

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU D 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 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)**

Présenté par M^r Mammar Juba

Présidente :	M ^{me} Lakabi L.	Maitre assistante classe A à l'UMMTO
Promotrice :	M ^{me} Taleb-Toudert K.	Maitre de conférences classe B à l'UMMTO
Examineur :	M ^r Medjbeur Dj.	Maitre assistant classe A à l'UMMTO
Examinatrice :	M ^{me} Sahmoune F.	Maitre assistante classe A à l'UMMTO

Promotion 2014 /2015

Remerciements

**“On ne peut rien enseigner à autrui.
On ne peut que l'aider à le découvrir lui-même.”
Galilée**

C'est sur ces sages paroles que je tiens de prime abord à remercier ma promotrice Madame Taleb-Toudert Karima qui a dirigé ce travail. J'ai ainsi pu bénéficier de sa magnanimité, sa disponibilité et son soutien indéfectible. Elle a su entretenir en moi la graine du savoir et de la connaissance avec son sérieux, sa rigueur et sa discipline dans le travail.

Je remercie infiniment madame Lakabi L. merci d'avoir accepté de partager avec nous vos impressions et vos conseils avisés. C'est un honneur de vous avoir comme présidente du jury.

Monsieur Medjbeur Dj. et Madame Sahmoune F. merci pour l'intérêt que vous avez manifesté à l'égard de ce travail. C'est un réel plaisir de vous compter parmi les membres du jury.

Monsieur Houali pour m'avoir ouvert les portes de votre laboratoire de recherche. Merci pour votre immense générosité.

Monsieur Baik N. merci de votre aide et de vos conseils durant toute la période de réalisation de ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à mes parents qui ont toujours été présents pour moi à tout moment et dans toutes les situations et sans qui, je n'aurais jamais eu le soutien nécessaire ainsi que de vifs encouragements pour toutes les étapes que j'ai eu à affronter dans la vie. Vous êtes un trésor inestimable qui j'espère durera encore longtemps.

Pareillement, je remercie Fatma Zohra AMANI qui a su me soutenir et m'encourager durant les moments difficile que j'ai affrontés.

Tous mes égards et ma considération à Ammar Aksoum, Mohamed Selmani et Samir Malek qui ont su me supporter durant tout mon cursus et qui ont toujours trouvé les mots pour me pousser à aller de l'avant.

Dédicaces

*A la mémoire de
Grand-père Said
Grand-mère Ouiza
Grand-mère Djouhar
Yemma Fatma*

Liste des figures

Figure 01 : voie de l'acide shikimique (Floss, 1997).....	5
Figure 02 : Voie du phénylpropanoïde (Hoffmann et <i>al.</i> , 2004).	6
Figure 03 : Voie de biosynthèse des flavonoïdes (Winkel–Shirley, 2001;.....	7
Subsamanian et <i>al.</i> , 2007).....	7
Figure 04 : Quelques exemples d'acide phénolique (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).	8
Figure 05 : Quelques exemples des structures chimiques des stilbènes (Boubekri, 2014).	9
Figure 06 : principaux constituants de la lignine (Hopkins, 2003)	9
Figure 07 : Structure d'une lignine (Scalbert et Williamson, 2000).	9
Figure 08 : Exemples des structures chimiques des lignanes. (A) unité de phénylpropane.....	10
C6-C3. (B) Sauriol A (lien β - β'). (C) rufescidride (Omar, 2010).	10
Figure 09 : Quelques exemples des structures chimiques des coumarines	10
(Macheix et <i>al.</i> , 2005).....	10
Figure 10 : Structure de base des flavonoïdes (Dacosta, 2003).	11
Figure 11 : Structure de base des tanins hydrolysables et condensés (Hopkins, 2003).	13
Figure 12 : Observation en microscopie électronique à balayage des trichomes de feuilles de	
<i>Lavandula stoechas</i> (Zuzarte et <i>al.</i> , 2010).....	15
Figure 13 : Feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> (Mâatkas, 2015).	15
Figure 14 : Fleur de <i>Lavandula stoechas</i> (Mâatkas, 2015).....	16
Figure 15 : Corolles (fleurs) de <i>Lavandula stoechas</i> (Ath Zmenzer, 2015).	17
Figure 16 : Bractées de <i>Lavandula stoechas</i> (Mâatkas, 2015).	18
Figure 17 : Géolocalisation des deux stations d'étude (source : www.google.fr/maps).	24
Figure 18 : Méthode d'échantillonnage.....	25
Figure 19 : Procédé de prélèvement des échantillons.	26
Figure 20 : Méthode de préparation du matériel végétal.....	27
Figure 21 : Préparation du bio-test par contact.....	31
Figure 23 : Teneurs en eau moyennes des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> des deux stations	
d'étude (%).	32
Figure 22 : Teneurs en eau des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> provenant des deux stations	
d'étude (%).	32
Figure 24 : Représentation graphique des moyennes de la teneur en eau des feuilles des deux	
stations d'étude \pm écart type.....	33
Figure 26 : Teneurs en eau moyenne des fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> issues des deux	
stations d'étude (%).	33

Figure 25 : Teneurs en eau des fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> provenant des deux stations d'étude (%).	33
Figure 27 : Moyennes \pm écart type de la teneur en eau des fleurs des deux stations d'étude.	34
Figure 29 : Teneurs en eau moyenne par fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> (%).	34
Figure 28 : Teneurs en eau par fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> (%).	34
Figure 30 : Moyennes \pm écart type de la teneur en eau contenue dans chaque fleur des stations d'étude.	35
Figure 31 : Teneurs en eau des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> provenant de la station d'Ath Zmenzer (%).	36
Figure 32 : Teneurs en eau moyenne des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> d'Ath Zmenzer (%).	36
Figure 33 : Moyennes \pm écart type de la teneur en eau des feuilles et fleurs d'Ath Zmenzer.	36
Figure 35 : Teneurs en eau moyenne des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> de Mâatkas (%).	37
Figure 34 : Teneurs en eau des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> provenant de la station de Mâatkas (%).	37
Figure 36 : Moyennes \pm écart type de la teneur en eau des feuilles et fleurs de Mâatkas.	37
Figure 37 : Concentrations en polyphénols totaux des extraits de feuilles et de fleurs de <i>Lavandula Stoechas</i> provenant des deux stations (mg/ml).	38
Figure 38 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.	39
Figure 39 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> pour chaque individu (g EAG/100g MS).	40
Figure 40 : Teneurs moyenne en polyphénols des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> pour chaque station (g EAG/100g MS).	40
Figure 41 : Teneurs moyennes \pm écart type en polyphénols des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> au sein des deux stations.	41
Figure 43 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> pour chaque station (g EAG/100g MS).	42
Figure 42 : Teneurs moyennes en polyphénols des fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> pour chaque individu (g EAG/100g MS).	42
Figure 44 : Représentation graphique de l'estimation de la teneur moyenne en polyphénols des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> au sein des deux stations \pm écart type.	42
Figure 45 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> pour chaque individu de la station d'Ath Zmenzer (g EAG/100g MS).	43
Figure 46 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> provenant de la station d'Ath Zmenzer (g EAG/100g MS).	43

Figure 47 : Teneurs moyennes \pm écart type en polyphénols des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> issues de la station d'Ath Zmenzer.	43
Figure 49 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> issues de la station de Mâatkas (g EAG/100g MS).....	44
Figure 48 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> pour chaque individu de la station de Mâatkas (g EAG/100g MS)	44
Figure 50 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles et fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> issues de la station d'Ath Zmenzer \pm écart type.....	44
Figure 51 : Zones d'inhibitions induites par les extraits de polyphénols totaux sur <i>Staphylococcus aureus</i>	47
Figure 52 : Zones d'inhibition de <i>Staphylococcus aureus</i> induites par les polyphénols des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> de chaque individu issu des deux stations d'étude (mm).	48
Figure 53 : Moyennes des zones d'inhibition de <i>Staphylococcus aureus</i> induites par les polyphénols des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> des deux stations d'étude (mm).	48
Figure 54 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition induites par les polyphénols des feuilles issues des deux stations.	48
Figure 55 : Diamètres des zones d'inhibition de <i>Staphylococcus aureus</i> induites par les polyphénols des fleurs de chaque individu issu des deux stations d'étude (mm).....	49
Figure 56 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de <i>Staphylococcus aureus</i> induits par les extraits de fleurs des deux stations d'étude (mm).....	49
Figure 57 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition induites par les extraits des fleurs issues des deux stations.....	49
Figure 59 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de <i>Staphylococcus aureus</i> induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues d'Ath Zmenzer (mm).	50
Figure 58 : Diamètres des zones d'inhibition de <i>Staphylococcus aureus</i> induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de la station d'Ath Zmenzer (mm).....	50
Figure 60 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition induites par les extraits des feuilles et fleurs de la station Ath Zmenzer.	50
Figure 62 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de <i>Staphylococcus aureus</i> induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de Mâatkas (mm).	51
Figure 61 : Diamètres des zones d'inhibition de <i>Staphylococcus aureus</i> induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de la station de Mâatkas (mm).....	51
Figure 63 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition induites par les extraits des feuilles et fleurs de la station Mâatkas.....	51
Figure 64 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition induites par les extraits de polyphénols totaux sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	52

