci de n'avoir ménagé aucun effort pour m'apporter votre soutien à l'élaboration de ce modeste travail.

Je tiens particulièrement à remercier madame Taleb-Toudert Karima pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury. Par ailleurs, je la remercie pour sa grandeur d'âme et la gentillesse dont elle a fait preuve durant tout mon cursus où j'ai eu le grand plaisir de l'avoir eu comme enseignante. Merci de m'avoir ouvert la porte de votre laboratoire et pour vos conseils et pour votre bon cœur.

Nos vifs remerciements à Monsieur Medjbeur et madame Lamri pour avoir accepté de partager leurs remarques avisés en faisant partie de notre jury.

Je remercie également mes très chers parents qui ont toujours été présents pour moi et sans eux je ne serais pas là aujourd'hui. Vous êtes un trésor précieux qui j'espère durera encore longtemps.

Mes remerciements à Juba Mammar pour ses encouragements et pour l'aide qu'il m'a apporté à un moment cruciale et qui m'a permis de finaliser mon travail.

## Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A mes chers parents qui m'ont soutenu depuis mon premier jour dans ce monde et qui m'ont encouragé durant toutes mes études*

*A mes chers frères Mehdi et Amirouche.*

*A Nassiha et Lilia.*

*A mes petits anges Marouane, Hichem et Aylan.*

*A mes ami (e)s Sekoura, Sylia, Hayette, Zahia, Saliha, et Nadir.*

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Distribution géographique de <i>L. stoechas</i> (d'après Upson et Andrews, 2004).....	4
<b>Figure 02</b> : A : Image au microscope électronique à balayage (SEM) de trichomes glandulaires de feuilles de lavande au grossissement x 100. B : Image microscope électronique à balayage (MEB) d'un trichome glandulaire au grossissement x 500(Astrid, 2008).....	5
<b>Figure 03</b> : Feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> (M'kira, 2016).....	6
<b>Figure 04</b> : Inflorescence de <i>Lavandula stoechas</i> (M'kira, 2016). ....	7
<b>Figure 05</b> : Corolle de <i>Lavandula stoechas</i> (M'kira, 2016). ....	8
<b>Figure 06</b> : Bractée de <i>Lavandula stoechas</i> (M'kira, 2016). ....	9
<b>Figure 07</b> : Voie de l'acide shikimique (Floss, 1997). ....	12
<b>Figure 08</b> : La voie du phénylpropanoïde (Hoffmann et al, 2004) ....	13
<b>Figure 09</b> : Schéma de biosynthèse simplifiée des Flavonoïdes (Isorez., 2007). ....	15
<b>Figure 10</b> : Quelques exemples d'acide phénolique (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006). ....	16
<b>Figure 11</b> : Quelques exemples des structures chimiques des stilbènes (Boubekri, 2014). ....	17
<b>Figure 12</b> : Principaux constituants de la lignine (Hopkins, 2003).....	17
<b>Figure 13</b> : Structure d'une lignine (Scalbert et Williamson, 2000). ....	18
<b>Figure 14</b> : Exemples des structures chimiques des lignanes (Omar, 2010). ....	18
<b>Figure 15</b> : Quelques exemples des structures chimiques des coumarines_(Macheix et al., 2005).....	19
<b>Figure 16</b> : Structure de base des flavonoïdes (Dacosta, 2003).....	19
<b>Figure 17</b> : structure de base des tanins (Roux, 2007). ....	22
<b>Figure 18</b> : Larve (A), Nymphe (B) et Adulte (C) de <i>T. castaneum</i> (Gueye et al., 2015). ....	23
<b>Figure 19</b> : Géolocalisation de la commune d'étude.....	25
<b>Figure 20</b> : Méthode d'échantillonnage.....	26
<b>Figure 21</b> : Procédé de prélèvement des échantillons. ....	27
<b>Figure 22</b> : Méthode de préparation du matériel végétal.....	28
<b>Figure 23</b> : Protocole d'extraction des polyphénols par hydrolyse acide et à chaud.....	31
<b>Figure 24</b> : Teneur en eau des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> . ....	35
<b>Figure 25</b> : Résultat des extractions des trois classes phénoliques. ....	36
<b>Figure 26</b> : Moyenne $\pm$ écart type de la teneur en Aglycones des fleurs et des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> . ....	36
<b>Figure 27</b> : Moyenne $\pm$ écart type de la teneur en Anthocyanes des fleurs et des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> . ....	37
<b>Figure 28</b> : Moyenne $\pm$ écart type de la teneur en C-Glucosides des fleurs et des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> . ....	38
<b>Figure 29</b> : Taux moyen de mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> . ....	39

## Liste des tableaux

<b>Tableau I :</b> Classification APG II et APG III de <i>Lavandula stoechas</i> .....	3
<b>Tableau II :</b> Principales classes de flavonoides (Scalbert et Williamson, 2000).....	20

## Sommaire

Remerciements .....	i
Dédicaces .....	ii
Liste des figures.....	iii
Liste des tableaux .....	iv

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
---------------------------	----------

### Chapitre I : Synthèse bibliographique

<b>I. Généralité sur <i>Lavandula stoechas</i> .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Classification systématique de <i>Lavandula stoechas</i> L.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Répartition géographique .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Caractéristiques morphologiques de <i>Lavandula stoechas</i> L. ....</b>	<b>4</b>
3.1. Caractéristiques des différentes parties de <i>L. stoechas</i> L.....	5
3.1.1. Port en trichome.....	5
3.1.2. Feuille .....	6
3.1.3. Inflorescence .....	6
3.1.4. Corolle.....	7
3.1.5. Calice .....	8
3.1.6. Bractéoles et bractées.....	8
<b>4. Vertus médicinales, intérêt économique et valeurs nutritionnelle de <i>L. stoechas</i> L. ....</b>	<b>9</b>
<b>II. Généralité sur les polyphénols .....</b>	<b>23</b>
<b>1. Définition .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Voies de biosynthèse .....</b>	<b>11</b>
2.1. Voie du shikimate.....	11
2.2. La voie de phénylpropanoïde .....	13
2.3. Biosynthèse des flavonoïdes .....	14
<b>3. Classification des polyphénols .....</b>	<b>16</b>
3.1. Les non-flavonoïdes .....	16
3.1.1. Les acides phénoliques.....	16

3.1.2. Les stilbènes .....	16
3.1.3. Les lignines .....	17
3.1.4. Lignanes (C6-C3) <sup>2</sup> .....	18
3.1.5. Coumarines C6-C3 .....	19
3.2. Les flavonoïdes (C6-C3-C6).....	19
3.2.1. Les flavonoides .....	19
3.3. Les tanins .....	21
<b>III. Généralité sur <i>Tribolium castaneum</i> .....</b>	<b>23</b>
<b>1. Description.....</b>	<b>23</b>
<b>2. Longévité .....</b>	<b>24</b>
<b>3. Systématique de <i>Tribolium castaneum</i> .....</b>	<b>24</b>
<b>4. Dégâts causés par <i>Tribolium castaneum</i> .....</b>	<b>24</b>

## Chapitre II : Matériels et méthodes

<b>1. Matériel végétal .....</b>	<b>25</b>
1.1. Site d'échantillonnage .....	25
1.2. Géolocalisation des sites d'échantillonnage.....	25
1.3. Méthodes d'échantillonnage .....	26
1.4. Procédé d'échantillonnage .....	27
1.5. Préparation du matériel végétal.....	28
1.6. Teneur en eau des feuilles et des fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> .....	29
<b>2. Extraction des trois classes des polyphénols .....</b>	<b>29</b>
<b>3. Dosage des trois classes de polyphénols .....</b>	<b>32</b>
3.1. Dosage des proanthocyanes .....	32
3.2. Dosage des C-glycosylflavones.....	32
3.3. Dosage des aglycones flavonique.....	33
<b>4. Activité insecticide des feuilles et des fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> L.....</b>	<b>33</b>
<b>5. Analyses statistiques.....</b>	<b>34</b>

## Chapitre III : Résultats et discussion

<b>1. Teneur en eau des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> .....</b>	<b>35</b>
<b>2. Teneur absolue des trois classes de polyphénols : Aglycones, Anthocyanes et C-Glucosides .....</b>	<b>36</b>
2.1. Teneur absolue en Aglycones .....	36
2.2. Teneur absolue en Anthocyanes .....	37
2.3. Teneur absolue en C-Glucoside .....	38
<b>3. Activité insecticide de la poudre de feuilles et de fleurs .....</b>	<b>39</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>41</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	

# **Introduction**

Depuis la plus haute antiquité, les hommes se sont soignés avec les plantes qu'ils avaient à leur disposition. La plupart des espèces végétales qui poussent dans le monde entier possèdent des vertus thérapeutiques, car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme. Elles sont utilisées aussi bien en médecine classique qu'en phytothérapie : elles présentent en effet des avantages dont les médicaments sont souvent dépourvus (Chevalier, 2001).

Les substances naturelles et les plantes en particulier représentent une immense source de chimiodiversité, avec souvent des structures très originales dont une synthèse totale et rentable (complexité structurale, stéréospécificité...) est souvent difficile à réaliser. Ces dernières années, nous assistons à un regain d'intérêt des consommateurs pour les produits naturels. C'est pour cela que les industriels développent de plus en plus des procédés mettant en œuvre des extraits et des principes actifs d'origine végétale.

Parmi ces nouveaux composés potentiellement intéressants, les antioxydants, tels que les flavonoïdes, ont été particulièrement étudiés en raison de leur utilisation dans les domaines pharmaceutiques, cosmétiques et alimentaires pour leurs effets bénéfiques pour la santé. De nos jours, plus de 3000 flavonoïdes sont identifiés et se trouvent localiser particulièrement dans les pigments floraux ou dans les feuilles (Marfak, 2003).

Les polyphénols sont l'une des principales classes de métabolites secondaires qui se trouvent au niveau de toutes les parties de la plante (Djahra, 2014). Ces métabolites secondaires, sont impliqués dans de nombreuses facettes des systèmes biologiques des plantes : pigmentation, mécanismes de croissance et de reproduction, protection contre les prédateurs... Leurs effets positifs qu'ils exercent sur l'organisme humain en leur qualité d'antioxydants ont commencé à être reconnus, notamment dans le domaine de la médecine préventive. En effet, les polyphénols possèdent non seulement des propriétés anticancéreuses et antiscclératiques mais aussi la faculté de combattre les caries et les diarrhées. Ils peuvent également participer à la bonne conservation de certains aliments transformés, comme l'huile d'olive, en limitant l'oxydation des lipides qu'ils contiennent (Boubekri, 2014).

Par ailleurs, les composés antimicrobiens provenant des plantes ont la capacité d'inhiber la croissance bactérienne en agissant sur des cibles cellulaires différentes de celles visées par les antibiotiques actuellement utilisés tels que les pénicillines ou tétracyclines

(Abedini, 2013). De plus, la recherche de nouvelles molécules insecticides issues des végétaux s'est développée depuis une quinzaine d'années (Regnault-Roger et Hamraoui, 2015). L'usage de produits chimiques provenant des plantes apparaît comme une alternative de lutte propre contre ces ravageurs. D'après l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), les pertes dues aux insectes nuisibles correspondent à 35% de la production agricole mondiale (Bounechada et Arab, 2011).

Parmi les ravageurs des denrées stockées, le *Tribolium. Castaneum* HERBST est considéré comme un ravageur secondaire strict causant d'importants dégâts sur les stocks Il est surtout connu dans les régions tropicales et subtropicales. Sa biologie a été étudiée par plusieurs auteurs : Howe, Sokolof,..(Gueye, 2015).

Afin d'augmenter l'exploitation économique des espèces du genre *Lavandula*, celles-ci font l'objet de plusieurs études sur leur composition chimique et l'activité biologique de ses huiles. Cependant il y apparaît un manque de travaux sur la composition en polyphénols de *Lavandula stoechas* (Benabdelkader, 2012).

C'est dans ce contexte que nous nous sommes proposés d'étudier la composition en polyphénols des feuilles et de fleurs de *Lavandula stoechas* ainsi que l'activité insecticide de de la poudre des feuilles et de fleurs sur le *Tribolium castaneum*.

Dans ce travail, nous avons entamé dans un premier lieu une partie bibliographique dont des généralités sur *Lavandula stoechas* et sur les polyphénols.

Puis dans un second lieu, nous citerons le matériel et les méthodes utilisés dans l'extraction et le dosage des trois classes de polyphénols à partir des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* L., ensuite, déterminer l'activité insecticide de la poudre de feuilles et de fleurs sur le *Tribolium castaneum*.

En troisième lieu, nous présenterons les résultats et la discussion relatifs aux différentes expérimentations menées.

A la fin nous terminons par une conclusion et perspectives de recherche sur cette espèce.

# **Chapitre I :**

## **Synthèse bibliographique**

## I. Généralité sur *Lavandula stoechas* L. 1753

### 1. Systématique de *Lavandula stoechas* L.

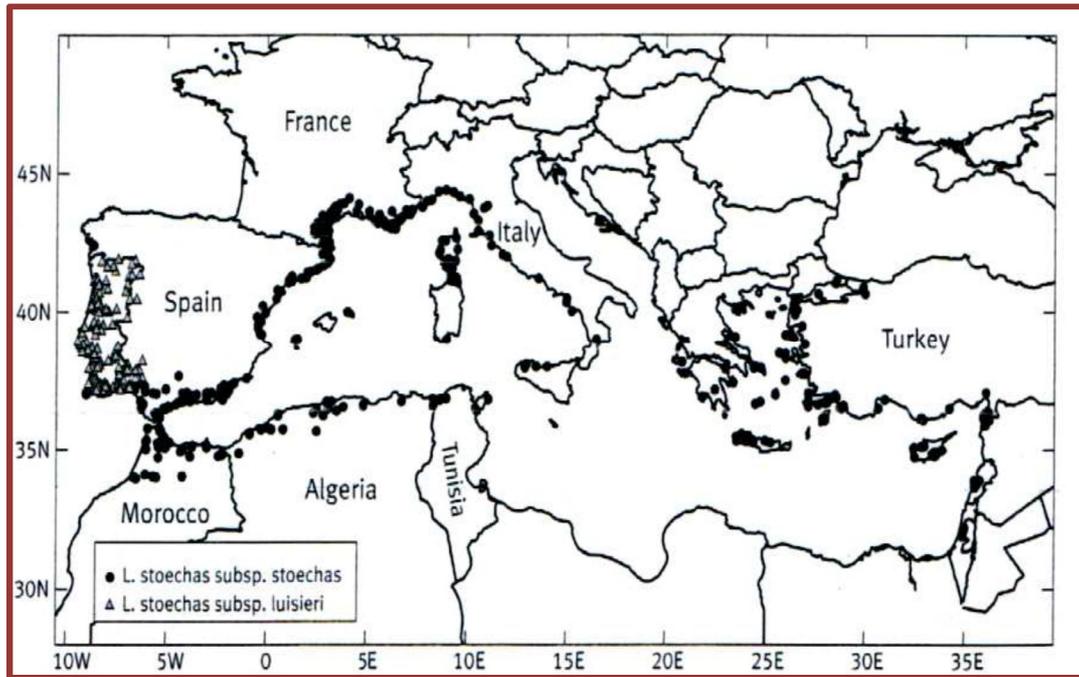
La classification des angiospermes s'est basée sur l'analyse de deux gènes chloroplastiques et un gène nucléaire de ribosome qui permet d'établir la relation ainsi que l'enchaînement entre les groupes et ce, du plus primitif au plus évolué. Ainsi, il existe à ce jour trois classifications classiques (Angiosperm Phylogeny Group : APG III en 2009). L'APG III fait une proposition de nommage de certains de ces clades et une réorganisation, légère, en rangs taxinomiques. les classifications APG II et III de *Lavandula stoechas* sont consignés dans le tableau I :

**Tableau I :** classification APG III de *Lavandula stoechas*

Classification APG III
<b>Clade des Angiospermes</b>
<b>Clade des "Dicotylédones vraies" ou Eudicotylédones</b>
Clade du "Noyau des Dicotylédones vraies" ou "Eudicotylédones supérieures
Clade des Astéridées
<b>Clade des Lamiidées ou Euastéridées I</b>
<b>Ordre des <i>Lamiales</i></b>
<b>Familles des <i>Lamiaceae</i></b>
<b>Genre : <i>Lavandula</i></b>
<b>Espèce : <i>Lavandula stoechas</i> L., 1753</b>

### 2. Répartition géographique

Historiquement, *Lavandula stoechas* L. fut la première lavande à être formellement décrite et elle est aussi la lavande dont le territoire géographique est le plus vaste. Elle est répandue dans tout le bassin méditerranéen (Europe méridionale, l'Afrique du Nord et le Moyen Orient) avec une petite disjonction sur la frontière Lybie-Egypte (Figure 01).



**Figure 01 :** Distribution géographique de *L. stoechas* (d'après Upson et Andrews, 2004)

En Algérie, Debeaux (1894) la localise dans les collines sèches et pierreuses, les maquis des contreforts; partout à Fort-National, Tizi-Ouzou, Drâa-el-Mizan, vallée de l'Oued Sahel, Bordj-Bouira, Beni-Mansour, col de Tirourda, rochers du littoral, de Dellys à Bejaïa. Quezel et Santa (1963) ont identifié la *Lavandula stoechas* dans les garrigues et forêts avec des sols riches en silice et les terrains acides. Elle supporte la mi-ombre et tolère le froid jusqu'à  $-5^{\circ}\text{C}$ . La floraison, plus précoce que chez les autres lavandes, se déroule d'avril à mai puis en automne.

### 3. Caractéristiques morphologiques de *Lavandula stoechas* L.

Le but est de caractériser les différentes parties de la plante à savoir : l'aspect général, le trichome, la feuille, l'inflorescence, la corolle, les bractées et le calice.

La lavande a été décrite depuis un bon nombre d'années par différents botanistes, notamment en Algérie. En effet, Quezel (1963) la décrit comme étant un sous-arbrisseau aromatique ; parfois des arbustes vivaces atteignant 1.5 m de hauteur (Benabdelkader, 2012). Elle est dotée d'une inflorescence en épis dense et terminal (Quezel, 1963).

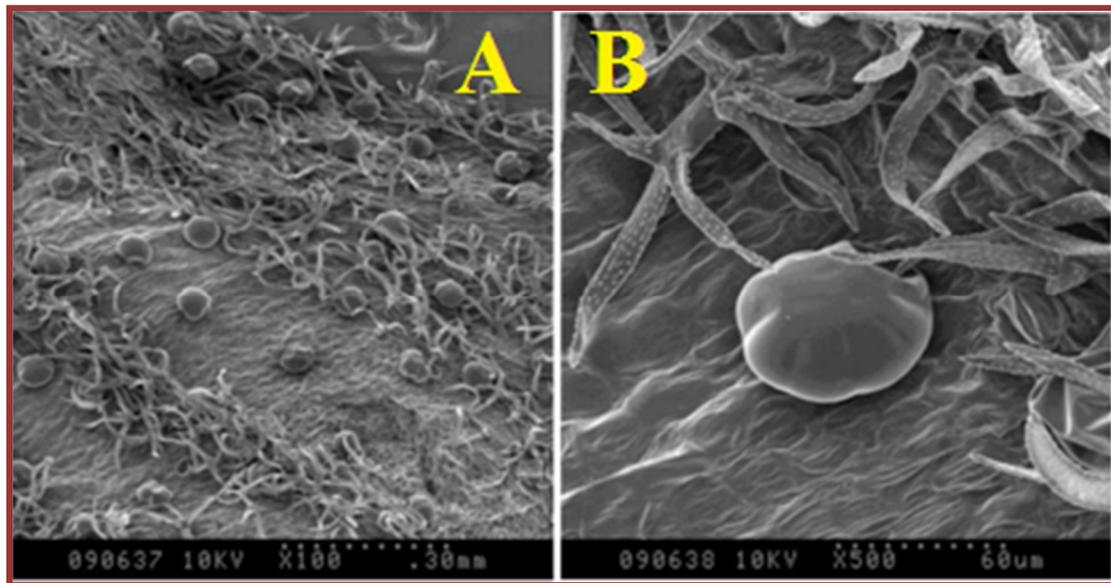
De son côté Debeaux (1894) déclare que *L. Stoechas L.* est munie de tiges grêles à rameaux latéraux courts, nombreux, étalés-dressés, peu feuillés, terminés par un épi floral court, oblong, brièvement pédonculé; les verticilles foliaires sont espacés.

### 3.1. Caractéristiques des différentes parties de *L. stoechas L.*

Nous avons opté pour une description de chaque organe afin d'aboutir à une description complète de la plante d'une manière détaillée.

#### 3.1.1. Trichome

La présence d'huiles essentielles qui sont élaborées dans des glandes (trichomes) couvrant une grande partie de la plante induit la présence dans les feuillages et les fleurs d'arôme qui caractérise beaucoup d'espèces. Plusieurs études sont portées sur les trichomes et ces dernières ont révélé une grande diversité de patron de distribution, de morphologie, de densité et des caractères taxonomiques importants. En effet l'observation des trichomes de feuilles au microscope électronique à balayage a montré qu'il existe 5 types de trichomes sécréteurs chez *L. pedunculata* et 5 types de trichomes tecteurs avec 5 types de trichomes sécréteurs chez *L. angustifolia* (El-Gazzar et Watson 1970 ; Heinrich *et al.*, 1983; Couderc-Le-Vaillant *et al.*, 1990 ; Zuzarteet *al.*, 2010 ; Benabdelkader, 2012).



**Figure 02 :** A : image au microscope électronique à balayage (SEM) de trichomes glandulaires de feuilles de lavande au grossissement x 100. B : image microscope électronique à balayage (MEB) d'un trichome glandulaire au grossissement x 500. (Astrid, 2008).

### 3.1.2. Feuille

Il existe une grande variété de forme et de couleur des feuilles selon les espèces. Elles sont persistantes, opposées, sessiles ou pétiolées, simples ou composées, poilues et le plus souvent grisâtres ou argentées et parfois verte sombre. Elles sont longues et étroites chez la plupart des espèces mais, chez certaines espèces, elles sont pennées ou pennées dentées et parfois pennées multiples et entièrement ou profondément découpées (Benabdelkader, 2012).



Figure 03 : Feuilles de *Lavandula stoechas* (M'kira, 2016).

### 3.1.3. Inflorescence

Les fleurs, avec pédicelle, sont disposées en verticilles, tenues en grappes de cymes cylindriques ou quadrangulaires à l'extrémité de tiges rarement feuillées. L'épi floral est court, oblong, brièvement pédonculé; verticilles foliaires espacés, chaque verticille est composé de 2 feuilles opposées, linéaires, acuminées au sommet, longues de 3 à 4 cm et larges de 2 à 3 mm, hispides en dessus, incandescentes en dessous, dépassant les entrenœuds, et de 6 à 8 petites feuilles linéaires-filiformes, naissant à l'aisselle des 2 feuilles opposées composant le verticille, et 3 à 4 fois plus courtes que celles-ci (Benabdelkader, 2012).

Les fleurs prennent plusieurs couleurs : le plus souvent mauves, bleues, violettes pourpres, roses ou lilas et parfois blanches, probablement suite à une mutation. Il existe des espèces qui ne fleurissent qu'une seule fois dans l'année, d'autres deux fois comme *L. stoechas* et *L. pedunculata* (printemps et automne).

D'autres fleurissent toute l'année comme *L. dentata*. L'inflorescence principale composée ressemblant à un épi est plus ou moins lâche (thyrses spiciformes). L'inflorescence secondaire est une cyme bipare et scorpioïde dans le sous-genre *Lavandula* ou uniflore dans les sous-genres *Sabaudia* et *Fabricia* (Battandier, 1888 ; Debeaux, 1894 ; Gubb, 1913 ; Upson, 1997 ; Lis-Balchin, 2002 ; Benabdelkader, 2012).



Figure 04 : Inflorescence de *Lavandula stoechas* (M'kira, 2016).

#### 3.1.4. Corolle

La corolle est constituée de 5 pétales soudés. Elle est asymétrique, tubuleuse à la base et bilabée au sommet. La corolle a une forme en entonnoir, régulière, exserte à tube dilaté à la gorge, à 2 lèvres, la supérieure à deux lobes, l'inférieure à trois lobes et les lobes sont de taille variable. Il existe quelques exceptions à cette règle comme les espèces du sous-genre *Sabaudia* qui présentent des corolles constituées de 5 pétales soudés en étoile. Le tube de la corolle est plus ou moins long. Dans la section *Stoechas* le tube est presque totalement inséré dans le calice. Dans les sections *Lavandula* et *Dentatae* la longueur du tube visible est égale à celle du calice. Enfin, dans toutes les sections du sous-genre *Fabricia* la partie visible du tube est trois fois plus longue que le calice, faiblement ou fortement à deux lèvres. Les quatre étamines sont inclinées (courbant vers le bas), généralement didynamiques (deux paires d'étamines inégales en longueur), la paire antérieure étant plus longue et incluse dans le tube. Le stigmate est unique, bilobé ou capité. Les lobes nectarifères sont positionnés en face des ovaires. Les glandes sécrétrices d'huile essentielle ne sont présentes que sur la face inférieure de la corolle (Benabdelkader, 2012).

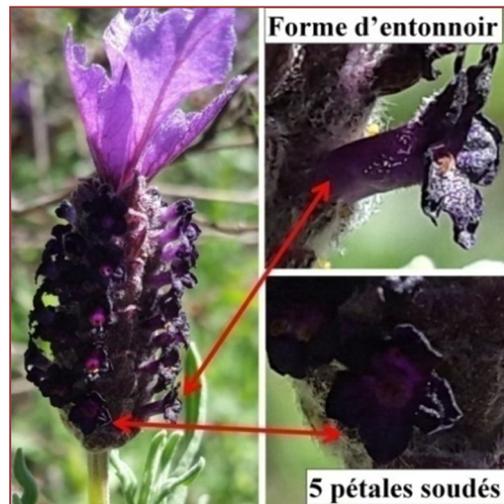


Figure 05 : Corolle de *Lavandula stoechas* (M'kira, 2016).

### 3.1.5. Calice

Le calice est tubulaire court et à cinq lobes qui se terminent par 5 dents inégales. Il est persistant, régulier ou avec deux lèvres (bilabiées), une supérieure qui contient trois lobes et une inférieure avec deux lobes.

La variation de forme des calices offre de nombreux indices importants qui nous aident à différencier les sections et les espèces. Par exemple dans le sous-genre *Lavandula* le lobe médian de la lèvre supérieure forme une extension qui recouvre l'ouverture du calice avant l'épanouissement de la fleur ainsi qu'après la tombée de la corolle. Le sous-genre *Sabaudia* fait exception avec un calice régulier (Couderc–Le–Vaillant et *al.*, 1990).

### 3.1.6. Bractéoles et bractées

Petites et souvent négligeables, les bractées sont portées au niveau des points de ramification, à la base de chaque cyme de fleurs. Chez les espèces *L. stoechas* et *L. dentata*, les bractées sont très développées et présentes à l'apex de l'inflorescence. Ces dernières sont allongées, colorées, stériles et très attractives pour les pollinisateurs.

Les cymes sont sous-tendues par des bractées qui varient en taille, forme et nervation selon les taxons et qui peuvent avoir une valeur taxonomique au sein du genre *Lavandula*. Dans les sections *Dentatae* et *Stoechas*, les bractées sont trapézoïdales avec une pointe courte alors qu'elles sont triangulaires dans la section *Subnudae* avec une pointe très allongée. Les nervures des bractées sont parallèles dans le sous-genre *Fabricia* alors qu'elles sont réticulées dans les deux autres sous-genres (Herrera, 1997 ; Benabdelkader, 2012).

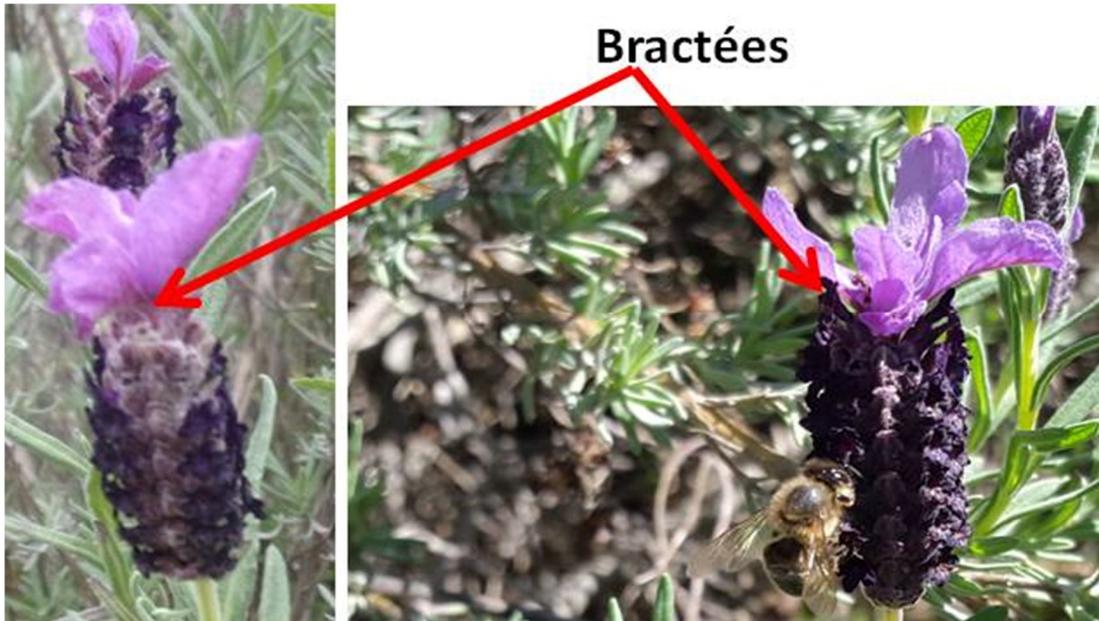


Figure 06 : Bractée de *Lavandula stoechas* (M'kira, 2016).

#### 4. Vertus médicinales, intérêt économique et valeurs nutritionnelle de *L. stoechas* L.

Les lavandes sont classées parmi les plantes médicinales les plus utilisées. Les anciens Romains, Grecs et Arabes ont utilisé la lavande comme agent thérapeutique, elle est utilisée aussi par les Romains pour conserver le linge et parfumer les bains. Il existe plusieurs types de lavandes, dont la plupart sont utilisées en médecine traditionnelle (Evelegh, 1996).

Cependant, il y a quelques différences dans les usages thérapeutiques rapportés pour les différentes espèces. Par exemple, *L. stoechas* est traditionnellement utilisée contre les maux, *L. latifolia* est utilisé comme abortive et *L. angustifolia* comme diurétique. Par ailleurs, les infusions des parties aériennes d'un certain nombre d'espèces de lavande sont utilisées comme antiseptiques ou pour des actions carminatives, sédatives, spasmolytiques, antidouleurs ainsi que comme des agents de cicatrisation et certaines espèces ont un effet acaricide. Les Lavandes ont une faible toxicité (Gamezetal.,1990 ; Buchbauer *et al.*, 1991 ;Lis-Balchin, 2002 ; Schulz, 2005).

Il est possible de préparer aussi des glaces ou des crèmes à partir d'infusion des fleurs de lavande dans du lait. (Kim et Lee, 2002).

Récemment, l'aromathérapie est devenue de plus en plus populaire. La lavande y est utilisée comme relaxant. Les espèces du genre *Lavandula* sont aussi des plantes mellifères qui génèrent des miels de couleurs et odeurs propres à chaque espèce. Les fleurs de la lavande

fine (*L. angustifolia*), la lavande aspic (*L. latifolia*), le lavandin (*L. x intermedia*) et la lavande stéchas (*L. stoechas*) constituent des sources majeures de nectar pour les abeilles. De nombreuses plantes de lavande sont également vendues comme plantes ornementales pour les jardins populaires dont *L. latifolia*, *L. pinnata*, *L. lanata*, *L. multifida*, *L. dentata*, *L. stoechas* et *L. pedunculata* avec leurs nombreux cultivars. Enfin, il a été mentionné que certaines lavandes sont aussi utiles dans l'agriculture biologique comme bio-insecticides. Elles constituent des cultures de choix dans les terres arides (Grieve, 1971 ; Ghelardini *et al.*, 1999 ; Lis-Balchin et Hart, 1999 ; Lis-Balchin, 2002 ; Guyot-Declerck, 2002 ; González-Coloma *et al.*, 2006).

## II. Généralités sur les polyphénols

### 1. Définition

Le terme Polyphénols ou composés phénoliques se traduit par un vaste ensemble de plus de 8000 molécules divisées en une dizaine de classes chimiques. Ce terme est fréquemment utilisé dans le langage courant et même dans des articles scientifiques ou de vulgarisation pour désigner l'ensemble des composés phénoliques des végétaux (Muanda, 2010). Ces molécules présentent toutes un point commun : la présence d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones (phénol) lui-même porteur d'une ou de plusieurs fonctions hydroxyles (OH) (Bahorun, 1997 ; Parr et Bolwell, 2000 ; Urquiaga et Leighton, 2000 ; Macheix et *al.*, 2005).

Les polyphénols sont issus du métabolisme secondaire, ce sont donc des molécules synthétisées en dehors des voies métaboliques primordiales qui assurent la survie (Zeghad, 2009). Les composés phénoliques sont synthétisés par l'ensemble des végétaux et ils participent aux réactions de défense face aux différents stress biotiques (agents pathogènes) ou abiotiques (sécheresse, salinité, carences) et contribuent à la qualité organoleptique des aliments issus des végétaux (couleur, astringence, arôme, amertume) (Visioli et *al.*, 2000 ; Lenoir, 2011). Leur répartition tant qualitative que quantitative dans la plante varie selon les espèces, les organes, les tissus ou encore les différents stades de développement (Kühnau, 1976). Et avec plus de 8000 structures phénoliques identifiées, il est important de connaître les voies de biosynthèse de ces molécules afin de faciliter leur classification (Urquiaga et Leighton, 2000).

### 2. Voies de biosynthèse

Différentes voies de biosynthèses des polyphénols rapportées par la bibliographie sont résumées ci-dessous :

#### 2.1. Voie du shikimate

La voie de l'acide shikimique (Figure 07) est la voie la plus importante pour la biosynthèse des composés aromatiques dans les plantes et les micro-organismes, y compris les acides aminés aromatiques : la phénylalanine, la tyrosine et le tryptophane (Boubekri, 2014). Ce sont des métabolites primaires qui servent de précurseurs pour de nombreux produits

naturels (secondaire) tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques, les coumarines, les alcaloïdes... (Ghasemzadeh, 2011).