Figure 66 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> induites par les polyphénols des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> des deux stations d'étude (mm).	53
Figure 65: Diamètres des zones d'inhibition de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> induites par les polyphénols des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> de chaque individu issu des deux stations d'étude (mm).	53
Figure 67 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> induites par les extraits des feuilles issues des deux stations.	53
Figure 69 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> induits par les extraits de fleurs des deux stations d'étude (mm).	54
Figure 68 : Diamètres des zones d'inhibition de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> induites par les extraits des fleurs de chaque individu issu des deux stations d'étude (mm).	54
Figure 70 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> induites par les extraits des fleurs issues des deux stations.	54
Figure 72 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues d'Ath Zmenzer (mm).	55
Figure 71 : Diamètres des zones d'inhibition de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de la station d'Ath Zmenzer (mm).	55
Figure 73 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition induites par les extraits des feuilles et fleurs de la station d'Ath Zmenzer.	55
Figure 75 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de Mâatkas (mm).	56
Figure 74 : Diamètres des zones d'inhibition de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de la station de Mâatkas (mm).	56
Figure 76 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition induites par les extraits des feuilles et fleurs de la station de Mâatkas.	56
Figure 77 : Longévité moyenne \pm écart type des Adulte de <i>T. castaneum</i> après contact avec la poudre des feuilles de <i>Lavandula stoechas</i>	60

Liste des tableaux

Tableau I : Principales classes de flavonoïdes (Scalbert et Williamson, 2000).....	11
Tableau II : Résultats du calcul des teneurs en eau (TE) contenues dans les différentes parties de <i>Lavandula stoechas</i> L. provenant des deux stations d'étude.	32
Tableau III : résultats du calcul de la concentration des extraits de polyphénols totaux des feuilles et des fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> issues des deux stations d'étude (mg/mL).	38
Tableau IV : Résultats de l'absorbance de l'acide gallique à différentes concentrations.	39
Tableau V : Résultats de l'estimation de la teneur en polyphénols (TEP) contenue dans les différentes parties de <i>Lavandula stoechas</i> L. provenant des deux stations d'étude.....	40
Tableau VI : Résultats des diamètres des zones d'inhibition induite par les polyphénols totaux de <i>Lavandula stoechas</i> L. sur <i>Staphylococcus aureus</i>	47
Tableau VII : Résultats des mesures du diamètre des zones d'inhibition induite par les polyphénols totaux de <i>Lavandula stoechas</i> L. sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	52
Tableau VIII : Résultats de l'action de la poudre de <i>L. stoechas</i> sur la longévité des adultes de <i>T. castaneum</i>	59

Sommaire

Remerciements	i
Dédicaces	ii
Liste de figures	iii
Liste des tableaux	vii

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Partie I : Synthèse bibliographique

I. Les polyphénols	4
---------------------------------	----------

1. Généralités	4
-----------------------------	----------

2. Voies de biosynthèse.....	4
-------------------------------------	----------

2.1. Voie du shikimate	4
------------------------------	---

2.2. Voie du phénylpropanoïde	6
-------------------------------------	---

2.3. Voie de biosynthèse des flavonoïdes	7
--	---

3. Classification des polyphénols	8
--	----------

3.1. Les non flavonoides	8
--------------------------------	---

3.1.1. Acides phénoliques	8
---------------------------------	---

3.1.2. Stilbènes.....	8
-----------------------	---

3.1.3. Lignines	9
-----------------------	---

3.1.4. Lignanés (C6-C3) ₂	10
--	----

3.1.5. Coumarines C6-C3.....	10
------------------------------	----

3.2. Flavonoides.....	11
-----------------------	----

3.3. Tanins	12
-------------------	----

II. Généralité sur <i>Lavandula stoechas</i> L., 1753	14
--	-----------

1. Aspect générale de la plante	14
--	-----------

2. Caractéristiques des différentes parties de <i>Lavandula stoechas</i> L.....	14
--	-----------

2.1. Port en trichomes	14
------------------------------	----

2.2. Feuilles	15
---------------------	----

2.3. Inflorescences	16
---------------------------	----

2.4. Corolle.....	16
-------------------	----

2.5. Calice.....	17
2.6. Bractéoles et bractées.....	18
2.7. Fruits (graines).....	18
3. Classification phylogénétique de <i>Lavandula stoechas</i> L.	19
4. Répartition géographique	19
5. Différents usages de <i>L. stoechas</i> L.	20
III. Généralité sur l'insecte et les bactéries utilisés	21
1. Généralité sur <i>Tribolium castaneum</i>.....	21
1.1. Description.....	21
1.2. Systématique de <i>Tribolium castaneum</i>	21
1.3. Dégâts causés par <i>T. castaneum</i>	21
2. Généralité sur les bactéries.....	22
2.1. <i>Staphylococcus aureus</i>	22
2.2. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	22

Partie II : Matériels et méthodes

1. Matériel végétal	23
1.1. Site d'échantillonnage.....	23
1.2. Méthode d'échantillonnage	24
1.3. Procédé de prélèvement.....	25
1.4. Préparation du matériel végétal	26
2. Détermination de la teneur en eau de <i>Lavandula stoechas</i> L.	27
3. Extraction des polyphénols totaux	28
4. Caractérisation chimique.....	28
4.1. Détermination de la concentration des extraits en polyphénols totaux.....	28
4.2. Dosage des polyphénols totaux.....	29
5. Activité antimicrobienne.....	29
5.1. Préparation des pré-cultures	29
5.2. Préparation des suspensions bactériennes	29
5.3. Evaluation de l'activité antimicrobienne.....	30

6. Evaluation de l'activité insecticide	30
7. Analyses statistiques.....	31

Partie III : Résultats et discussion

1. Analyses physico-chimiques.....	32
1.1. Calcul de la teneur en eau.....	32
1.2. Concentration des extraits	38
1.3. Dosage des polyphénols totaux.....	39
1.3.1. Gamme d'étalonnage.....	39
1.3.2. Résultats de l'estimation de la teneur en polyphénols	40
2. Résultats de l'activité antimicrobienne	47
2.1. Activité antimicrobienne sur <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300	47
2.2. Activité antimicrobienne sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	52
3. Résultats de l'activité insecticide	59
 Conclusion	 62

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Depuis l'antiquité, les produits naturels, notamment ceux d'origine végétale ont toujours été une source importante d'agents thérapeutiques. Durant ces dernières années, les recherches scientifiques s'intéressent aux composés des plantes qui sont destinés à l'utilisation dans le domaine phytopharmaceutique et biopesticide. Les molécules issues des plantes dites naturelles sont considérées comme une source très importante de médicaments; sachant que plus de 120 composés provenant de plantes sont aujourd'hui utilisés en médecine moderne et près de 75% d'entre eux sont appliqués selon leur usage traditionnel (Bérubé, 2006).

Environ 25-30% de tous les médicaments disponibles pour le traitement des maladies sont dérivés des produits naturels (plantes, animaux, bactéries et champignons) (Muanda, 2010). En effet, il existe environ 500.000 espèces de plantes sur terre, dont 80.000 possèdent des propriétés médicinales (Quyoun, 2003).

Actuellement, une augmentation de l'utilisation de composés d'origine naturelle est observée, justifiant l'accroissement de la production de certaines plantes aromatiques et médicinales (PAM). Parmi ces PAM de nombreuses Lamiacées méditerranéennes sont utilisées pour les propriétés de leurs composés secondaires. Ces composés secondaires sont le résultat de la synthèse et de l'accumulation des composés organiques volatils qui, *in planta*, agissent dans les interactions de la plante avec son environnement biotique (attraction de pollinisateurs, défense contre des pathogènes) et abiotique (protection contre les UV) (Benabdelkader, 2012).

L'extraction de principes actifs à haute valeur ajoutée à partir de la matière végétale, notamment le cas des polyphénols, qui suscitent actuellement beaucoup d'intérêt grâce à leur pouvoir antioxydant, est une étape très importante dans l'isolement ainsi que dans l'identification des composés secondaires (Mahmoudi et al., 2013).

Les polyphénols (principalement : flavonoïdes, acides phénoliques, tanins) constituent l'une des principales classes de métabolites secondaires qui se localisent généralement au niveau de toutes les parties de la plante.

Ces composés suscitent un grand intérêt de par leurs nombreux effets bénéfiques pour la santé : prévention et traitement de certains cancers, traitement des maladies inflammatoires,

cardiovasculaires et neurodégénératives (Hadj salem, 2009 ; Nkhili, 2009). Plus de 3000 flavonoïdes sont identifiés et se trouvent localiser particulièrement dans les pigments floraux ou dans les feuilles. Ils sont reconnus essentiellement pour leur action antioxydante, modulatrice de l'activité de certaines enzymes, vasculoprotectrice, anti-inflammatoire et antidiabétique (Djahra, 2014).

Par ailleurs, la résistance aux antibiotiques chez les micro-organismes pathogènes est devenue un problème de santé publique de plus en plus important dans le monde. Les composés antimicrobiens issus des plantes sont capables d'inhiber la croissance bactérienne en agissant sur des cibles cellulaires différentes de celles visées par les antibiotiques actuellement utilisés tels que les pénicillines, macrolides ou tétracyclines. Ils pourraient également présenter une valeur clinique significative dans le traitement des infections aux souches microbiennes résistantes (Abedini, 2013).

Hormis les bienfaits des polyphénols sur la santé, la recherche de nouvelles molécules insecticides issues des végétaux se développe depuis une quinzaine d'années (Regnault-Roger et Hamraoui, 2015). Le recours aux produits chimiques d'origine botanique apparaît comme la meilleure 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 insectes ravageurs de plantes, *Tribolium castaneum* (Coleoptéra : Tenebrionidae) est parmi les insectes des stocks, le plus ubiquiste, le plus polyphage et le plus redoutable. Les adultes et les larves de cet insecte ne s'implantent généralement dans les grains qu'après les attaques de ravageurs primaires qui leur ouvrent la porte. Les souillures de *T. castaneum* corrompent de très nombreuses denrées amylacées notamment les farines de céréales (Gueye et *al.*, 2015).

En outre, au cours des dernières années, l'exploitation économique des espèces du genre *Lavandula* a augmentée en raison de l'utilisation de leurs huiles essentielles et leurs polyphénols (Benabdelkader, 2012). Largement distribuée dans les îles canari, Islande et à travers tout le tell méditerranéen, l'Afrique du Nord, Sud ouest de l'Asie, Afrique tropicale avec une disjonction vers l'Inde, La Lavande a une longue histoire en usage médicinal, employée comme expectorant, antispasmodique, carminative, désinfection des plaies, contre

les problèmes dermiques, psoriasis, possède des propriétés antimicrobiennes et anti-carcinogènes, sédatif, antidépresseur, antioxydant, anti-inflammatoire et insecticide, (Mohammedi et Atik, 2011). Plusieurs travaux ont étudiés la composition chimique et l'activité biologique des huiles de lavande, mais très peu de travaux ont porté sur les polyphénols de *Lavandula Stoechas* (Benabdelkader, 2012).

Ainsi, l'accumulation de connaissance dans la biosynthèse des polyphénols, leur localisation cellulaire et leur régulation devraient à terme faciliter la manipulation de leurs voies biosynthétiques afin d'améliorer certains caractères agronomiques tels que les arômes de fruits, le parfum floral, la défense et la résistance des plantes envers les insectes et les microorganismes. C'est cette optique que notre travail vise dans un premier lieu à mettre en exergue, dans les conditions de laboratoire, l'activité antibactérienne des extraits de polyphénols totaux de *Lavandula stoechas* vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* qui sont très pathogènes pour l'homme et dans un second lieu, mettre l'accent sur l'activité insecticide de la poudre de feuilles de *Lavandula stoechas* L. vis-à-vis de *Tribolium castaneum*.

Pour se faire, ce présent travail, abordera dans un premier lieu l'étude bibliographique des polyphénols en tant que classe de composés secondaires des plantes d'une part et des généralités sur *Lavandula stoechas* L. d'autre part.

Dans un second lieu, nous décrirons le matériel et les méthodes utilisés afin d'extraire et de doser les polyphénols totaux à partir des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* L., détermination de l'activité antimicrobienne de ces extraits vis-à-vis des bactéries sus-citées et l'activité insecticide de la poudre de feuilles sur *Tribolium castaneum*.

Nous présenterons en troisième lieu les résultats et la discussion relatifs aux différentes expérimentations menées.

Enfin, nous terminerons par une conclusion ainsi que des perspectives de recherche future.

Chapitre I :
Synthèse bibliographique

I. Les polyphénols

1. Généralités

Le terme « *polyphénols* » 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). Ils peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes (d'où la dénomination de métabolites secondaires) (Zeghad, 2009). Les composés phénoliques sont synthétisés par l'ensemble des végétaux et ils participent aux réactions de défense face à différents stress biotiques (agents pathogènes, blessures, symbiose) ou abiotiques (lumière, rayonnements UV, faible température, carences) (Visioli et al., 2000) et contribuent à la qualité organoleptique des aliments issus des végétaux (couleur, astringence, arôme, amertume) (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).

Parr et al. (2000) expliquent que l'expression de « composés phénoliques » est utilisée pour toutes substances chimiques possédant dans sa structure un noyau aromatique, portant un ou plusieurs groupements hydroxyles. En effet, Macheix et al. (2005) rapportent que la structure des composés phénoliques naturels varie depuis les molécules simples (acides phénoliques simples) vers les molécules les plus hautement polymérisées (tanins condensés).

Avec plus de 8000 structures phénoliques identifiées (Urquiaga et Leighton, 2000) il est important de connaître les voies de biosynthèse de ces molécules afin de faciliter leur classification

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 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).

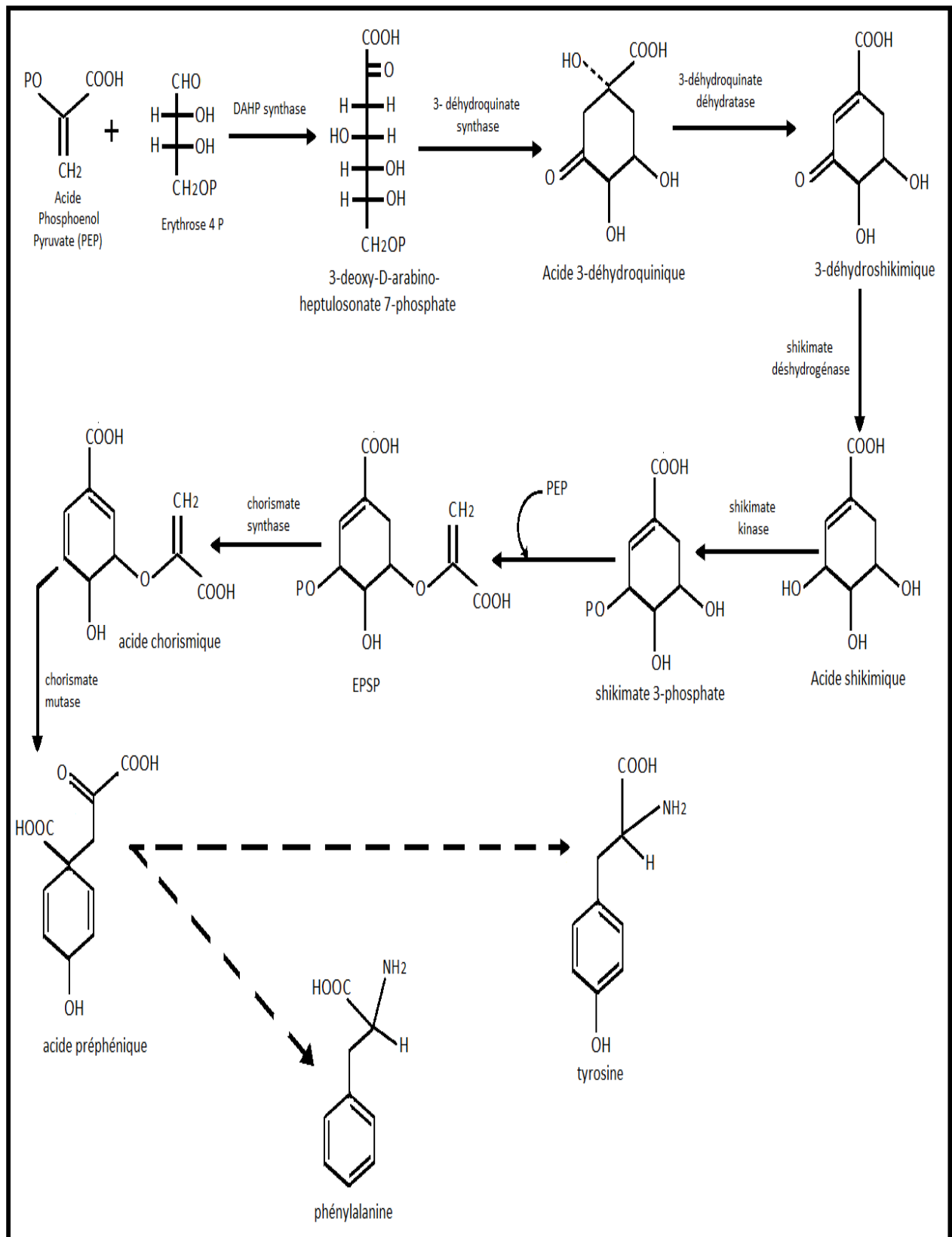


Figure 01 : voie de l'acide shikimique (Floss, 1997).

2.2. Voie du phénylpropanoïde

La voie de phénylpropanoïde 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).