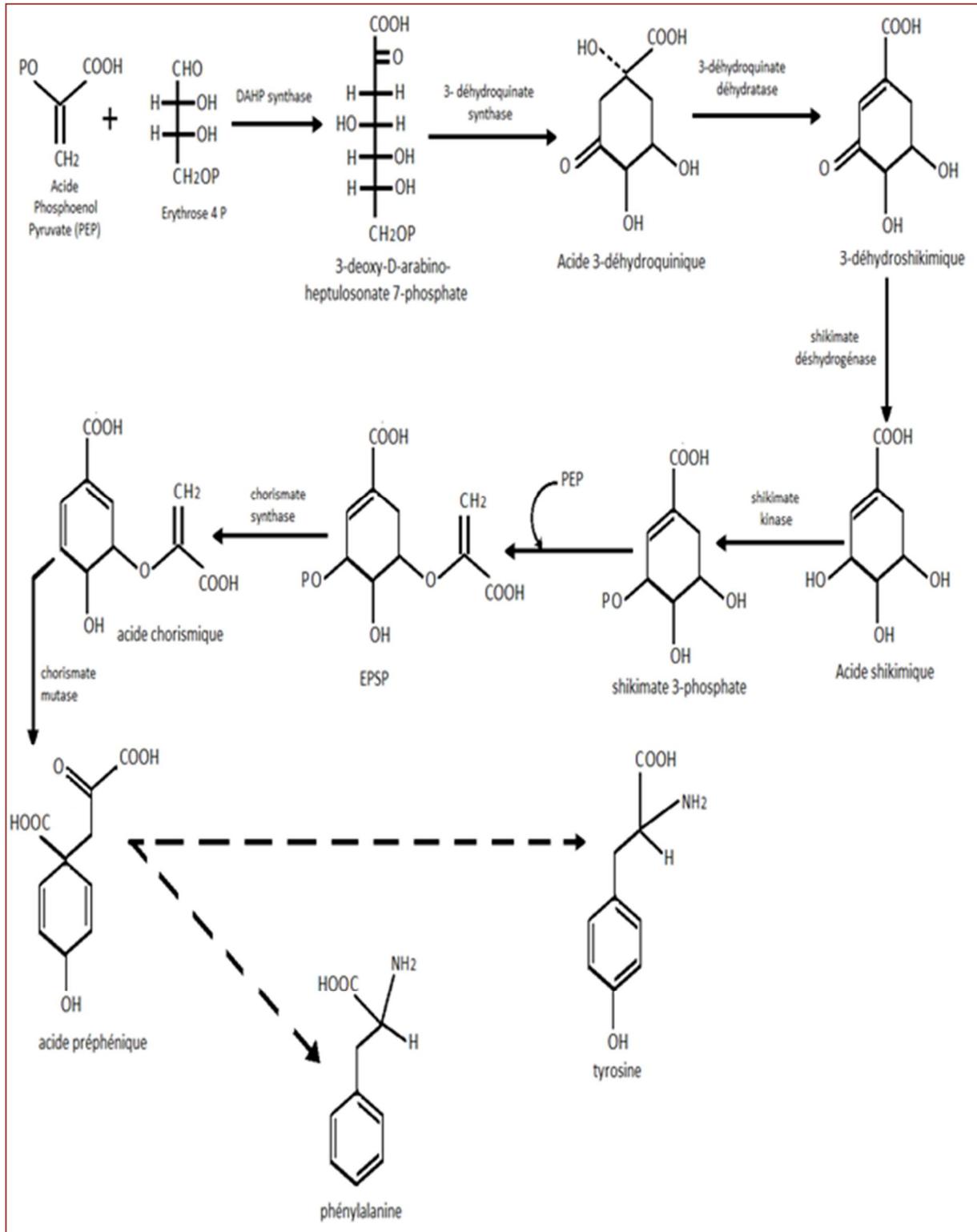


Figure 07: Voie de l'acide shikimique (Floss, 1997).

## 2.2. La voie de phénylpropanoïde

La voie de phénylpropanoïde (Figure 08) commence par la phénylalanine (Phe) qui fournit en plus des principaux acides phénoliques simples, coumarines, isoflavonoïdes, flavonoïdes, acide salicylique, des précurseurs de lignine, qui est quantitativement le second biopolymère le plus important après la cellulose (Zeghad, 2009).

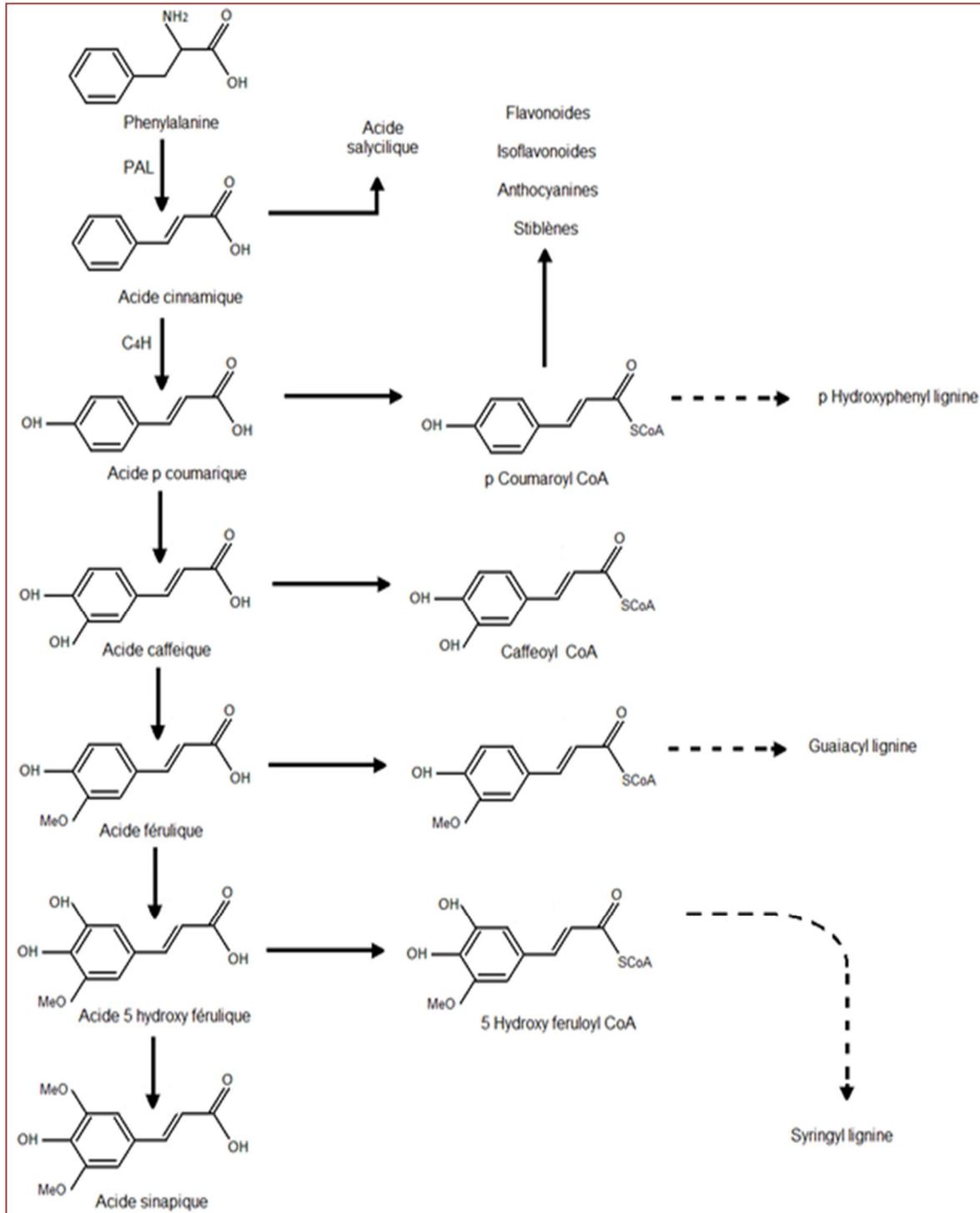


Figure 08 : La voie du phénylpropanoïde (Hoffmann et al, 2004)

### 2.3. Biosynthèse des flavonoïdes

Depuis plusieurs décennies, l'analyse et la compréhension du métabolisme phénolique, plus particulièrement celui des flavonoïdes, constituent un réel défi pour un grand nombre d'équipes scientifiques. Ce sont d'abord des méthodes classiques d'identification, qui ont permis les premières analyses. Puis ces vingt dernières années, des techniques plus performantes ont fait leur apparition.

Toutes les étapes de la biosynthèse des flavonoïdes ne sont pas encore clairement élucidées, mais elle constitue l'une des plus élaborées en rapport avec les métabolites secondaires. Grâce à des réactions enzymatiques, un grand nombre de sous-classes de flavonoïdes deviennent des intermédiaires (Figure 09), dont nous proposons de décrire quelques étapes clefs (**Isorez., 2007**).

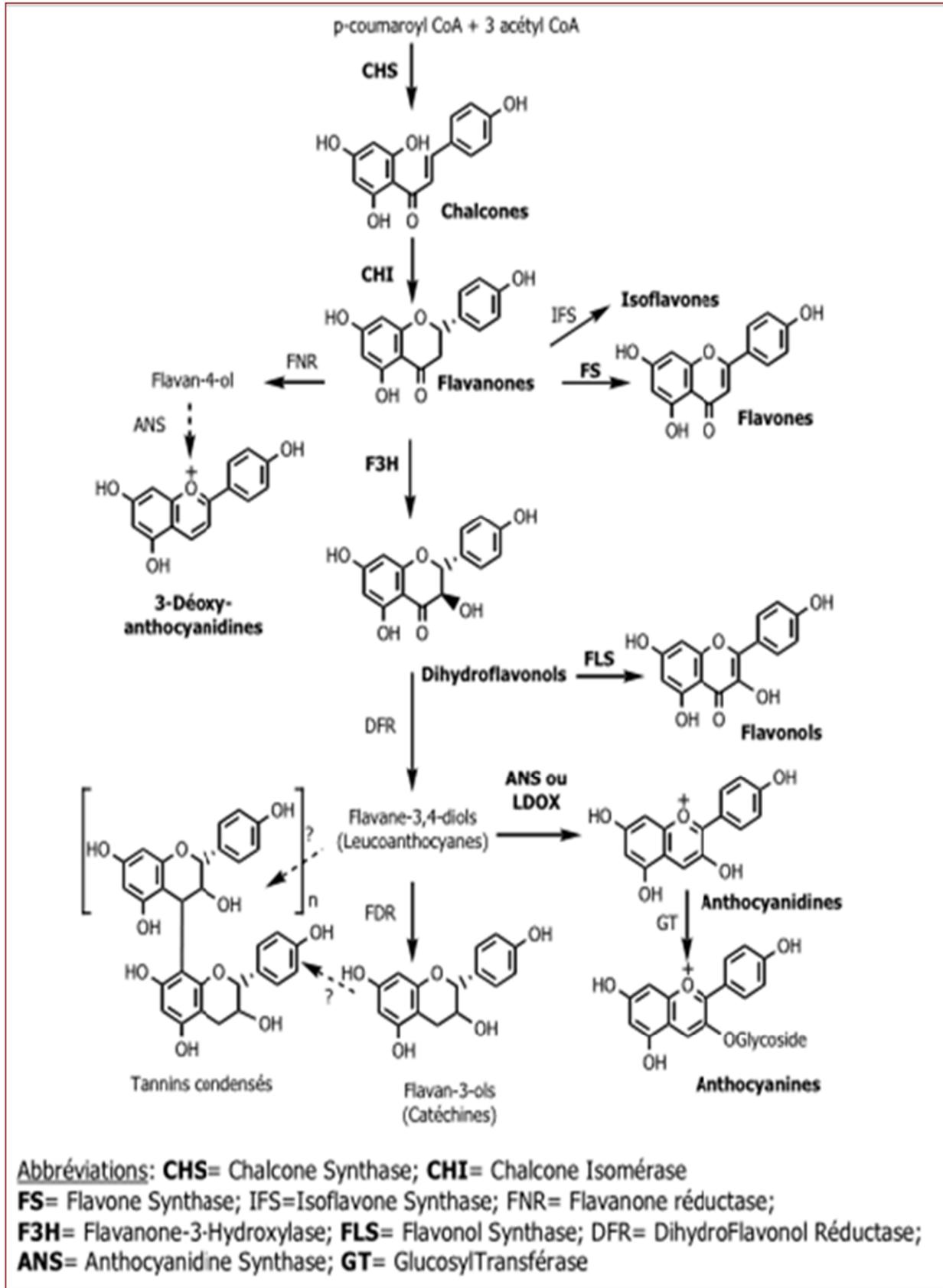


Figure 09 : Schéma de biosynthèse simplifiée des Flavonoïdes (Isorez., 2007).

### 3. Classification des polyphénols

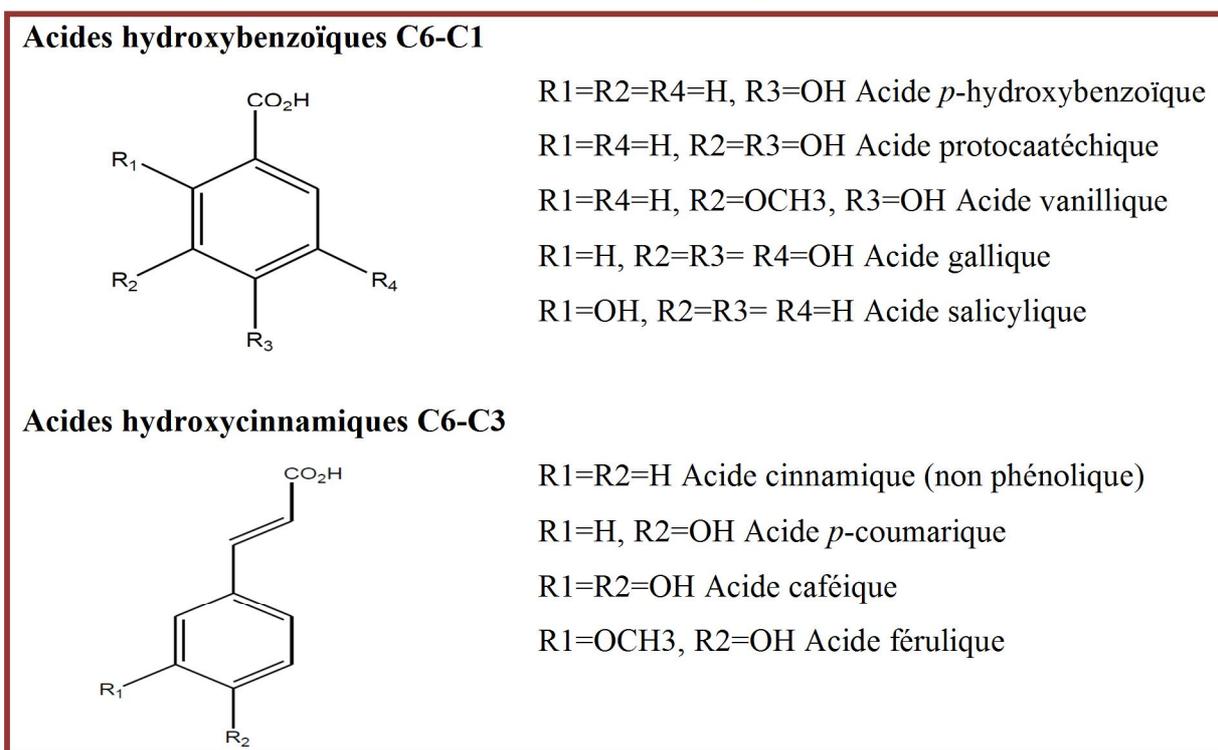
Cheynier (2005) a classé les polyphénols en deux classes majeurs : les flavonoïdes et les non-flavonoïdes.

#### 3.1. Les non-flavonoïdes

Cette classe renferme des molécules simples tels que les acides phénoliques (dérivés hydroxybenzoïques, hydroxycinnamiques et coumarines), les stilbènes, et des molécules complexes comprenant les oligomères de stilbènes, tanins et lignines.

##### 3.1.1. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques font partie des formes les plus simples des composés phénoliques et se séparent en deux grands groupes distincts qui sont les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques (Figure 10).

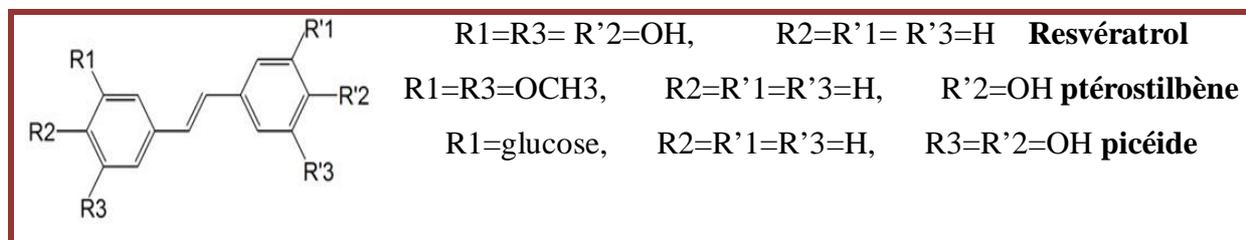


**Figure 10** : Quelques exemples d'acide phénolique (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

##### 3.1.2. Les stilbènes

Les stilbènes présentent deux noyaux aromatiques reliés par une double liaison, formant un système conjugué. Les stilbènes se trouvent en petites quantités dans l'alimentation humaine (Belkheiri, 2010). Ils sont généralement isolés des plantes sous formes

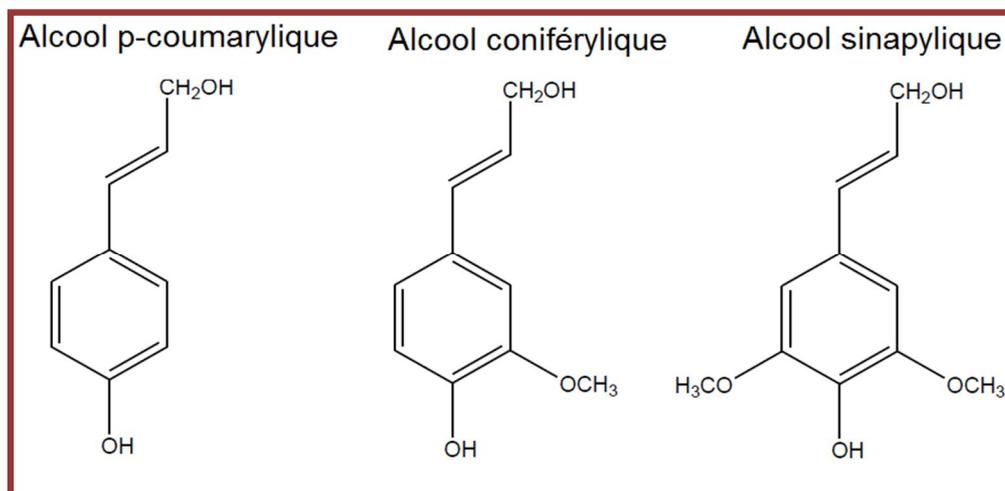
hydroxylés, méthylés, esterifiés, glycosylés ou même prenylés. Leur solubilité est négligeable dans l'eau et accrue dans la plupart des solvants organiques (Jean-Denis, 2005). Figure 11, illustre quelques exemples de stilbènes.