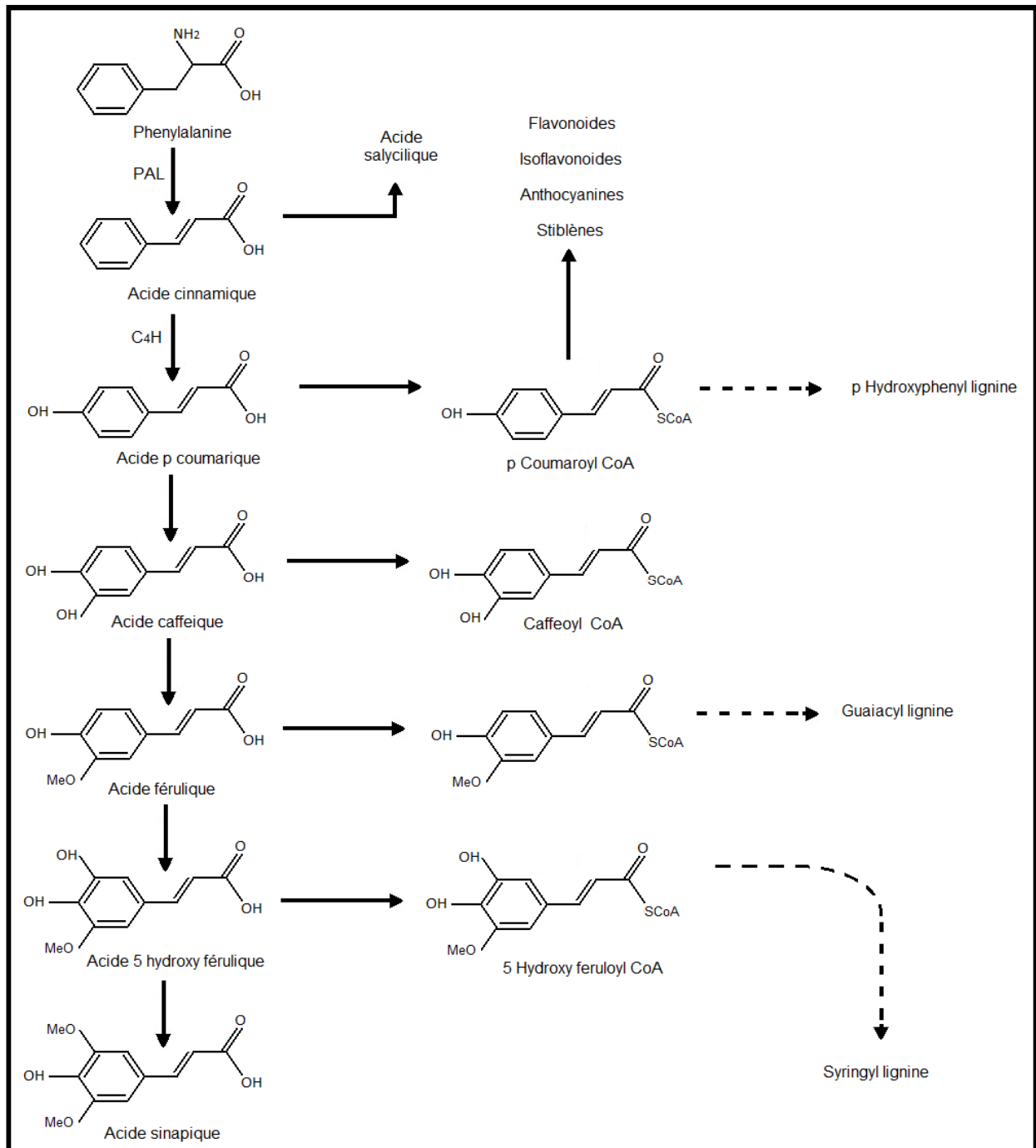


Figure 02 : Voie du phénylpropanoïde (Hoffmann et al., 2004).

2.3. Voie de biosynthèse des flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une classe de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux qui sont en partie responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. On les trouve dissous dans la vacuole des cellules à l'état d'hétérosides ou comme constituants de plastides particuliers, les chromoplastes (Guignard, 1996).

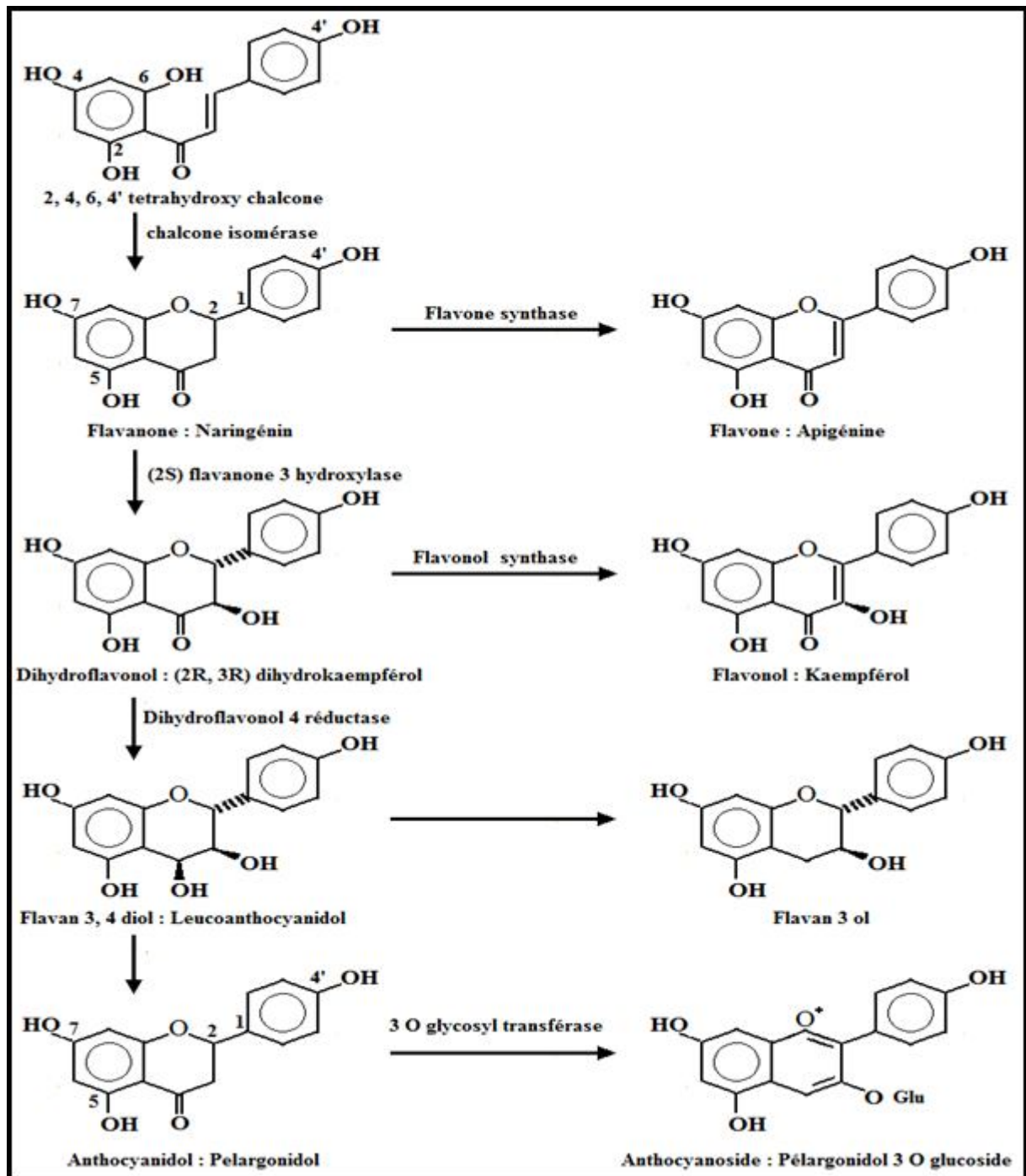


Figure 03: Voie de biosynthèse des flavonoïdes (Winkel–Shirley, 2001; Subsamanian *et al.*, 2007)

3. Classification des polyphénols

Les polyphénols peuvent se regrouper en deux grands groupes : Les non flavonoïdes dont les principaux composés sont : les acides phénoliques, les stilbènes, les lignanes, les lignines et les coumarines (Hoffmann, 2003) et les flavonoïdes, dont on caractérise principalement : les flavones, flavanones, flavonols, isoflavonones, anthocyanines, proanthocyanidines et flavanols (Pincemail et *al.*, 2007)

3.1. Les non flavonoïdes

Cinq classes de non flavonoïdes ont été répertoriées. Il s'agit de :

3.1.1. 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.

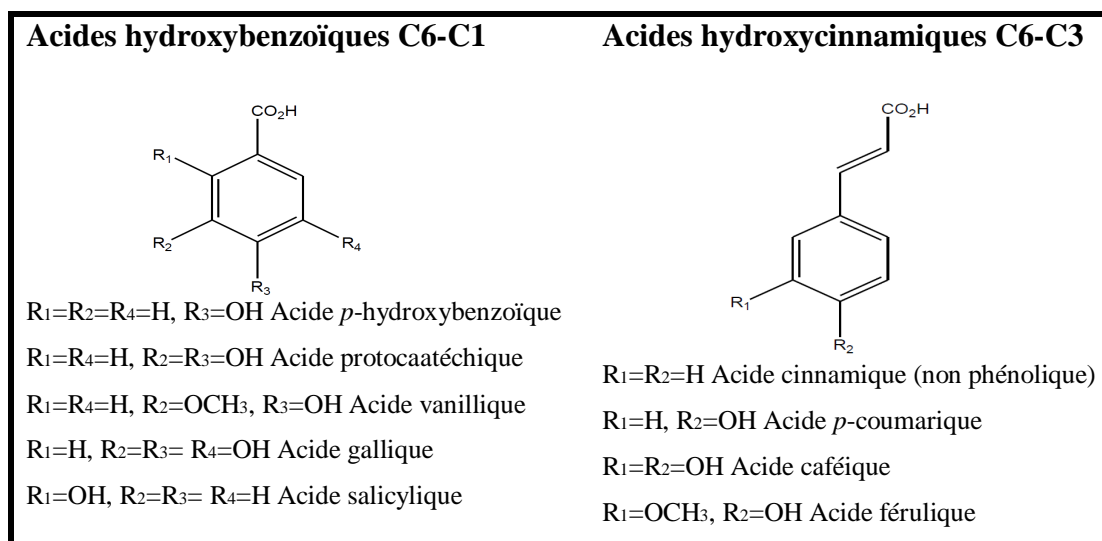


Figure 04 : Quelques exemples d'acide phénolique (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

3.1.2. 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).