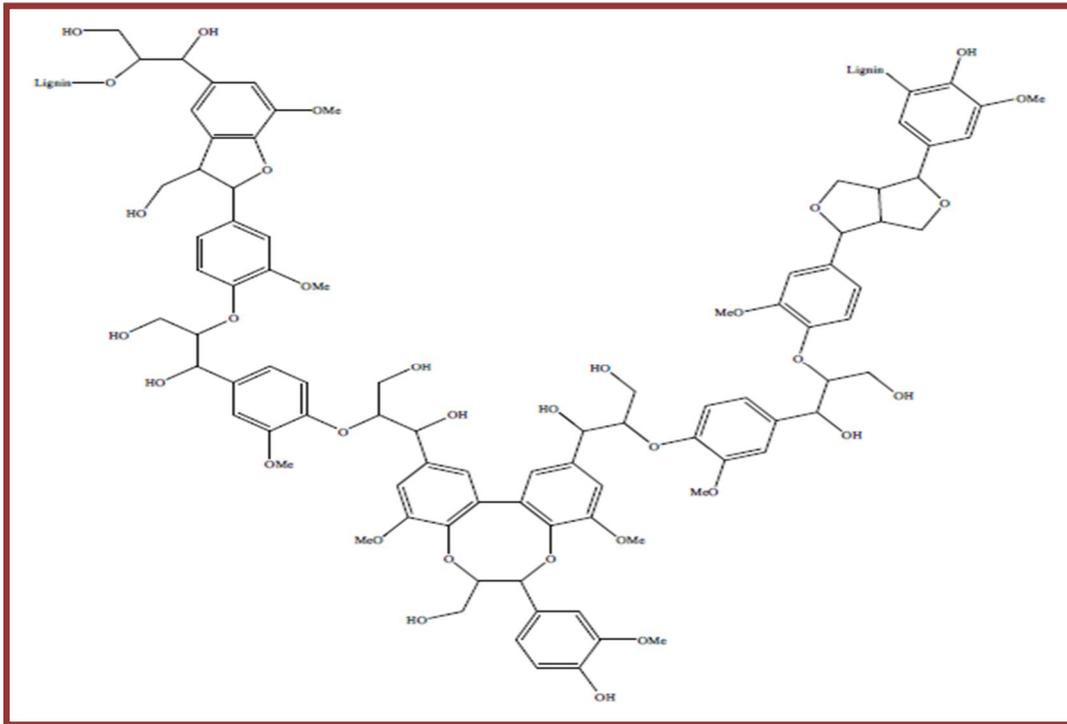
**Figure 11** : Quelques exemples des structures chimiques des stilbènes (Boubekri, 2014).

### 3.1.3. Les lignines

Hopkins (2003), explique que la lignine est un polymère fortement ramifié, formés par trois alcools phénoliques simples (Figure 12 et 13). Les alcools sont oxydés en radicaux libres par une enzyme ubiquiste chez les plantes ; la peroxydase. Les radicaux libres réagissent ensuite spontanément et au hasard pour former la lignine.



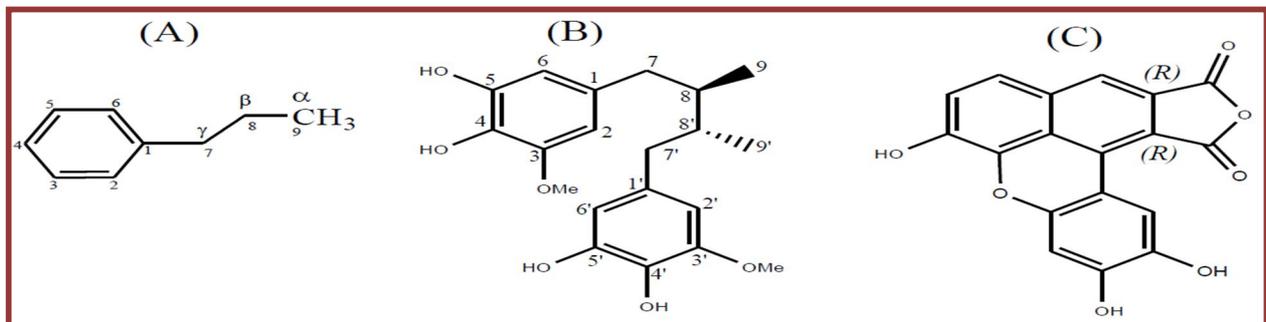
**Figure 12:** principaux constituants de la lignine (Hopkins, 2003).



**Figure 13:** Structure d'une lignine (Scalbert et Williamson, 2000).

### 3.1.4. Lignanes (C6-C3)<sub>2</sub>

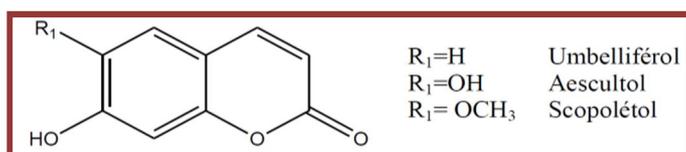
Les lignanes répondent à une représentation structurale de type (C6-C3)<sub>2</sub> l'unité (C6-C3) est considérée comme un propylbenzène. Ce sont des composés phénoliques bioactifs, non-nutritifs, non caloriques. On les trouve en plus forte concentration dans le lin et les graines de sésame et en faibles concentrations dans les fruits et les légumes (Peterson et al., 2010) (Figure 14).



**Figure 14 :** Exemples des structures chimiques des lignanes. (A) unité de phénylpropane C6-C3. (B) Sauriol A (lien  $\beta$ - $\beta'$ ). (C) rufescidride (Omar, 2010).

### 3.1.5. Coumarines C6-C3

Les coumarines sont des hétérocycles oxygénés ayant comme structure de base le benzo-2-pyrone (Lacy, 2004). Ce sont des composés phénoliques cyclisés (Figure 15) qui dérivent des acides *t*-cinnamique et *p*-coumarique pour la majorité d'entre eux (Boubekri, 2014). Les coumarines ont des effets différents sur le développement des plantes suivant leur concentration mais aussi suivant l'espèce. Dans la cellule, les coumarines sont principalement présentes sous forme glycosylée. Cette glycosylation serait une forme de stockage permettant d'éviter les effets toxiques des coumarines sur la cellule et la croissance (Hoffmann, 2003).



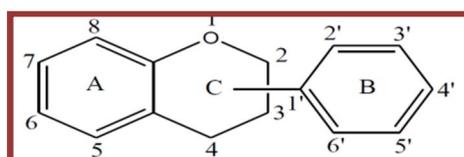
**Figure 15 :** Quelques exemples des structures chimiques des coumarines (Macheix et al., 2005).

### 3.2. Les flavonoïdes (C6-C3-C6)

Les flavonoïdes constituent le groupe le plus étudié, avec 5000 composés déjà décrits. Ils partagent la même structure générique « noyau flavan » qui se compose de deux noyaux benzéniques (A et B) reliés par un hétérocycle en C3, qui diffèrent selon la nature des flavonoïdes (Ribereau-Gayan, 1968).

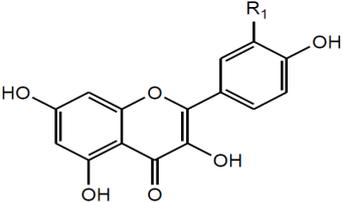
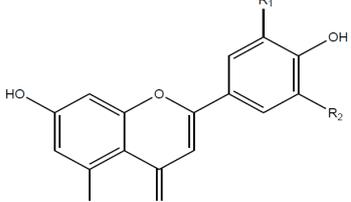
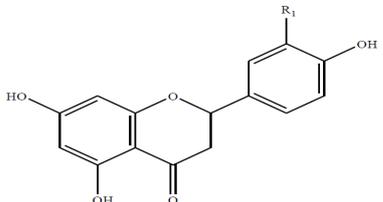
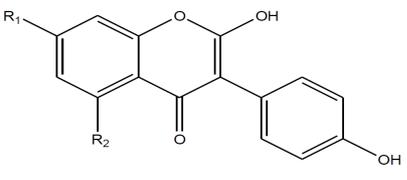
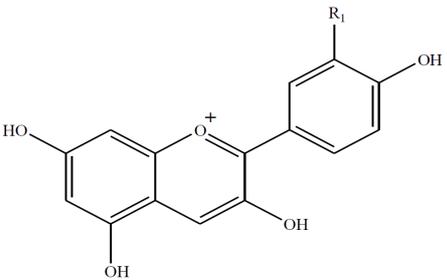
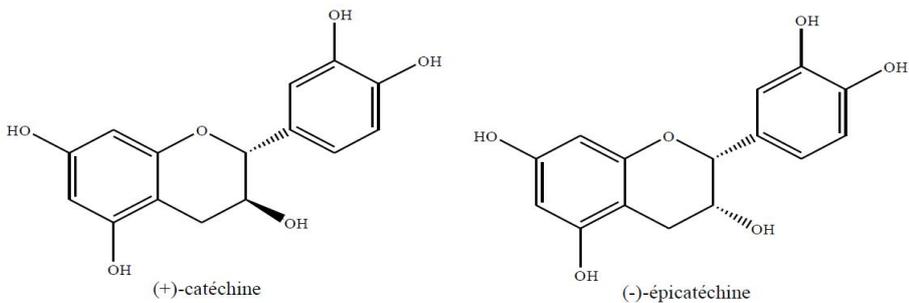
#### 3.2.1. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes (Figure 16) constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels qui sont quasiment universels chez les plantes vasculaires. Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange, et rouge de différents organes végétaux (Ghedira, 2005). Tous les flavonoïdes possèdent la même structure de base (C6-C3-C6), ils contiennent quinze atomes de carbone dans leur structure de base: deux cycles aromatiques A et B à six atomes de carbones liés avec une unité de trois atomes de carbone qui peut ou non être une partie d'un troisième cycle C (Tapas, 2008). Le tableau II, illustre les principales classes de flavonoïdes.



**Figure 16:** Structure de base des flavonoïdes (Dacosta, 2003).

**Tableau II** : Principales classes de flavonoides (Scalbert et Williamson, 2000).

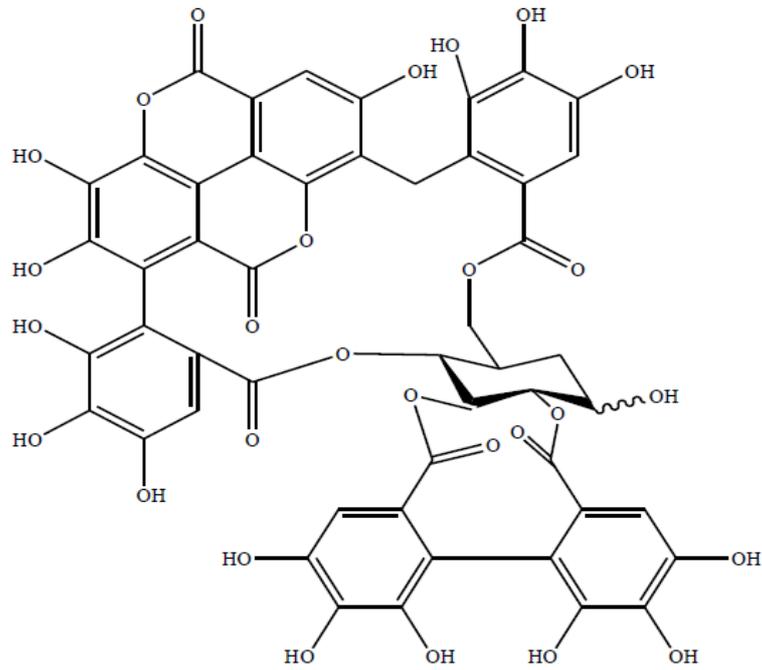
Classe de flavonoides et Structure	Exemple
<p>Flavonols</p> 	<p>R1=H Kaempférol                      R1= OH Quercétine                      R1=OCH3 Isorhamnétine</p>
<p>Flavones</p> 	<p>R1=R2=H Apigénine                      R1= OH , R2=H Lutéoline                      R1=R2= OCH3 Tricine</p>
<p>Flavanones</p> 	<p>R1=H Naringénine                      R1= OH Eriodictyol                      R1=OCH3 Héspératine</p>
<p>Isoflavones</p> 	<p>R1=OH, R2=OH Genisteine                      R1= OGlu, R2=H Daidzeine</p>
<p>Anthocyanes</p> 	
<p>Flavan-3-ols ou flavanols</p>  <p>(+)-catéchine                      (-)-épicatéchine</p>	

### 3.3. Les tanins

Les tanins sont des substances polyphénoliques de structures variées, ayant en commun la propriété de tanner la peau, c'est-à-dire de la rendre imputrescible. Ces substances ont en effet la propriété de se combiner aux protéines, ce qui explique leur pouvoir tannant. Très répandu dans le règne végétal ils peuvent exister dans divers organes, mais nous notons une accumulation plus particulièrement dans les tissus âgés ou d'origine pathologique. Ils sont localisés dans les vacuoles, quelques fois combinés aux protéines et aux alcaloïdes. Il existe deux types: les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Roux, 2007).

Les tanins (Figure 17) sont largement répandus dans les organismes végétaux et plus particulièrement dans les fruits, les graines de céréales et diverses boissons. Dans l'alimentation humaine, les sources les plus importantes de tannins sont le vin et le thé (Pénicaud, 2009).

Tanins hydrolysables



Tanins condensés

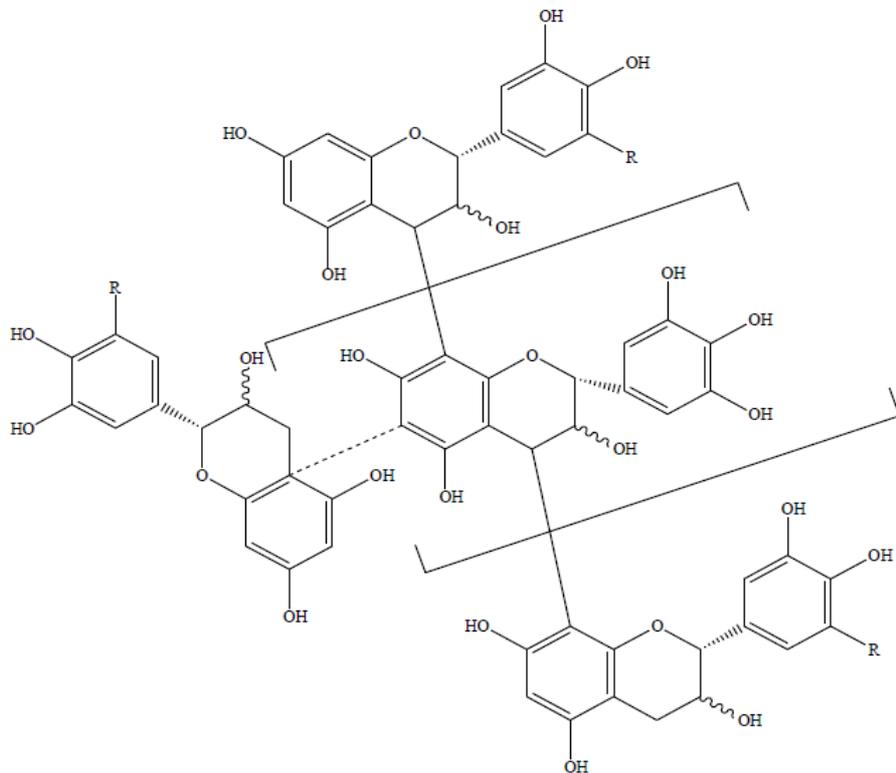


Figure 17 : structure de base des tanins (Roux, 2007).

### III. Généralité sur *Tribolium castaneum*

Pour *Tribolium castaneum*, nous nous intéresserons à la description de l'insecte, à sa position systématique ainsi que les principales denrées stockées dont il est ravageur.