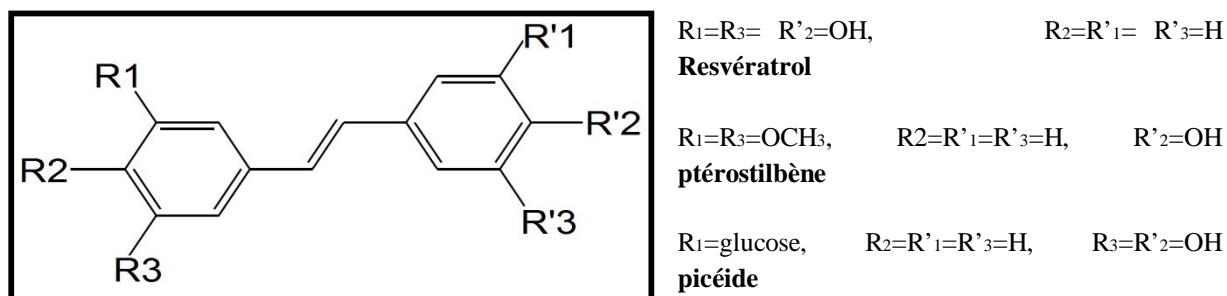


Figure 05 : Quelques exemples des structures chimiques des stilbènes (Boubekri, 2014).

3.1.3. Lignines

La lignine est un polymère fortement ramifié, formés par trois alcools phénoliques simples. 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 (Hopkins, 2003).

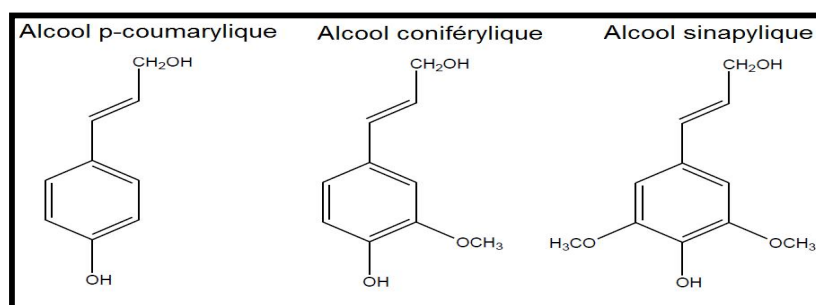


Figure 06: principaux constituants de la lignine (Hopkins, 2003)

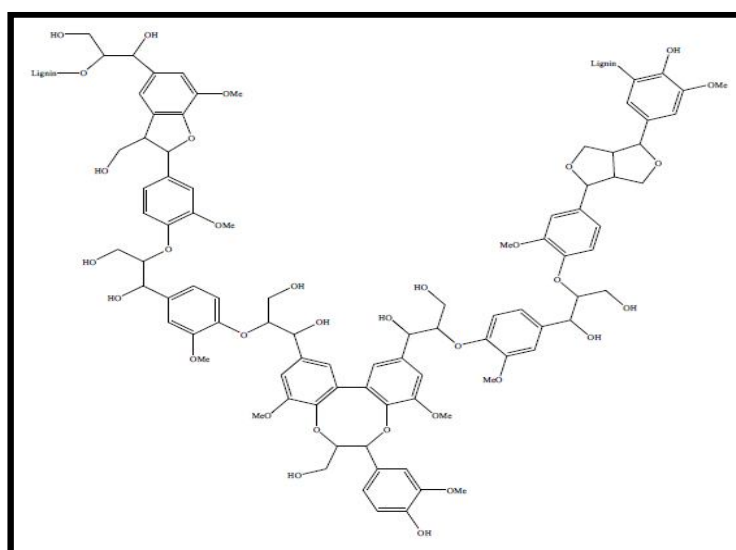


Figure 07 : Structure d'une lignine (Scalbert et Williamson, 2000).

3.1.4. Lignanes (C6-C3)₂

Les lignanes (figure 18) répondent à une représentation structurale de type (C6–C3)₂ 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).

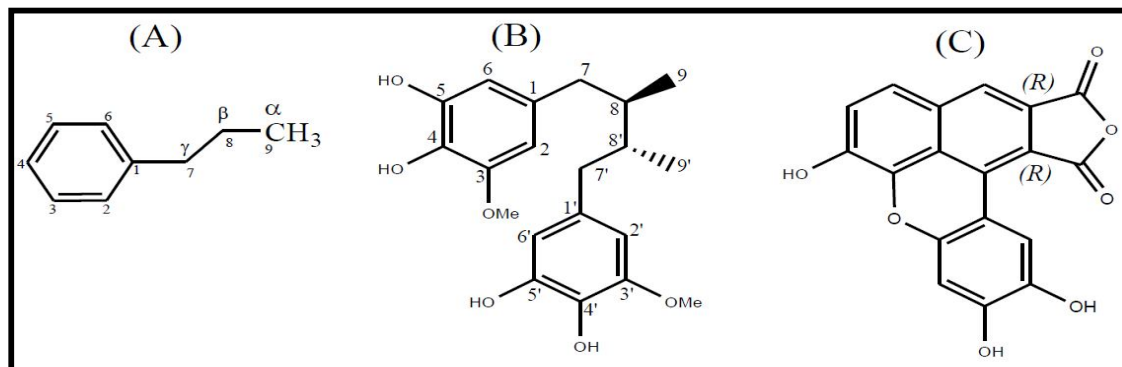


Figure 08: Exemples des structures chimiques des lignanes. (A) unité de phénylpropane C6-C3. (B) Sauriol A (lien β-β'). (C) rufescidride (Omar, 2010).

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 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).

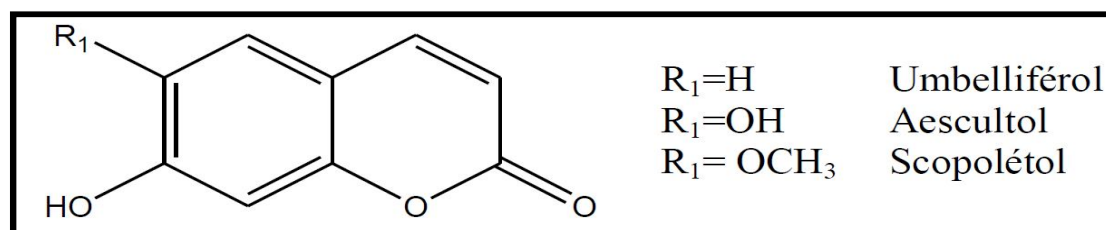


Figure 09: Quelques exemples des structures chimiques des coumarines (Macheix et *al.*, 2005).

3.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes 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 carbone liés avec une unité de trois atomes de carbone qui peut ou non être une partie d'un troisième cycle C (Tapas, 2008).

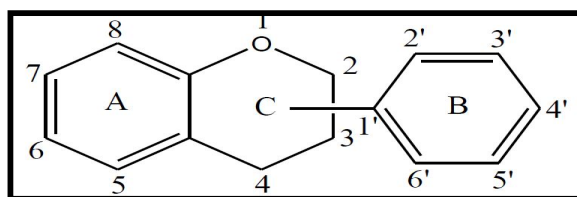
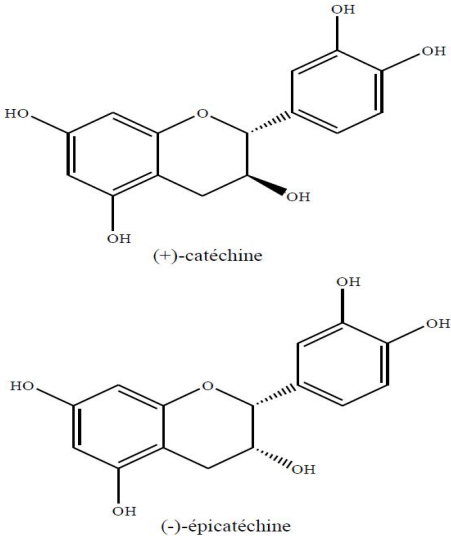
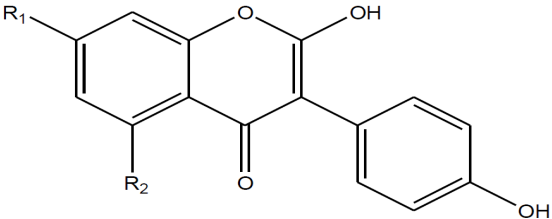
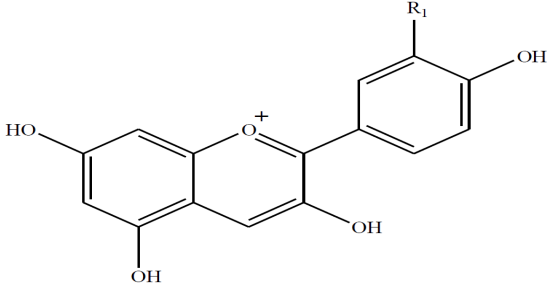


Figure 10: Structure de base des flavonoïdes (Dacosta, 2003).

Tableau I : Principales classes de flavonoïdes (Scalbert et Williamson, 2000)

Classe de flavonoïdes	Structure	Exemple
Flavonols		R1=H Kaempférol R1= OH Quercétine R1=OCH3 Isorhamnétine
Flavones		R1=R2=H Apigénine R1= OH , R2=H Lutéoline R1=R2= OCH3 Tricine
Flavanones		R1=H Naringénine R1= OH Eriodictyol R1=OCH3 Héspéritine

<p>Flavan-3-ols ou flavanols</p>	 <p>(+)-catéchine</p> <p>(-)-épicatéchine</p>	
<p>Isoflavones</p>		<p>R1=OH, R2=OH Genisteine</p> <p>R1= OGlucose, R2=H Daidzeine</p>
<p>Anthocyanes</p>		

3.3. Tanins

Les tanins sont des substances polyphénoliques de structures variées, ayant en commun la propriété de tanner la peau, c'est-à-dire de 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 on note 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. On distingue: les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Roux, 2007).

Les tanins 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).

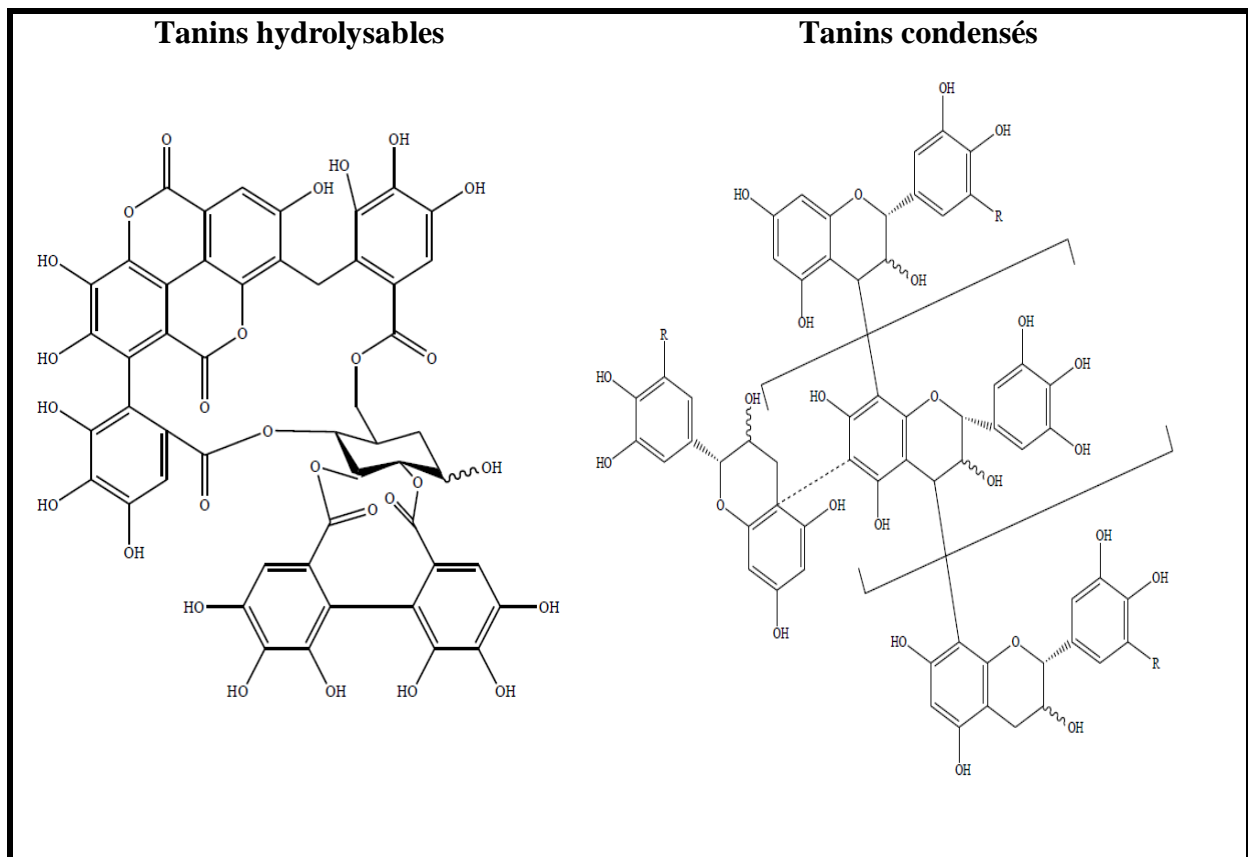


Figure 11 : structure de base des tanins hydrolysables et condensés (Hopkins, 2003).

II. Généralité sur *Lavandula stoechas* L., 1753

Pour la description de *Lavandula stoechas* L. *Sensu Stricto* nous nous intéresserons à la caractérisation des différentes parties dont elle est constituée.

1. Aspect générale de la plante

La lavande a été décrite par différents botanistes, notamment en Algérie. En effet, Quezel (1963) l'a décrite comme étant un sous-arbrisseau aromatique ; parfois arbustes vivaces atteignant jusqu'à 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* est munie de tiges grêlés à rameaux latéraux courts, nombreux, étalés-dressés, peu feuillés, terminés par un épi floral court, oblong, brièvement pédonculé à verticilles foliaires espacés.

2. Caractéristiques des différentes parties de *Lavandula stoechas* L.

Afin d'effectuer une description exhaustive de la plante d'une manière détaillée et précise, il y a lieu de passer par une description et une caractérisation de chaque organe :

2.1. Port en trichomes

D'après Benabdelkader (2012) de nombreuses espèces sont caractérisées par un feuillage et des fleurs très aromatiques de par la présence d'huiles essentielles élaborées dans des glandes (trichomes) couvrant une grande partie de la plante.

Ces structures sécrétrices ont révélé une grande diversité de patron de distribution, de morphologie et de densité, qui constituent autant de caractères taxonomiques importants (El-Gazzar et Watson, 1970 ; Heinrich et *al.*, 1983).

Une observation au microscopie électronique à balayage des trichomes des feuilles a montré qu'il existe chez les lavandes 5 types de trichomes sécréteurs (Zuzarte et *al.*, 2010). Ce sont les trichomes peltés à 8 cellules de tête sécrétrices, les trichomes capités de type I avec une tête bicellulaires, les trichomes capités de type II avec une tête unicellulaires, les trichomes bifurqués et les trichomes ramifiés mixte (trichomes non-glandulaire et glandulaire). Une autre étude a montré que l'espèce *L. angustifolia* est caractérisée par 5 types de trichomes tecteurs et 4 types de trichomes sécréteurs (Couderc-Le-Vaillant et *al.*, 1990).

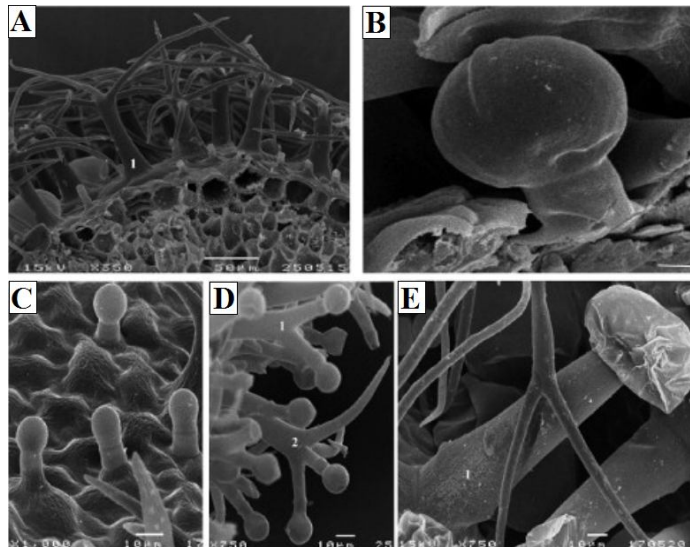


Figure 12 : Observation en microscopie électronique à balayage des trichomes de feuilles de *Lavandula stoechas* (Zuzarte *et al.*, 2010).

A, B, C: *Lavandula stoechas* subsp. *Luisieri* micrographies MEB. **A** – Les détails de l'article feuille transversale montrant épiderme supérieur avec trichomes non glandulaires ramifiés multi-cellulaires avec une tige portant plusieurs bras, le type stellaire (1); **B** – Capitates type I (bar échelle 4mm); **C** – Capitates type II; **D, E:** *L. pedunculata* micrographies MEB. **D** – Trichomes stellaire à bras glandulaires seulement (1) et stellaire trichomes glandulaires à bras glandulaires et non coexistant (2) **E** – Détail de l'épiderme supérieur sépales montrant trichomes glandulaire, avec une large tige (1)

2.2. Feuilles

Elles sont persistantes, opposées, sessiles, simples, poilues et le plus souvent grisâtres ou argentées et parfois vert sombre. Elles sont longues et étroites (Benabdelkader, 2012). Verticilles foliaires espacés, chaque verticille composé de 2 feuilles opposées, linéaires, acuminées au sommet, longues de 3 à 4 cm, larges de 2 à 3 mm (Debeaux, 1894).