#### 1. Description

Les larves sont mobiles et se nourrissent de la farine de blé tendre. Elles sont d'une teinte blanche mélangé avec du jaune et passent par 5 à 11 mues avant d'atteindre 5 mm à la fin de leur croissance (Figure 18, A). A la fin du dernier stade larvaire, les larves s'immobilisent, cessent de se nourrir et se transforment en nymphes immobiles (Figure 18, B). Ce processus s'étend sur 3 à 9 semaines. Les nymphes se retrouvent, nues, dans les mêmes aliments que les larves. Elles sont blanches au départ mais leur couleur s'assombrit graduellement avant de devenir adultes (Figure 18, C), ce qui a lieu 9 à 17 jours plus tard (Gueye et *al.*, 2015).

C'est un insecte appartenant à la famille des Ténébrionidae. L'adulte mesure de 3 à 4mm, de couleur uniformément brun rougeâtre. Il est étroit, allongé, à bord parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les 3 derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les suivants. Contrairement à *T. confusum*, le chaperon ne dépasse pas l'œil latéralement. La larve mesure 6mm, environ 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes. La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres (Camara, 2009).



**Figure18** : Larve (A), Nymphe (B) et Adulte (C) de *T. castaneum*(Gueye et *al.*, 2015).

## 2. Longévité

La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois suivant les conditions abiotiques. Dès l'âge de trois jours, la femelle pond quotidiennement une dizaine d'œufs qui, vers 30°C, éclosent au bout de cinq jours. Les œufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler. Les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sans cocon. La vie larvaire dure à peu près trois semaines et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation. C'est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32 et 33 C°, son développement cessant au-dessous de 22 C° et qui résiste très bien aux basses hygrométries. La femelle pond entre 500 et 800 œufs. La durée du cycle dure environ un mois. Adultes et larves sont capables de cannibalisme vis-à-vis des œufs et des nymphes. Ils peuvent se nourrir de champignons qui pourraient envahir le stock et d'une infinie variété de matières végétales sèches et sont toujours présents dans les stocks (Camara, 2009).

## 3. Systématique de *Tribolium castaneum*

**Règne :** Animalia

**Embranchement :** Arthropoda

**Classe :** Insecta

**Ordre :** Coleoptera

**Super-famille :** Tenebrionoidea

**Famille :** Tenebrionidae

**Genre :** *Tribolium*

**Espèce :** *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)

## 4. Dégâts causés par *Tribolium castaneum*

C'est un insecte cosmopolite, qui affectionne les farines dans lesquelles il creuse des galeries. Il leur communique une teinte brunâtre et une odeur âcre et rend la panification difficile. Sur les graines d'arachide, *Tribolium castaneum* provoque un accroissement notable de la teneur en acides gras libres dans l'huile qui en est extraite et s'attaque au riz, blé, son et farine de riz et de blé, maïs, orge, sorgho, millet, manioc, tapioca et farine de manioc, sagou, igname, fruits séchés, toutes légumineuses, sous forme de farine, arachide, coprah, graines de coton, ricin, cabosses de cacao, chocolat, noix de muscade, poivre, gingembre, insectes en collection... (Camara, 2009).

# **Chapitre II :**

## **Matériels et méthodes**

## 1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé provient d'un verger oléicole situé dans la commune de M'kira, Tizi-Ouzou.

### 1.1. Site d'échantillonnage

La station d'échantillonnage se situe à 1 km du village d'Imaanden. Ce dernier s'éloigne de 3.3 km de la commune de M'kira.

Le chef-lieu de la commune de M'kira se trouve à 8.1 Km de la Daïra de Tizi-Ghenif qui se situe au Sud-Ouest de la Wilaya de Tizi-Ouzou, et est distante de celle-ci de 48.6 km (Figure 19).

Les données climatologiques de cette région indiquent que les précipitations annuelles sont de l'ordre de 873mm. Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 3 mm. Avec une moyenne de 146 mm, c'est le mois de Décembre qui enregistre le plus haut taux de précipitations.

Quant à la température, Au mois d'Aout, la température moyenne est de 26.1 °C. Aout est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Avec une température moyenne de 8.2 °C, le mois de Janvier est le plus froid de l'année

### 1.2. Géolocalisation des sites d'échantillonnage



Figure 19 : Géolocalisation de la commune d'étude.

### 1.3. Méthodes d'échantillonnage

Afin d'effectuer notre échantillonnage, nous avons utilisé un carré d'échantillonnage de 1m au sein duquel nous avons prélevé 5 individus au hasard à raison d'un individu par mètre carré.

Les populations de *Lavandula stoechas* ne colonisent pas tout leur milieu. En effet, elles se retrouvent dispersées sous forme de groupes de 3 à 4 individus. Ainsi, nous avons considéré chaque groupe comme étant un groupe d'échantillonnage sur lequel nous avons prélevé un individu.

La figure 20 illustre les échantillons que nous avons choisi après avoir tenu compte de l'homogénéité des conditions pédoclimatiques (degré d'ensoleillement, le même périmètre, sol identique...). L'échantillonnage a été effectué le 27 février 2016.

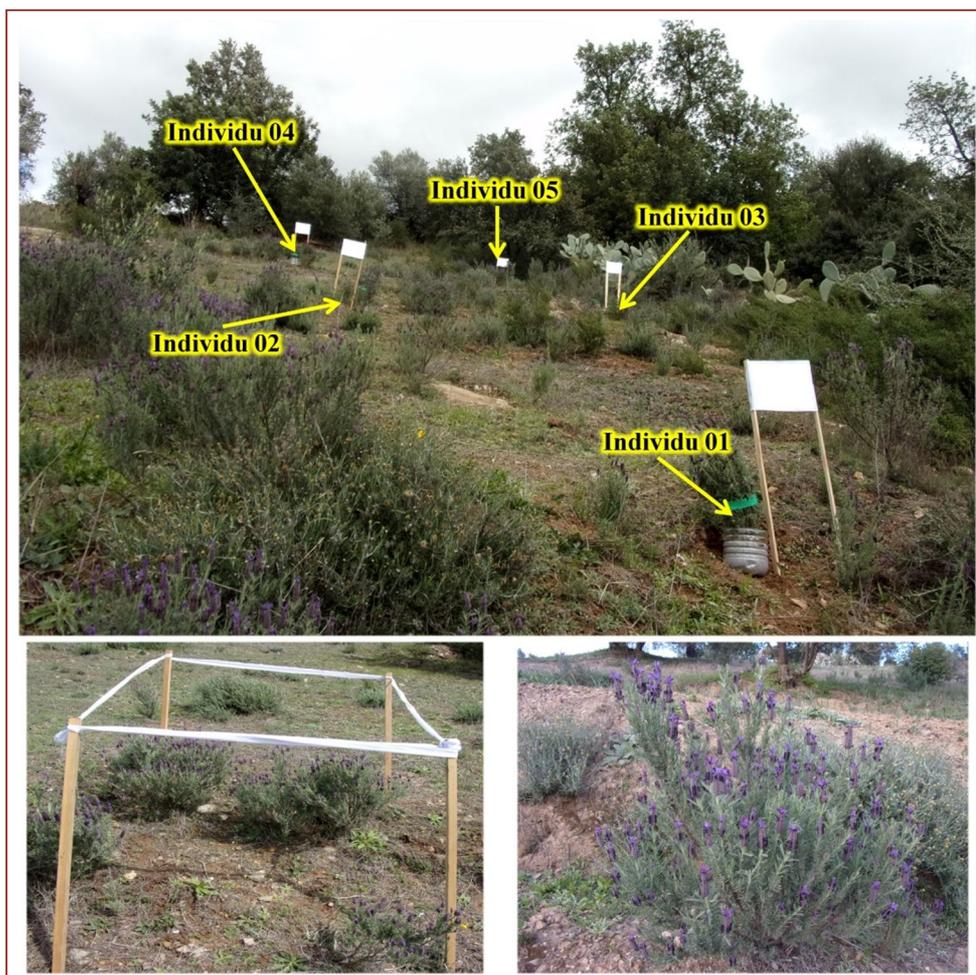


Figure 20 : Méthode d'échantillonnage.

#### 1.4. Procédé d'échantillonnage

Après avoir placé le carré d'échantillonnage, nous avons attaché l'individu avec un ruban en tissu pour éviter toutes blessures, perte de feuilles et aussi pour faciliter le prélèvement. Nous avons ensuite, extrait l'individu de la racine et nous l'avons repiqué dans un pot contenant la terre rhizosphérique de l'individu en question. Chaque prélevé est étiqueté et placé dans un sac en plastique pour le garder au frais.



**Figure 21** : Procédé de prélèvement des échantillons.

- 1 : disposition du carré d'échantillonnage autour des individus choisis;
- 2 : protection des individus avec un ruban en tissu ;
- 3 : prélèvement des individus depuis la racine ;
- 4: dépôt des individus dans des pots en plastique étiqueté contenant de la terre rhizosphérique.

### 1.5. Préparation du matériel végétal

Arrivés au laboratoire, nous avons effeuillé et défleurie les individus un par un. Les fleurs et les feuilles obtenues ont été pesées (la pesée a été réalisée le 28-02-2016) et séchées à l'air libre, ce qui permet d'éliminer l'eau sans les abimer. Après une semaine de séchage, les feuilles et les fleurs sont broyées à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre obtenue fut pesée puis placée dans des bocaux bien fermés à l'abri de l'humidité.



Figure 22 : Méthode de préparation du matériel végétal.

### 1.6. Teneur en eau des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas*

La pesée du poids frais et sec des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* nous a permis de calculer leur teneur en eau (T) en pourcentage en utilisant la formule suivante :

$$T \left( \frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \left( 1 - \frac{\text{masse de la matière sèche}}{\text{masse de la matière fraîche}} \right) \times 100$$

## 2. Extraction des trois classes des polyphénols

La technique utilisée consiste à extraire trois classes de flavonoïdes à partir du matériel végétal : les C-glycosides, les Anthocyanes et les Aglycones flavonique. Cette technique a été mise au point par Bate-Smith (1954), reprise par Lebreton (1967) puis par Jay *et al.*(1975) et enfin améliorée par Laracine (1989).

La technique d'hydrolyse acide à chaud de la poudre végétale permet d'extraire et de séparer les flavonoïdes car la liaison C-O-C des O-glycosyl-flavonoïdes est très fragile et se rompt à l'hydrolyse acide en libérant les aglycones ; par contre la liaison C-C des C-glycosyl-flavonoïdes est très résistante à ce type d'hydrolyse. Ce qui permet d'obtenir deux types de composés :

- Une fraction d'aglycones et d'acides phénols par l'extraction préliminaire à l'éther diéthylique.
- Une fraction de C-glycosides et d'anthocyanes récupérée par l'extraction au n-butanol.

Nous avons pesé 0.5 g de matériel végétal sec (M.V.S) que nous avons hydrolysés par 40 mL d'HCl (2N) au bain marie bouillant pendant 40min avec insufflation d'air toutes les 10mn, l'oxygène permet l'oxydation des pro-anthocyanidines en anthocyanidines correspondantes.

Après hydrolyse, nous avons additionné au mélange 2 fois 30 mL d'éther diéthylique. Le tout est filtré puis placé dans une ampoule à décanter.

A chaque extraction deux phases apparaissent, l'une supérieure dite épiphase et l'autre inférieure dite hypophase :

- **Epiphase étherée** : De couleur jaune verdâtre, elle contient les aglycones (flavones et flavonols) et les acides phénols.

Après chaque extraction, elle est récupérée dans un bécher puis évaporée à l'air libre. Le

résidu sec est repris dans 10mL de méthanol dont le volume est ensuite mesuré. Afin de conserver l'extrait, il est placé au frais (4°C) et à l'abri de la lumière avant d'être soumis à une analyse quantitative par spectrophotométrie UV-visible.

- **Hypophase acide :** De couleur rougeâtre ou brunâtre (en fonction de la teneur en anthocyanes) contient à la fois les anthocyanes, les C-glycosides et les oses simples. Nous avons mesuré le volume de cette phase puis nous l'avons additionnée à 35 mL de n-butanol puis nous l'avons remise dans une ampoule à décanter. Le n-butanol forme dans l'hypophase une épiphase rougeâtre butanolique qui correspond au C-glucosides. Les étapes de l'extraction sont résumées dans la figure 24 ci-dessous.

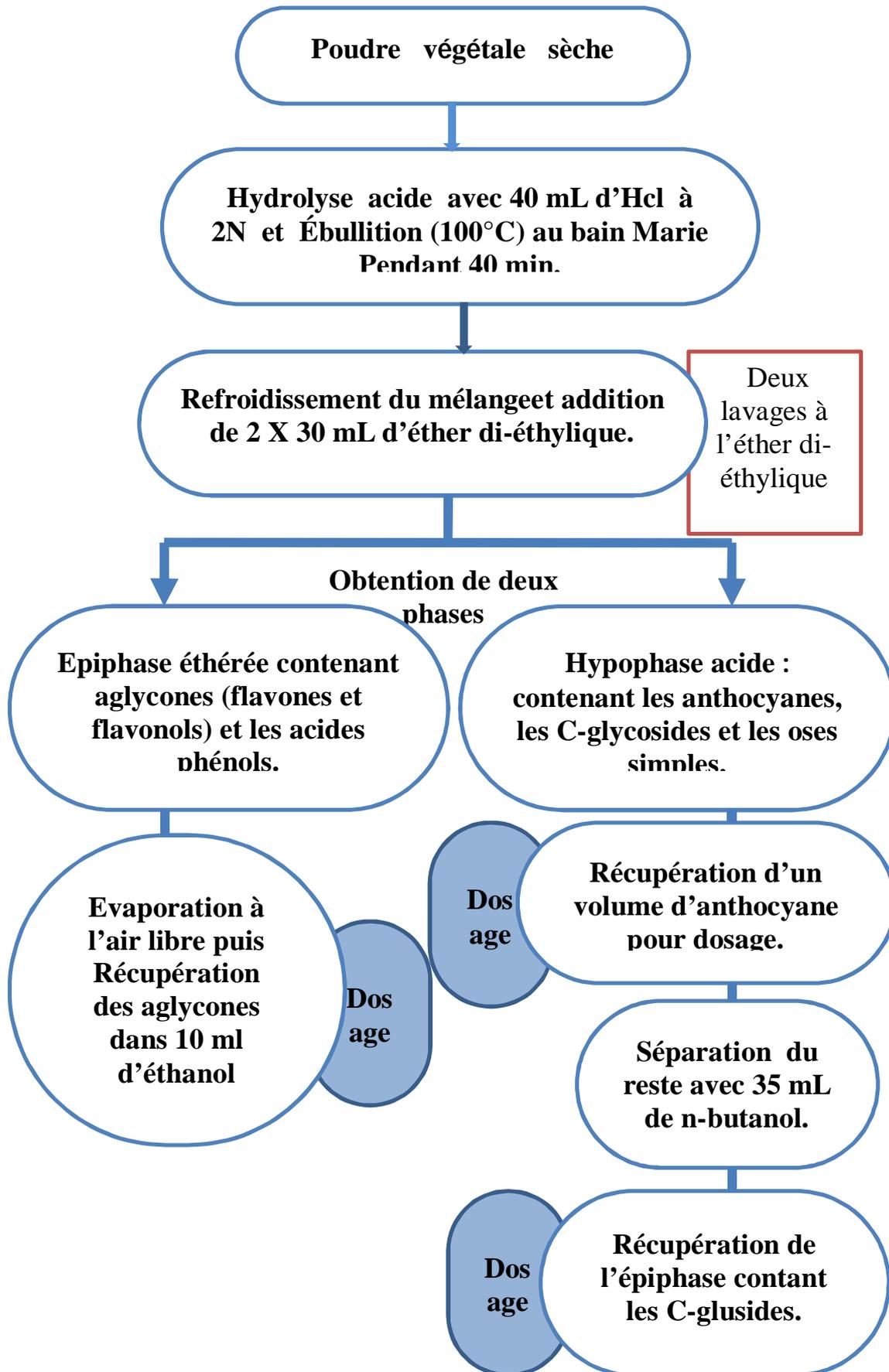


Figure 23: Protocole d'extraction des polyphénols par hydrolyse acide et à chaud.

### 3. Dosage des trois classes de polyphénols

Nous avons utilisé la méthode de colorimétrie qui est basée sur la propriété de certains composés dont l'absorbance de la lumière est forte à des longueurs d'ondes spécifiques dans le spectrophotomètre UV-visible (Plummer, 1989).

Cette quantification permet de réaliser des dosages grâce à la loi de Beer Lambert dont le principe est le suivant: lorsqu'une lumière d'intensité  $I_0$  passe à travers une solution, une partie de celle-ci est absorbée par le(s) soluté(s). L'intensité  $I$  de la lumière transmise est donc inférieure à  $I_0$ . L'absorbance de la solution est définie comme suit :

$$A = \log_{10} \left( \frac{I_0}{I} \right)$$

Pour ce faire nous nous sommes intéressés à différentes classes de polyphénols à savoir les pro-anthocyanes, les C-glycosides et les aglycones flavoniques.

#### 3.1. Dosage des proanthocyanes

La lecture des densités optiques des extraits s'établit par spectrophotométrie à 520nm juste après extraction car elle se dégrade rapidement à la lumière. La teneur absolue en anthocyanes est calculée par la formule suivante dont le coefficient correctif, est égale à 6 (Lebreton *et al.*, 1967).

$$T \text{ (mg/g)} = 5,2 \times 10^{-2} \times DO \times V \times \frac{d}{p}$$

DO : densité optique

V : volume de la phase méthanoïque

d : facteur de dilution

p : poids sec du matériel végétal hydrolysé

$5,2 \times 10^{-2}$ : constant

#### 3.2. Dosage des C-glycosylflavones

La lecture des densités optiques des extraits s'établit également par spectrophotométrie à 340nm et la teneur absolue est exprimée en Orientine et calculée par la formule suivante :

$$T \text{ (mg/g)} = 2,37 \times 10^{-2} \times DO \times V \times \frac{d}{p}$$

DO : densité optique

V : volume de la phase méthanoïque

d : facteur de dilution

p : poids sec du matériel végétal hydrolysé

$2,37 \times 10^{-2}$  : constant

### 3.3. Dosage des aglycones flavoniques

A partir du résidu sec éthéré repris dans de l'éthanol à 95°, après réaction pendant 15min, la lecture des aglycones se fera entre 400 et 435nm au spectrophotomètre.