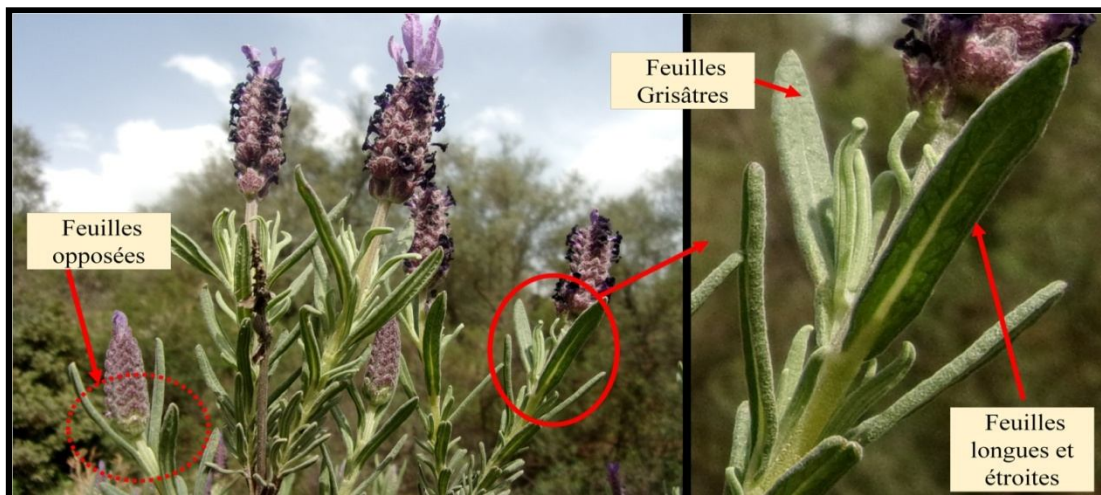


Figure 13 : Feuilles de *Lavandula stoechas* (Mâatkas, 2015).

2.3. Inflorescences

Les fleurs, avec pédicelle, sont disposées en verticilles (Debeaux, 1894), tenues en grappes de cymes cylindriques ou quadrangulaires (Battandier, 1888), à l'extrémité de tiges rarement feuillées (Benabdelkader, 2012). L'épi floral est court (Gubb, 1913), 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, incanescents en dessous, dépassant les entre-nœuds, 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 (Debeaux, 1894). Elles peuvent être le plus souvent mauves, bleues, violettes pourpres, roses ou lilas et parfois blanches, probablement suite à une mutation. Beaucoup d'espèces 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 spiciforme) (Upton, 2002; Lis-Balchin, 2002).



Figure 14 : Fleur de *Lavandula stoechas* (Mâatkas, 2015).

2.4. Corolle

La corolle est constituée de 5 pétales soudés. Elle a une forme en entonnoir, régulière, exserte à tube dilaté à la gorge, à 2 lèvres, la supérieure à 2 lobes, l'inférieure à 3. Elle est soudée avec 4 étamines subégales. Les lobes sont de taille variable. Dans la section *Stoechas* le tube est presque totalement inséré dans le calice. Les quatre étamines sont inclinées

(courbant vers le bas), généralement didynamous (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 (Battandier, 1888 ; Quezel, 1963 ; Benabdelkader, 2012).

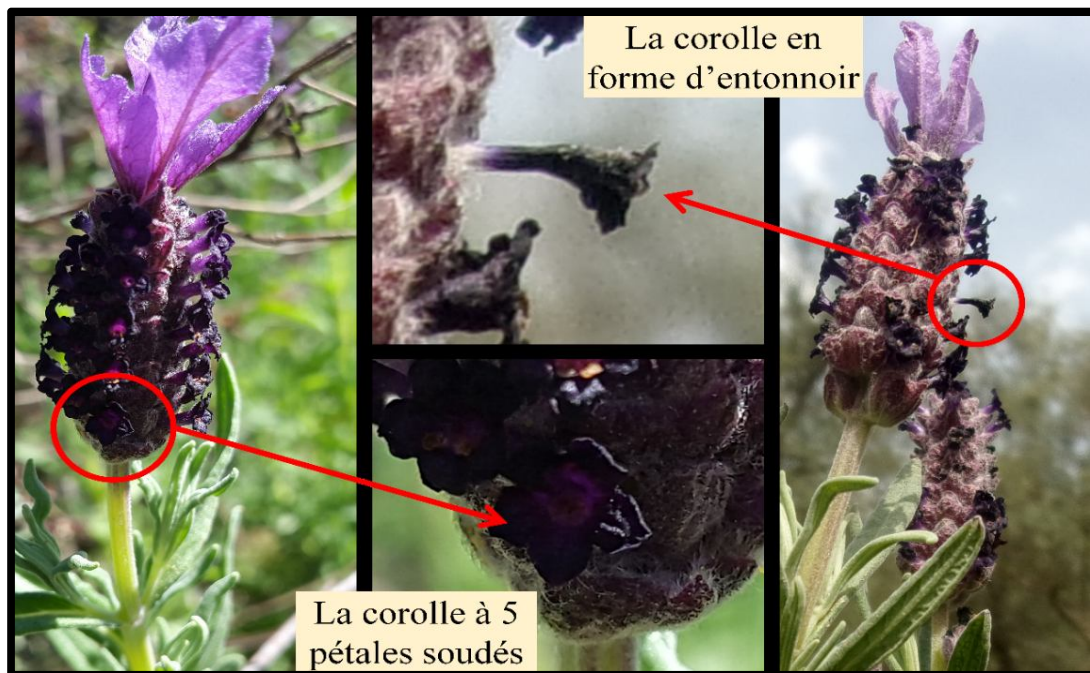


Figure 15 : Corolles (fleurs) de *Lavandula stoechas* (Ath Zmenzer, 2015).

2.5. 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 (bilabiée), la lèvre supérieure ayant alors trois lobes et la lèvre inférieure deux lobes. Les deux lèvres sont plus ou moins égales en taille ou la lèvre postérieure est plus large ou modifiée en un appendice à huit, treize ou quinze nervures. Les nervures des sépales inférieurs sont toutes portées à l'apex.

La variation de forme des calices offre de nombreux indices importants pour diagnostiquer les sections et espèces. 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. (Couderc–Le–Vaillant et *al.*, 1990).

2.6. Bractéoles et bractées

Les bractéoles sont petites, 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*, des bractées très développées sont également présentes à l'apex de l'inflorescence.

Ces dernières sont allongées, colorées, stériles et très attractives pour les pollinisateurs (Herrera, 1997).

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 *Subnuda* 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 (Benabdelkader, 2012)



Figure 16 : Bractées de *Lavandula stoechas* (Mâatkas, 2015).

2.7. Fruits (graines)

Le fruit des Lamiacées est un fruit sec indéhiscent de type akène et plus exactement appelé “nucule”. Les akènes des lavandes sont secs, à une seule graine et à péricarpe ligneux. La macro- et la micromorphologie des akènes sont souvent une source riche de données taxonomiques. La forme, la couleur, le type de la cicatrice d’abscission, la présence ou l’absence des cicatrices latérales et leurs longueurs, la taille et la production du mucilage ont longtemps été utilisés dans le genre *Lavandula*, principalement comme caractères permettant de différencier les sections (Chaytor, 1937).

La Microscopie électronique à balayage a été utilisée également pour étudier l'ornementation de surface. Un caractère d'intérêt présent sur beaucoup d'akènes de lavandes est porté par les petits corps globuleux blancs qui couvrent la surface de l'akène et qui sont particulièrement denses sur la cicatrice.

3. Classification phylogénétique de *Lavandula stoechas* L.

La classification phylogénétique des angiospermes c'est fondée 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 après la mise en place de la première classification phylogénétique APG (Angiosperm Phylogeny Group) en 1998, suivie de la classification phylogénétique APG II (2003). Chase et Reveal (2009) ont classé *Lavandula stoechas* L. comme suit :

- Clade des Angiospermes
- Clade des "Dicotylédones vraies" ou Eudicotylédones
- Clade du "Noyau des Dicotylédones vraies" ou "Eudicotylédones supérieures
- Clade des Astéridées
- Clade des Lamiidées ou Euastéridées I
- Ordre des *Lamiales*
- Familles des Lamiaceae
- Genre : *Lavandula*
- Espèce : *Lavandula stoechas* L., 1753

4. Répartition géographique

En Algérie, elle fut localisée en 1894 par Debeaux 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 Bougie.

Contrairement à beaucoup d'autres lavandes, cette lavande préfère les sols siliceux et les terrains acides. Elle supporte la mi-ombre et tolère le froid jusqu'à -5°C . La floraison, plus précoce que chez les autres lavandes, se déroule d'avril à mai puis en automne.

5. Différents usages de *L. stoechas* L.

Les teneurs relatives en polyphénols jouent un rôle prépondérant dans le choix de telle ou telle variété par l'herboriste ou l'industriel (Grayer et *al.*, 1996). Les espèces à haute valeur industrielle, médicinale et les plus couramment utilisées sont : *L. angustifolia*, *L. latifolia*, *L. stoechas*, *L. x intermedia*, *L. dentata*, *L. dhofarensis*, *L. fragrans* et *L. multifida* (Gámez et *al.*, 1987 ; Cavanagh et Wilkinson, 2002 ; Upson et Andrews, 2004).