Concernant le dosage des Aglycones flavoniques (420nm) et des flavonols (435nm), la formule utilisée est la suivante :

$$T(\text{mg/g}) = 1.3 \times 10^{-2} \times \text{DO} \times V \times \frac{d}{p}$$

DO : densité optique

V : volume de la solution éthanolique

d : facteur de dilution

p : poids sec du matériel végétal hydrolysé en g

$1.3 \times 10^{-2}$  : constant

### 4. Activité insecticide des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* L.

Afin d'évaluer l'activité insecticide dans les conditions de laboratoire, nous avons utilisé la poudre des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* sur un des ravageurs des denrées stockées qui est *Tribolium castaneum*. Pour ce faire nous nous sommes appuyés sur la méthode décrite par Ahmed Mohammed Al-Ghamdi et Su-Chee (2013) légèrement modifié car nous n'avons pas eu de résultats avec les doses données par Ahmed Mohammed Al-Ghamdi et Su-Chee (2013) c'est pour ça nous avons augmenté les doses. En effet, nous avons introduit de la farine de blé tendre dans des bocaux en verre contenant au préalable des adultes de *T. castaneum* et Ces derniers sont prélevés aléatoirement.

Ce bio-test par contact est réalisé en mélangeant 30 g de farine de blé tendre avec différentes quantités de poudre de feuilles et de fleurs de *Lavandula stoechas* et nous avons met ce mélange dans des bocaux en verre. Les doses additionnées au blé tendre sont de 2, 4, 8, 10 et 12 g. Un bocal témoin ne contient que le blé tendre. Nous avons introduit 10 individus adultes de *T. castaneum* dans chaque bocal. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque dose. Après 40 jours de traitement nous avons comparé le taux de mortalité dans chaque dose à celui de témoin. Les insectes morts sont éliminés du bocal après chaque comptage.

## 5. Analyses statistiques

Afin d'évaluer les résultats obtenus pour chaque paramètre étudié, nous avons fait appel à un test statistique en utilisant le logiciel STATISTICA (version 10).

Dans un premier temps, nous avons voulu comparer les résultats obtenus dans notre station et ce, pour chaque partie de la plante. Le test statistique vise à savoir si la différence entre les deux parties de la plante est statistiquement significative ou pas.

Dans la mesure où la comparaison se fait entre deux parties différentes dont les effectifs sont identiques et n'excèdent pas les 30 individus chacune, nous avons utilisé le test de STUDENT indépendant et la p-value obtenue est comparée à un seuil de signification  $\alpha=0,05$ .

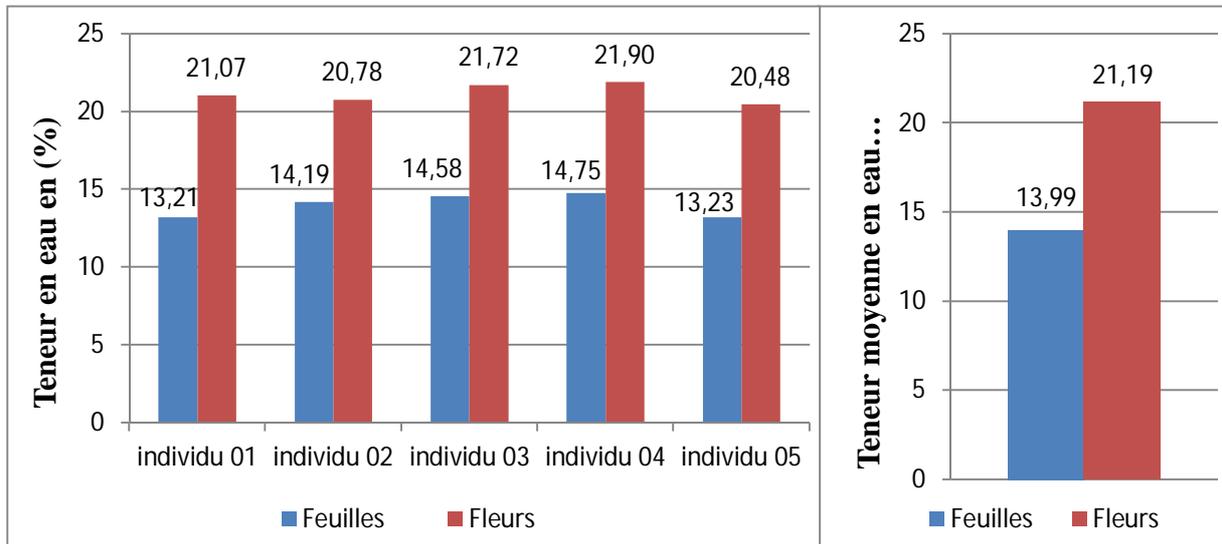
Notre hypothèse nulle est qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux parties si  $p\text{-value} > \alpha=0,05$ . Dans le cas contraire, si :  $p\text{-value} < \alpha=0,05$  ; la différence entre les deux stations sera statistiquement significative.

Dans un second lieu, nous avons voulu vérifier s'il y avait une différence statistiquement significative entre les résultats de l'activité insecticide des feuilles et des fleurs sur les adultes de *Tribolium castaneum*. Dans ce cas nous avons aussi effectué un test de STUDENT indépendant vu que pour chaque partie de la plante l'effectif est le même et ne dépasse pas les 30 individus. Notre hypothèse nulle est qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les feuilles et les fleurs, si :  $p\text{-value} > \alpha=0,05$ . Dans le cas contraire, si  $p\text{-value} < \alpha = 0,05$  la différence entre les deux parties de la plante sera statistiquement significative.

**Chapitre III :**  
**Résultats et discussion**

### 1. Teneur en eau des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas*

Les pesées de la matière fraîche et sèche ont permis de calculer la teneur en eau contenue dans les feuilles et les fleurs de *Lavandula stoechas* et la figure 24 résume les teneurs en pourcentage.



**Figure 24:** Teneur en eau des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas*.

Dans la figure 24 nous avons consigné les teneurs en eau au niveau des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* et nous remarquons que les teneurs sont comprises entre 13.21 et 14.75 % pour les feuilles et entre 20.48 et 21.90% pour les fleurs.

Par ailleurs les moyennes globales montrent qu'il y a une différence entre les feuilles et fleurs avec des valeurs respectives de  $13.99 \pm 0.73$  et  $21.19 \pm 0.61$  %.

La comparaison des résultats de la teneur en eau obtenus à partir des feuilles et des fleurs par le logiciel STATISTICA a révélé une p-value de  $1.52 \times 10^{-7}$ , soit une valeur inférieure au seuil d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci indique qu'il y a une différence statistiquement significative entre la teneur en eau de feuilles et celle des fleurs.

Une récente étude menée par Mammari (2015), qui porte sur la teneur en eau des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* issues de deux stations, révèle des moyennes de 17.47 et 7.60% respectivement pour les fleurs et les feuilles d'une première station et 16.90 et 8.78% respectivement pour les fleurs et les feuilles d'une deuxième station. Ces résultats sont bien inférieurs aux nôtres que nous avons cités précédemment.

## 1. Teneur absolue des trois classes de flavonoïdes : Aglycones, Anthocyanes et C-Glucosides

L'extraction des polyphénols par hydrolyse acide et à chaud a permis d'obtenir trois classes de flavonoïdes qui sont : Aglycones, Anthocyanes et les C-Glucosides.

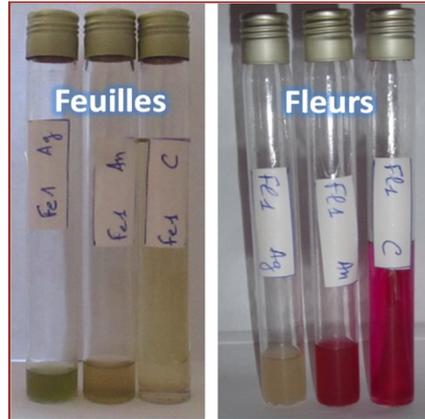


Figure 25 : Extraits des trois classes phénoliques.

Les résultats obtenus par les différents tests effectués sur les feuilles et les fleurs de *Lavandula stoechas* sont cités ci-dessous.

### 2.1. Teneur absolue en Aglycones

Les densités optiques des extraits d'aglycones a permis de calculer la teneur absolue en aglycones. Les résultats sont exprimés en milligramme par gramme (mg/g) et sont résumé dans la figure 26.

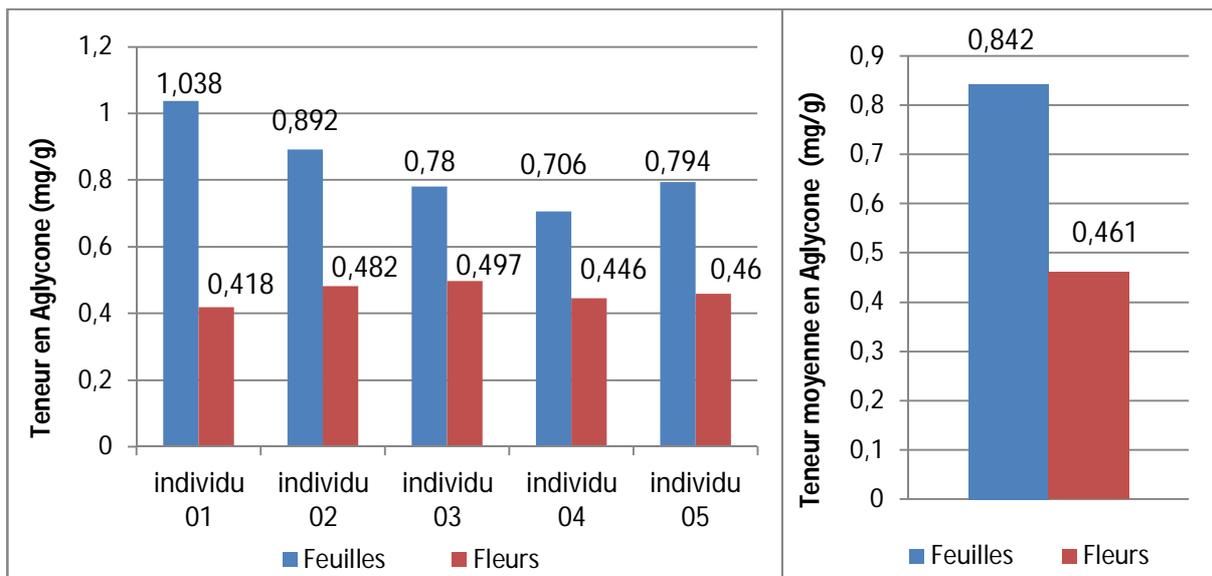


Figure 26 : Moyenne  $\pm$  écart type de la teneur en Aglycones des fleurs et des feuilles de *Lavandula stoechas*.

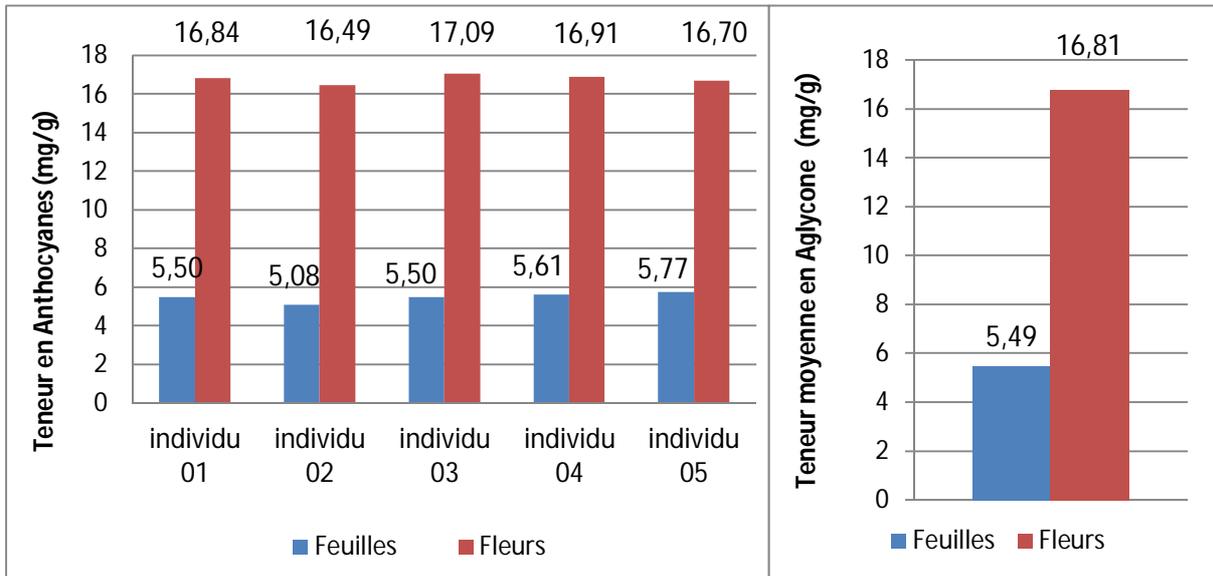
La figure 26 présente un histogramme facilitant la comparaison des teneurs en aglycones entre les individus échantillonnés ainsi que les différentes parties de la plante. En effet, nous remarquons des valeurs comprises entre 0.794 et 1.038 mg/g d'aglycones dans les feuilles contre un intervalle compris entre 0.418 et 0.497 mg/g dans les fleurs.

Par ailleurs, les moyennes globales des deux parties de la plantes indiquent des valeurs de  $0,842 \pm 0,122$  mg/g pour les feuilles et de  $0,461 \pm 0,031$  mg/g pour les fleurs.

La comparaison des résultats de la teneur en Aglycones obtenus à partir des feuilles et des fleurs par le logiciel STATISTICA a révélé une p-value de  $2.65 \times 10^{-12}$ , soit une valeur inférieur au seuil d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ceci indique qu'il y a une différence statistiquement significative entre la teneur en Aglycones de feuilles et celle des fleurs.

## 2.2. Teneur absolue en Anthocyanes

Les résultats du calcul de la teneur absolue en anthocyane obtenue grâce aux densités optiques des extraits sont exprimés en milligramme par gramme (mg/g) et sont résumés dans la figure 27 ci-dessous.



**Figure 27:** Moyenne  $\pm$  écart type de la teneur en Anthocyanes des fleurs et des feuilles de *Lavandula stoechas*.

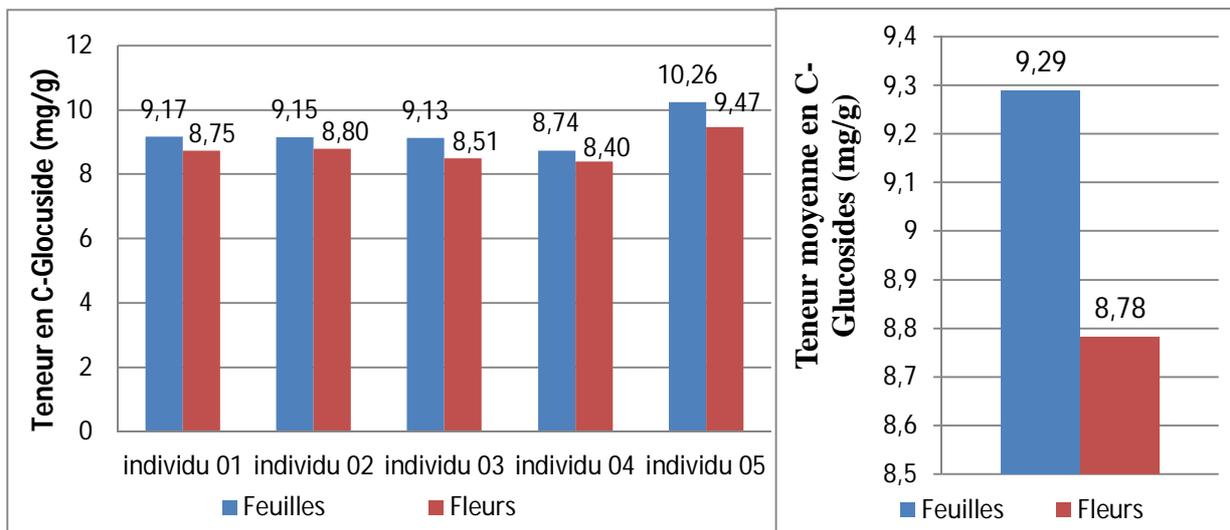
La figure 27 révèle que les teneurs en anthocyanes présents dans les feuilles sont comprises entre 5.08 et 5.77 mg/g au moment où elles sont comprises entre 16.49 et 17.09 mg/g pour les fleurs.

Il apparait qu'il y a une différence entre les moyennes globales de la teneur en Anthocyanes obtenues à partir des feuilles et des fleurs qui sont respectivement de 5.49 et 16.81 mg/g.

En effet, l'analyse statistique a prouvé qu'il y avait une différence significative entre la teneur en Anthocyanes des feuilles et celle des fleurs, et ce, avec une p-value calculé d'une valeur de  $1.21 \times 10^{-12}$  et qui est inférieur au seuil d'erreur  $\alpha = 0.05$ .

### 2.3. Teneur absolue en C-Glucoside

Les densités optiques des extraits d'anthocyanes a permis de calculer la teneur absolue en aglycones. Les résultats sont exprimés en milligramme par gramme (mg/g) et sont résumé dans la figure 28.



**Figure 28:** Moyenne  $\pm$  écart type de la teneur en C-Glucosides des fleurs et des feuilles de *Lavandula stoechas*.

Envue de la figure 28 nous notons que les valeurs des teneurs en C-Glucosides sont comprises entre 8.98 et 9.23 mg/g au niveau des feuilles et de 8.40 et 9.47 mg/g dans les fleurs.

En comparant les moyennes globales des feuilles et des fleurs nous remarquons que les valeurs sont plus en moins proches et elles sont de  $9.29 \pm 0,07$  et  $8.78 \pm 0,108$  mg/g respectivement pour les feuilles et les fleurs.

Après l'analyse statistique, en comparant les résultats de la teneur en C-Glucosides obtenus à partir des feuilles et des fleurs, le logiciel STATISTICA a révélé une p-value de 0.0068 qui est une valeur inférieure au seuil d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ce qui indique une différence statistiquement significative entre la teneur en C-Glucosides de feuilles et celle des fleurs.

Une récente étude menée par N'Guessan *et al.* (2011), qui visait à étudier les teneurs en composés phénoliques de 10 plantes médicinales dont les feuilles de *Solenostemon monostachyus* et *Ocimum gratissimum*, a révélé des valeurs respectives de  $0.06 \pm 0.09$  et  $0.73 \pm 0.17$  mg/g en ce qui concerne les Aglycones.

Cette même étude a également abouti à des valeurs de 0.12 et 0.18 mg/g d'Anthocyanes respectivement pour les feuilles de *Solenostemon monostachyus* et *Ocimum gratissimum*. Ces résultats sont bien inférieurs à nos résultats cités précédemment.

### 3. Taux de mortalité des insectes traités avec la poudre de feuilles et de fleurs de *Lavandula stoechas*

Le bio-test par contact effectué a permis de tracer la figure 29 qui regroupe le détail des résultats obtenus, les moyennes  $\pm$  l'écart types ainsi que l'expression des moyennes en pourcentage et ce, après 40 jours d'exposition de l'insecte à la poudre des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas*.

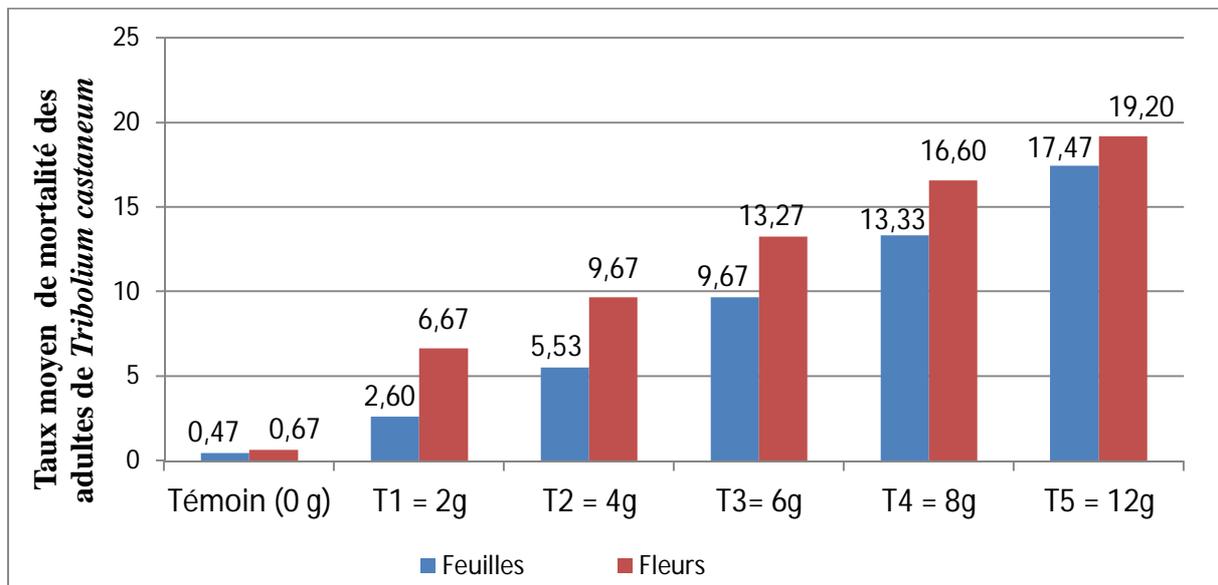


Figure 29 : Taux moyen de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*.

La figure 29 présente le taux moyen de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* traités par différentes doses de poudres de *Lavandula stoechas* pendant 40 jours. Les résultats obtenus nous montrent que la dose 12g est celle qui cause un taux élevé de mortalité des insectes traités à la fois avec la poudre de feuilles et la poudre des fleurs. Ce taux est de 87.33 et 96.00% respectivement pour les feuilles et les fleurs contre un lot témoin qui montre une mortalité moyenne et naturelle d'environ 0.5%.

En comparant les résultats obtenus nous notons que le taux de mortalité est compris entre 0.57 et 17.47% pour les feuilles et de 0.77 et 19.20% pour les fleurs.

L'analyse statistique, en comparant le taux de mortalité de *Tribolium castaneum* traités avec la poudre de feuilles et des fleurs a révélé une p-value de 0.478 qui est une valeur supérieur au seuil d'erreur  $\alpha = 0,05$ . Ce qui indique il y a pas une différence statistiquement significative entre le taux de mortalité chez les éléments traités avec la poudre de feuilles et ceux traités avec la poudre de fleurs.

Nos résultats ne concordent pas avec ceux retrouvés dans la bibliographie. En effet, une récente étude effectuée par Ahmed Mohammed Al-GhamdietSu-Chee (2013) sur l'activité insecticide de 1.5g de la poudre de feuille d'*Ocimum basilicum* sur *Tribolium castaneum*, a montré un taux de mortalité atteignant  $1.6 \pm 0.7$  % au bout de 14 jours.

# Conclusion

L'extraction par la méthode d'hydrolyse acide et à chaud nous a permis d'obtenir trois classes de flavonoïdes et le dosage de ces classes par différents solvants à savoir l'HCl, le n-Butanol et l'éthanol a permis de révéler la présence d'Aglycones, d'anthocyane et de C-Glucosides avec des teneurs respectives de  $0.842 \pm 0.122$ ;  $5.491 \pm 0.267$  et  $9.289 \pm 0.070$  pour les feuilles ainsi que des valeurs respectives de  $0.461 \pm 0.031$ ;  $16.805 \pm 0.240$  et  $8.783 \pm 0.108$  pour les fleurs.

Et puis, la pesée de la matière fraîche et de la matière sèche a permis de calculer la teneur relative en eau contenues dans les feuilles et les fleurs de *Lavandula stoechas*. Les résultats obtenus montrent des teneurs de  $13.99 \pm 0.73$  et  $21.19 \pm 0.61$  respectivement pour les feuilles et les fleurs.

En outre, l'évaluation de l'activité insecticides de la poudre de feuilles et de fleurs a permis d'affirmer que la Lavande possède des vertus insectifuge à l'encontre des adultes de *Tribolium castaneum* qui est un insecte ravageur des denrées stockées. En effet, après 40 jours de traitement, le bio-test par contact a révélé un taux de mortalité de 87.33 % et de 96.00 % respectivement pour 12g de la poudre de feuilles et de fleurs de *Lavandula stoechas*.

Après les expérimentations effectuées et les résultats obtenus, nous pouvons affirmer que les substances naturelles pouvaient être une alternative sérieuse à l'usage des pesticides de synthèse. Ces substances naturelles peuvent ainsi être utilisées dans le contrôle des bio-agresseurs dans les espaces de stockage et d'entrepôt de denrées alimentaires.

La multitude de composés contenus dans les différentes parties de la Lavande fait de celle-ci un élément important dans la consommation de l'homme. Toutefois il serait intéressant de :

- Augmenter l'échantillonnage et l'étendre à différentes localités et augmenter le nombre d'individus afin d'avoir des résultats plus fiables ;
- Optimiser et améliorer le protocole d'extraction des classes de polyphénols afin d'augmenter le rendement ;

## Conclusion

---

- Réaliser une étude biochimique complète en utilisant l'HPLC, CPG, et la spectroscopie à UV-visible afin d'avoir une connaissance qualitative et quantitative de la composition en polyphénols contenue dans les différentes parties de la plante ;
- Evaluer l'activité antimicrobienne des classes de polyphénols étudiées sur une gamme de bactérie afin de déterminer la présence d'une éventuelle activité antimicrobienne ;
- Effectuer des tests sur les denrées alimentaires traitées afin de déterminer si l'application de ces plantes pouvait provoquer des modifications des caractéristiques organoleptiques des aliments.

# **Références bibliographiques**

- **Ahmed Mohammed Al-Ghamdi A., Su-Chee w. 2013.** Potential of *Ocimumbasilicum* L. and *Pandanu stectorius* Parkinson from the ecology of Al-Makhwah, Saudi Arabia in controlling Sitophilusoryzae (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Life Science Journal*. Volume 10, n°4: 2996–3000.
- **Bahorun T., 1997.** Substances naturelles actives : La flore mauricienne, une source d’approvisionnement potentielle. *Food and Agricultural Research Council*. 83 – 94.
- **Bate-Smith, 1954.** Flavonoid Compounds in Foods. *Advances in Food Research*. Volume 05: 261 – 300.
- **Battandier J.A., 1888.** Flore de l’Algérie, ancienne flore d’Alger transformée, Dicotylédones. Edition Adolphe Jourdan. Alger. 666p.
- **Benabdelkader T., 2012.** Biodiversité, bioactivité et biosynthèse de composés terpéniques volatiles des lavandes ailées, *Lavandula stoechas* Sensu Lato, un complexe d’espèces Méditerranéennes d’intérêt pharmacologique. Thèse de Doctorat, ENS Koubaen Algérie et Université Jean-Monnet de Saint-Etienne. France. 204 p.
- **Boeckelmann A., 2008.** Monoterpene production and regulation in Lavenders (*Lavandula angustifolia* and *Lavandula x intermedia*). A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in The College of Graduate Studies Interdisciplinary Graduate Studies. 73p.
- **Boelens M.H., 1995.** Chemical and sensory evaluation of *Lavandula* Oils. Perfume and flavorist. Volume 20:23–51.
- **Boubekri C., 2014.** Etude de l’activité antioxydante des polyphénols extraits de par des techniques électrochimiques. Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider en Biskra. Algérie. 158 p.
- **Buchbauer G., Jirovetz L., Buchbauer G., Jirovetz L., Jäger W., Dietrich H. et Plank C., 1991.** Aromatherapy: evidence for sedative effects of the essential oil of lavender after inhalation. *Zeitschriftfür Naturforschung C*. Volume 46: 1067 – 1072.
- **Camara A., 2009.** Lutte contre Sitophilusoryzae L. (coleoptera: curculionidae) et *Tribolium castaneum herbst* (coleoptera: tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d’étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l’utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse de Doctorat en sciences de l’environnement à l’Université Du Québec À Montréal, Canada. 126 p.
- **Cavanagh H.M.A., et Wilkinson J.M., 2002.** Biological activities of lavender essential oil. *Phytotherapy Research*. Volume 16: 301–308.
- **Chase M.W. et Reveal J.L., 2009.** A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. Botany, *Journal of Linnean Society*. Volume 161: 122–127.
- **Chase M.W. et Reveal J.L., 2009.** A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. Botany, *Journal of Linnean Society*. Volume 161: 122–127.
- **Chaytor D.A., 1937.** A taxonomic study of the genus *Lavandula*. *Journal of Linnean Society of London, Botany*. Volume: 53: 153 – 204.
- **Cheynier V., 2005.** Polyphenols in food are more complex than often thought. *American journal of Clinical Nutrition*. Volume 81: 223S – 229S.
- **Chevalier A., 2001.** Encyclopédie des plantes médicinales. Edition Larousse. France. 110p.

- **Couderc-Le-Vaillant M., Segur-Fantino N. et al. (1990).** Etude phytodermatologique de *Lavandula angustifolia* Mill. *Revue Cytologie Biologie Végétale et Botanique*. Volume 13 : 75–88.
- **Dacosta E., 2003.** Les phytonutriments bioactifs. Edition Yves Dacosta. Paris. 317p.
- **Debeaux M.O., 1894.** Flore de la Kabylie du Djurdjura. Edition librairie des sciences naturelles de Paul Klingksieck, Paris. 288p.
- **Djahra A.B., 2014.** Etude phytochimique et activité antimicrobienne, antioxydante, antihépatotoxique du Marrube blanc ou *Marrubium vulgare* L. Thèse de doctorat en Biologie Végétale à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie. 74 p.
- **El-Gazzar A. et Watson I.A., 1970.** Taxonomic study of Labiatae and related genera. *New Phytologist*. Volume 69: 451–486.
- **Evelegh T., 1996.** Lavender. Lorenz books: Sydney. Biodiversité, bioactivité et biosynthèse de composés terpéniques volatiles des lavandes ailées, *Lavandula stoechas* Sensu Lato, un complexe d'espèces Méditerranéennes d'intérêt pharmacologique. Thèse de Doctorat, ENS Kouba en Algérie et Université Jean-Monnet de Saint-Etienne. France. 204 p.
- **Floss H. G. 1997.** Natural products derived from unusual variants of the shikimate pathway. *Natural Product Reports*. Volume 14: 433-434.
- **Gámez M.J., Jiménez J., Risco S. et Zarzuelo A., 1987.** Hypoglycemic activity in various species of the genus *Lavandula*: *Lavandula stoechas* L. and *Lavandula multifida* L. *Pharmazie*. Volume 42: 706 – 707.
- **Ghasemzadeh A. et Ghasemzadeh N., 2011.** Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. *Journal of Medicinal Plants Research*. Volume 5, n°31: 6697 – 6703.
- **Ghelardini C., Galeotti N., Salvatore G. et Mazzanti G., 1999.** Local anaesthetic activity of the essential oil of *Lavandula angustifolia*. *Planta Medica*. Volume 65: 700–703.
- **González-Coloma A., Martín-Benito D., Nagla M., García-Vallejo M. et Soria A.C., 2006.** Antifeedant effects and chemical composition of essential oils from different populations of *Lavandula luisieri* L. *Biochemical systematics and ecology*. Volume 34: 609 – 616.
- **Grayer R.J., Kite G.C., 1996.** Intraspecific taxonomy and essential oil chemotypes in sweet basil, *Ocimum basilicum*. *Phytochemistry*. Volume 43: 1033 – 1039.
- **Grieve M., 1971.** *A Modern Herbal*, Vol. II (New York: Dover Publications, Inc; ISBN 0-486-22799-5).
- **Gubb A.S., 1913.** Flore Algérienne, Naturelle et Acquisée. Edition Adolphe Jourdan. Alger. P129.
- **Gueye A., Diome T., Thiaw C. et Sembene M., 2015.** Évolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé dans le mil (*Pennisetum glaucum* Leek) et le maïs (*Zeamays* L.). *Journal of Applied Biosciences*. Volume 90 : 8355 – 8360.

- **Guyot-Declerck C., Renson S., Bouseta A. et Collin S., 2002.** Floral quality and discrimination of *Lavandula stoechas*, *Lavandula angustifolia*, and *Lavandula angustifolia latifolia* honeys. *Food Chemistry*. Volume 79: 453 – 459.
- **Heinrich, G., Schultze, W. Pfab I. et Boettger M., 1983.** The site of essential oil biosynthesis in *Poncirus trifoliata* and *Monarda fistulosa*. *Physiologie Végétale*. Volume 21 : 257 – 268.
- **Herrera, 1997.** The role of colored accessory bracts in the reproductive biology of *lavandula stoechas*. *The Ecological Society of America* .Volume 78(2): 494-504.
- **Hoffmann L., 2003.** Etude du métabolisme des phénylpropanoïdes; analyse de l'interaction de la caféoyl-coenzyme A 3-O-méthyltransférase (CCoAOMT) avec son substrat et caractérisation fonctionnelle d'une nouvelle acyltransférase, l'Hydroxy Cinnamoyl-CoA : shikimate quinate hydroxycinnamoyl Transférase (HCT). Thèse de Doctorat : Université de Louis Pasteur – Strasbourg I, France. 480p.
- **Hoffmann L., Besseau S., Geoffroy P., Ritzenthaler C., Meyer D., Lapierre C., Pollet B. et Legrand M. 2004.** Silencing of hydroxycinnamoyl coenzyme A shikimate quinate hydroxy cinnamoyl transferase affects phenylpropanoid biosynthesis. *Plant cell*. Volume 16, n°6 : 1446 – 1465.
- **Hopkins W.G., 2003.** Physiologie végétale. Edition De Boeck Supérieur. 280p.
- **Howe R.W., 1956.** The biology of the two common storage species of *Oryzaephilus* (Coleoptera, Cucujidae). *Annals of Applied Biology*. Volume 44: 341–355.
- **Hugues A., N'Guessan O., Dago Déliko C.E., Akhanovna Mamyrbékova-Békro J., Békro, Y.A. 2016.** Teneurs en composés phénoliques de 10 plantes médicinales employées dans la tradithérapie de l'hypertension artérielle, une pathologie émergente en Côte d'Ivoire. *Revue de génie industriel*. Volume 6 : 55–61.
- **Isorez G., 2007.** Contribution à la chimie des flavonoïdes : Accès à des analogues de pigment du vin rouge. Thèse doctorat de l'université Louis Pasteur, Strasbourg, France. 205 p.
- **Jay S.J., Johanson W.P. et Pierce A.K., 1975.** The radiographic resolution of *Streptococcus pneumoniae* pneumonia. *N Engl J Med*. Volume 293 : 798 – 801.
- **Jean-Denis J. B., 2005.** Caractérisation de polyphénols stilbéniques et de dérivés induits ou constitutifs de la vigne impliqués dans sa défense contre l'agent pathogène du mildiou de la vigne, *Plasmopara viticola* (Berk. and Curt.). Thèse de Doctorat : Université de Neuchâtel, France. 350 p.
- **Mammar J., 2015.** Extraction et dosage des polyphénols totaux de la lavande (*Lavandula stoechas* L.). Evaluation de leurs activités antibactériennes vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* et de *Pseudomonas aeruginosa*. Estimation de l'effet insecticide de la poudre des feuilles sur les adultes de *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Mémoire de master : université Mouloud Mammeri, Algérie. 64p.
- **Kim N.S. et Lee D.S., 2002.** Comparison of different extraction methods for the analysis of fragrances from *Lavandula* species by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. Volume 982 : 31–47
- **Kühnau J., 1976.** The flavonoids. A class of semi-essential food components: their role in human nutrition. *World Review of Nutrition and Dietetics*. Volume 24: 117 – 191.

- **Lacy A. et O'Kennedy R., 2004.** Studies on coumarins and coumarin-related compounds to determine their therapeutic role in the treatment of cancer. *Current Pharmaceutical Design*. Volume 10: 3797-3811.
- **Laracine-Pittet C., Lebreton P. Bayet C. et Lauranson J., 1989.** Variabilité polyphénolique et systématique du pin sylvestre *Pinus sylvestris* L. *Ann Sci For*, volume 47 : 117 – 130.
- **Lebreton P., Jay M. et Voirin B., 1967.** Sur l'analyse qualitative et quantitative des flavonoïdes. *Chim. Anal, Paris*. Volume 49, n° 7 : 375 – 383.
- **Lenoir L., 2011.** Effet protecteur des polyphénols de la verveine odorante dans un modèle d'inflammation colique chez le rat. Thèse de Doctorat, Université d'Auvergne, France. 182 p.
- **Lis-Balchin M. et Hart S., 1999.** Studies on the mode of action of the essential oil of lavender (*Lavandula angustifolia* P. Miller). *Phytotherapy Research*. Volume 13: 540–542.
- **Lis-balchin M., 2002.** Lavender, the genus *Lavandula*. Edition London & New York: Taylor and Francis. 268 p.
- **Macheix J.J., Fleuriet A. et Jay-Allemand C. 2005.** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Edition Presses polytechnologiques et universitaires romandes. P 4 – 5.
- **Marfak A., 2003.** Radiolyse gamma des flavonoides: Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools: formation des depsides. Thèse de doctorat. Universités de Limoges, pp. 24-42.
- **Morhy L., Gomes J., 1970.** *Ocimum nudicaule* Benth., A new source of methylchavicol. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Volume 42 : 147–158.
- **Muanda F.N., 2010.** Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. Thèse de Doctorat, Université Paul Verlaine-Metz, France. 216 p.
- **Omar S.H., 2010.** Oleuropein in Olive and its Pharmacological Effects. *Science and Pharmacology*. Volume 78, n°2 : 133–154.
- **Ouchekdhidh-Ourlissene O. 2014.** Effets biocides des poudres et des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). 520p.
- **Parr A.J. et Bolwell G.P., 2000.** Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenol content and profile. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*. Volume 80: 985–1012.
- **Pénicaud C., 2009.** Etude et modélisation du couplage entre le transfert d'oxygène et les réactions d'oxydation dans les aliments au cours de leur conservation. Thèse de Doctorat : Université de MONTPELLIER II. 531p.
- **Peterson J., Dwyer J., Adlercreutz H., Scalbert A., Jacques P. et McCullough M.L., 2010.** Dietary lignans: physiology and potential for cardiovascular disease risk reduction. *Nutrition Reviews*. Volume 68, n°10 : 571–603.
- **Peyton L., 1983.** Lavandes et lavandins dans le monde. *Parfum Cosmétique Arôme*. Volume 54 : 55–60.

- **Plummer D.T.**, 1987. Séparation des sous-unités par gel d'acrylamide et d'agarose et localisation chimique, caractérisation p.100-3, 238-40, 247-9.
- **Quezel P. et Santa S.**, 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Edition Centre National de la Recherche Scientifique, France. 781p.
- **Regnault-Roger C. et Hamraoui A.**, 1997. Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques. *Acta Botanica Gallica*. Volume 144, n°4 : 401 – 412.
- **Roux A.E., Leroux A., Alaamery M.A., Hoffman C.S., Chartrand P., Ferbeyre G. et Rokeach L.A.**, 2007. Pro-Aging Effects of Glucose Signaling through a G Protein-Coupled Glucose Receptor in Fission Yeast. *PLoS Genet* volume 5, n°3: e1000408. doi:10.1371/journal.pgen.1000408.
- **Sarni-Manchado P. et Cheynier V.** 2006. Les polyphénols en agroalimentaire. Edition Lavoisier. P 2–10.
- **Scalbert A. et Williamson G.**, 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition*. Volume 130: 2073 – 2085.
- **Schulz H., Özkan G., Baranska M., Kruger H. et Ozcan M.**, 2005. Characterisation of essential oil plants from Turkey by IR and Raman spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*. Volume 39: 249 – 256.
- **Tapas A. R., Sakarkar D. M. et Kakde R.B.**, 2008. Flavonoids as Nutraceuticals: A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. Volume 7, n°3: 1089 – 1099.
- **Upton T. et Andrews S.**, 2004. The genus *Lavandula*. Edition Timber Press, Portland and Oregon, Etats-Unis. 442p.
- **Upton T.**, 2002. The taxonomy of the genus *Lavandula* L. Edition London & New York: Taylor and Francis. p 2 – 34.
- **Urquiaga I. et Leighton F.** 2000. Plant polyphénols antioxidants and oxidative stress. *Biological Research*. Volume 33, n°2 : 55-64.
- **Visioli F., Borsani L. et Galli C.**, 2000. Diet and prevention of coronary heart disease: the potential role of Phytochemicals. *Cardiovascular Research*. Volume 47: 419 – 425.
- **Zeghad N.**, 2009. Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. Thèse de Doctorat, Université Mentouri, Constantine, Algérie. 83 p.
- **Zuzarte, M., Dinis, A. M. et al. (2010)**. Trichomes, essential oils and *in vitro* propagation of *Lavandula pedunculata* (Lamiaceae). *In. Crop. Prod.* Volume 32:580–587.

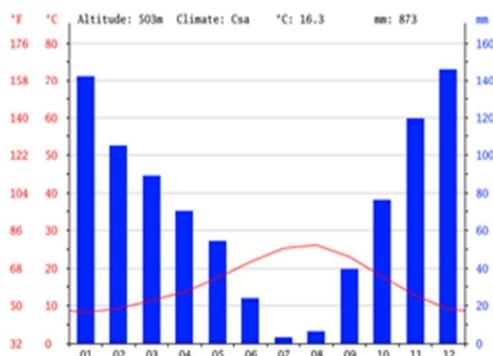
# **Annexes**



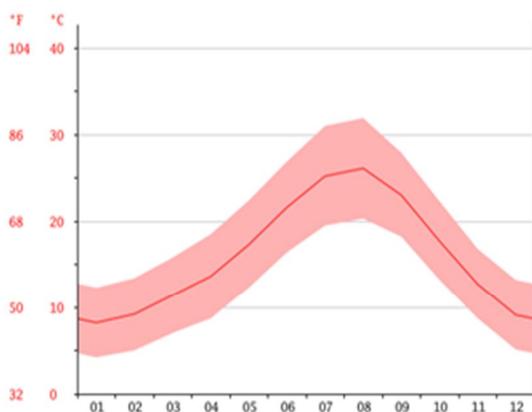
## Annexe 02 : donnés climatique de M'kira daïra de Tizi Ghenif.

### CLIMATE-DATA.ORG CLIMAT: TIGHILT BOUGUENI (M'KIRA)

Le climat y est chaud et tempéré. A Tighilt Bougueni (M'Kira), les précipitations sont plus importantes en hiver qu'en été. D'après Köppen et Geiger, le climat y est classé Csa. Tighilt Bougueni (M'Kira) affiche une température annuelle moyenne de 16.3 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 873 mm.



Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 3 mm. Avec une moyenne de 146 mm, c'est le mois de Decembre qui enregistre le plus haut taux de précipitations.



Au mois de Aout, la température moyenne est de 26.1 °C. Aout est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Avec une température moyenne de 8.2 °C, le mois de Janvier est le plus froid de l'année.

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	142	105	89	70	54	24	3	6	39	76	119	146
°C	8.2	9.2	11.4	13.6	17.3	21.6	25.2	26.1	23.0	17.7	12.7	9.1
°C (min)	4.2	5.0	7.0	8.7	12.3	16.4	19.5	20.3	18.2	13.2	8.7	5.1
°C (max)	12.3	13.4	15.8	18.5	22.4	26.9	31.0	31.9	27.9	22.3	16.8	13.2
°F	46.8	48.6	52.5	56.5	63.1	70.9	77.4	79.0	73.4	63.9	54.9	48.4
°F (min)	39.6	41.0	44.6	47.7	54.1	61.5	67.1	68.5	64.8	55.8	47.7	41.2
°F (max)	54.1	56.1	60.4	65.3	72.3	80.4	87.8	89.4	82.2	72.1	62.2	55.8

Les précipitations varient de 143 mm entre le plus sec et le plus humide des mois. Sur l'année, la température varie de 17.9 °C.

**Annexe 03 :** Extraction des trois classes de flavonoïdes de feuilles et de fleurs de lavande.



**Tableau III** : Teneur en eau des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas*

	Individus	Poids frais (g)	Poids sec (g)	Teneur en eau (%)	Teneur moyenne ± écart type (%)
Feuilles	individu 01	39.96	34.68	13.21	13.99 ± 0.73
	individu 02	70.97	60.9	14.19	
	individu 03	78.8	67.31	14.58	
	individu 04	51.99	44.32	14.75	
	individu 05	97.53	84.63	13.23	
	Individus	Poids frais (g)	Poids sec (g)	Teneur en eau (%)	Teneur moyenne ± écart type (%)
Fleurs	individu 01	26.53	20.94	21.07	21.19 ± 0.61
	individu 02	41.39	32.79	20.78	
	individu 03	77.2	60.43	21.72	
	individu 04	25.94	20.26	21.90	
	individu 05	68.31	54.32	20.48	

**Tableau IV** : Teneur absolue d'Aglycones dans les feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas*

		Essai 01	Essai 02	Essai 03	Moyenne ±	Moyenne
Feuilles	individu 01	1.043	0.971	1.099	1.038 ± 0.064	0.842 ± 0.122
	individu 02	0.871	0.930	0.874	0.892 ± 0.034	
	individu 03	0.775	0.775	0.790	0.780 ± 0.009	
	individu 04	0.705	0.703	0.711	0.706 ± 0.004	
	individu 05	0.809	0.758	0.814	0.794 ± 0.031	
		Essai 01	Essai 02	Essai 03	Moyenne ±	Moyenne
Fleurs	individu 01	0.440	0.412	0.403	0.418 ± 0.019	0.461 ± 0.031
	individu 02	0.497	0.457	0.492	0.482 ± 0.021	
	individu 03	0.499	0.495	0.498	0.497 ± 0.002	
	individu 04	0.452	0.446	0.441	0.446 ± 0.006	
	individu 05	0.456	0.460	0.464	0.460 ± 0.004	

**Tableau V :** Teneur absolue d'Anthocyanes dans les feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas*.

		Essai 01	Essai 02	Essai 03	Moyenne $\pm$ écart	Moyenne
<b>Feuilles</b>	individu 01	5.306	5.683	5.495	5.495 $\pm$ 0.189	<b>5.491 <math>\pm</math> 0.267</b>
	individu 02	5.146	5.007	5.090	5.081 $\pm$ 0.070	
	individu 03	5.643	5.339	5.505	5.496 $\pm$ 0.152	
	individu 04	5.562	5.591	5.678	5.610 $\pm$ 0.061	
	individu 05	5.622	5.707	5.991	5.773 $\pm$ 0.193	
		Essai 01	Essai 02	Essai 03	Moyenne $\pm$ écart	Moyenne
<b>Fleurs</b>	individu 01	16.676	17.185	16.655	16.838 $\pm$ 0.300	<b>16.805 <math>\pm</math> 0.240</b>
	individu 02	16.453	16.515	16.494	16.487 $\pm$ 0.031	
	individu 03	17.123	17.101	17.035	17.086 $\pm$ 0.045	
	individu 04	16.970	16.926	16.839	16.911 $\pm$ 0.067	
	individu 05	16.718	16.655	16.739	16.704 $\pm$ 0.044	

**Tableau VI :** Teneur absolue des C-Glucosides dans les feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas*.

		Essai 01	Essai 02	Essai 03	Moyenne $\pm$ écart	Moyenne
<b>Feuilles</b>	individu 01	9.271	9.124	9.101	9.165 $\pm$ 0.093	<b>9.289 <math>\pm</math> 0.070</b>
	individu 02	9.174	9.138	9.126	9.146 $\pm$ 0.025	
	individu 03	9.118	9.130	9.153	9.134 $\pm$ 0.018	
	individu 04	8.743	8.765	8.711	8.739 $\pm$ 0.027	
	individu 05	10.360	10.249	10.171	10.260 $\pm$ 0.095	
		Essai 01	Essai 02	Essai 03	Moyenne $\pm$ écart	Moyenne
<b>Fleurs</b>	individu 01	8.658	8.678	8.905	8.747 $\pm$ 0.137	<b>8.783 <math>\pm</math> 0.108</b>
	individu 02	8.685	8.940	8.762	8.796 $\pm$ 0.131	
	individu 03	8.527	8.538	8.451	8.505 $\pm$ 0.047	
	individu 04	8.366	8.429	8.408	8.401 $\pm$ 0.032	
	individu 05	9.138	9.532	9.735	9.468 $\pm$ 0.304	

**Tableau VI :** taux de mortalité des insectes traités avec la poudre defeuilles et fleursde *Lavandula stoechas*.

<b>Feuilles</b>	<b>Témoin (0 g)</b>	<b>D1 = 2g</b>	<b>D2 = 4g</b>	<b>D3= 6g</b>	<b>D4 = 8g</b>	<b>D5 = 12g</b>
<b>individu 01</b>	0.33	2.33	5.67	9.67	13.33	17.33
<b>individu 02</b>	0.33	2.33	5.33	9.33	13.67	17.00
<b>individu 03</b>	0.67	3.00	5.67	10.00	13.33	17.33
<b>individu 04</b>	0.67	2.67	5.67	9.33	13.33	17.67
<b>individu 05</b>	0.33	2.67	5.33	10.00	13.00	18.00
<b>Moyenne ± écart type</b>	0.47 ± 0.5	2.60 ± 0.48	5.53 ± 0.50	9.67 ± 0.62	13.33 ± 0.53	17.47 ± 0.57
<b>Moyenne %</b>	2.33%	13%	27.67%	48.33%	66.67%	87.33%
<b>Fleurs</b>	<b>Témoin (0 g)</b>	<b>D1 = 2g</b>	<b>D2 = 4g</b>	<b>D3= 6g</b>	<b>D4 = 8g</b>	<b>D5 = 12g</b>
<b>individu 01</b>	1.00	6.33	9.33	13.67	16.33	19.67
<b>individu 02</b>	1.00	6.67	9.33	13.33	16.67	18.67
<b>individu 03</b>	0.33	7.00	10.00	12.67	16.67	19.33
<b>individu 04</b>	0.33	7.00	10.00	13.33	17.00	19.00
<b>individu 05</b>	0.67	6.33	9.67	13.33	16.33	19.33
<b>Moyenne ± écart type</b>	0.67 ± 0.49	6.67 ± 0.82	9.67 ± 0.82	13.27 ± 0.80	16.60 ± 0.74	19.20 ± 0.77
<b>Moyenne %</b>	3.33%	33.33%	48.33%	66.33%	83.00%	96.00%

## Résumé

L'objectif de cette étude est de contribuer à l'analyse phytochimique de cette plante avec l'extraction et le dosage de trois classes de flavonoïdes (Anthocyane, Aglycones et C-Glucosides) en utilisant la méthode d'hydrolyse acide à chaud. L'extraction s'est faite à partir des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* L. provenant d'une station d'étude située à M'kira dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

Par ailleurs, la poudre de feuilles et de fleurs a servi à évaluer l'activité insectifuge de cette plante à l'égard d'un insecte ravageur des denrées stockées, *Tribolium castaneum*. L'activité bio insecticide a montré que la poudre des feuilles de *L. stoechas* a entraîné la mort des insectes après une longue exposition.

## Abstract

The objective of this study is to contribute to the phytochemical analysis of this plant with the extraction and dosage of three classes of polyphenols ( Anthocyanin , aglycone and C- glycosides ) using the hot acid hydrolysis method. The extraction is made from the leaves and flowers of *Lavandula stoechas* L. from a study M'Kira station located in the wilaya of Tizi-Ouzou.

Furthermore, the powder leaves and flowers used to evaluate the repellent activity of this plant against an insect pest of stored products, *Tribolium castaneum*. The organic insecticidal activity showed that the powder of the leaves of *L. stoechas* have led to the death of the insects after long exposure.