Les lavandes sont parmi les plantes médicinales les plus utilisées. Des preuves documentées de l'utilisation des lavandes comme agent thérapeutique remontent jusqu'aux anciens Romains, Grecs et Arabes (Evelegh, 1996). Les lavandes étaient utilisées par les Romains pour conserver le linge et parfumer les bains. Les différentes lavandes ont certains usages en médecine traditionnelle et certains constituants chimiques similaires.

Cependant, il y a quelques différences dans les usages thérapeutiques rapportés pour les différentes espèces. Par exemple, la plupart des lavandes semblent avoir des actions carminatives mais *L. stoechas* est traditionnellement utilisée contre les maux de tête. (Agricultural Research Service, 2000). 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 (Gamez et *al.*, 1990 ; Buchbauer et *al.*, 1991 ; Schulz, 2005). Certaines espèces ont un effet acaricide (Lis-Balchin, 2002).

Récemment, l'aromathérapie est devenue de plus en plus populaire. La lavande y est utilisée comme relaxant (Ghelardini et *al.*, 1999 ; Lis-Balchin et Hart, 1999). La preuve scientifique est encore manquante pour un possible effet de détente générale après une inhalation (Lis-Balchin, 2002). 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 stéchas (*L. stoechas*) constituent des sources majeures de nectar pour les abeilles (Guyot-Declerck, 2002). De nombreux plants de lavande sont également vendues comme plantes ornementales pour les jardins populaires (Grieve, 1971 ; Lis-Balchin, 2002). 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 (González-Coloma et *al.*, 2006).

III. Généralité sur l'insecte et les bactéries utilisés

1. 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.

1.1. Description

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).

1.2. Systématique de *Tribolium castaneum*

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Classe** : Insecta
- **Ordre** : Coleoptera
- **Super-famille** : Tenebrionoidea
- **Famille** : Tenebrionidae
- **Genre** : *Tribolium*
- **Espèce** : *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)

1.3. Dégâts causés par *T. 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, etc.

2. Généralité sur les bactéries

2.1. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus appartient à la famille des *Micrococcaceae*. C'est un cocci à Gram+ de 0,5 à 1 µm de diamètre, non sporulé, ubiquitaire présente dans tous les milieux naturels (air, poussière, sol, eau, égouts, vêtements) mais également chez les animaux et chez les hommes (Clave, 2013).

La présence de *S. aureus* dans les aliments constitue un risque pour la santé humaine parce que certaines souches sont capables de produire des entérotoxines, dont l'ingestion provoque une intoxication. Les entérotoxines agissent au niveau des nerfs du tube digestif qui stimulent le centre des vomissements; douleurs abdominales; diarrhées; crampes (Green, 2012).

2.2. *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa est un bacille à Gram négatif, aérobie strict, oxydase positif, lactose négatif. Morphologiquement, cette bactérie est un germe non sporulé, en forme de bâtonnet de 0,5 à 0,8 µm de diamètre et d'une longueur de 1,5 à 3 µm. pratiquement toutes les souches sont mobiles grâce à un flagelle polaire unique (Yétérián, 2010)

Pseudomonas aeruginosa est une bactérie pathogène opportuniste de l'homme que l'on peut retrouver dans les sols et les milieux aquatiques. Elle peut provoquer des infections pulmonaires chez des patients sous respirateur artificiel ou ceux souffrant d'affections chroniques telles que la mucoviscidose. Elle peut également provoquer des infections chez des sujets sains. C'est l'un des principaux agents étiologiques des infections nosocomiales (Boukerb et Cournoyer, 2012).

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

Le matériel végétal que nous avons utilisé provient de deux stations de la wilaya de Tizi-Ouzou. La première est un verger oléicole appartenant à la famille Mimoun du village d'Aqenjor dans commune d'Ath Zmenzer. La seconde station est aussi un verger oléicole appartenant à la famille Ammar, située au sein de la commune de Mâatkas, au village Ath Ahmed (Figure 17).

1.1. Site d'échantillonnage

La première station se situe à 469 m d'altitude et à 0,5 km du village d'Aqenjor. Ce dernier s'éloigne de 2,6 km de la commune d'Alma, chef-lieu d'Ath Zmenzer. Cette station, située au sud de la Wilaya de Tizi-Ouzou est distante de celle-ci de 14,7 km.

Les données climatologiques de cette région indiquent que les précipitations sont de l'ordre de 987 mm par an avec des variations de 161 mm entre le mois le plus sec (3 mm) et le mois le plus humide (164 mm).

D'autre part, la moyenne de la température annuelle est de 16,4°C et est comprise entre une moyenne de 26,5°C en Août et moyenne de 8,0°C en Janvier.

Quant à la seconde station, elle se localise au niveau du village d'Ath Ahmed se trouvant à 1,3 km du chef-lieu de la Daïra de Mâatkas. Perché à 365 m d'altitude, cette station est orientée plein Sud par rapport à Tizi-Ouzou dont elle est éloignée de 24,9 km.

Par ailleurs, la pluviométrie de cette région indique qu'elle atteint une moyenne de 941 mm par an avec une variation de 156 mm entre le mois le plus sec (3 mm) et le mois le plus humide (164 mm).

Avec des températures moyennes de 16,4°C en Aout et 8,1°C en Janvier, cette région enregistre une température annuelle de 16,4°C (anonyme 1, 2015)



Figure 17 : Géolocalisation des deux stations d'étude (source : www.google.fr/maps).

1.2. Méthode d'échantillonnage

Le prélèvement des échantillons s'est effectué en utilisant un carré d'échantillonnage de 1 m² au sein duquel nous avons prélevé des individus au hasard. En effet, un individu par mètre carré fut prélevé, à raison de 3 individus par station.

Dans la mesure où l'espèce étudiée n'évolue pas en population concentrée dans un seul espace, et que sa répartition sur le terrain se fait par un regroupement de 3 à 4 individus aléatoirement dispersés ; nous avons considéré que chaque regroupement représentait à lui seul un groupe d'échantillonnage.

Ainsi, c'est sur cet amas d'individus que s'est fait l'échantillonnage. Comme le montre la figure 18, notre choix des échantillons s'est fait de façon à avoir des individus évoluant sous les mêmes conditions pédoclimatiques (degré d'ensoleillement, le même périmètre, sol identique...). Autrement dit, les individus de chaque station furent prélevés dans des conditions homogènes (figure 18). L'échantillonnage s'est effectué le 20 Mars 2015 à Ath Zmenzer et le 21 mars 2015 à Mâatkas.

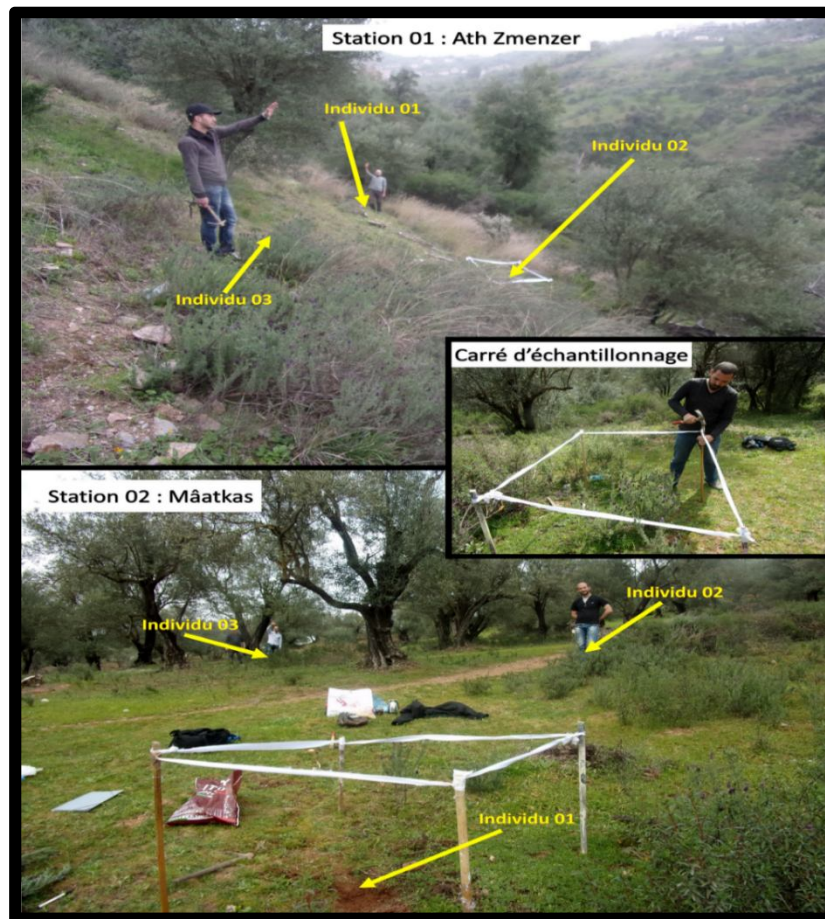


Figure 18 : Méthode d'échantillonnage.

1.3. Procédé de prélèvement

Les individus sélectionnés dans chaque carré d'échantillonnage sont tout d'abord attachés avec un ruban en tissu afin de :

- Faciliter le prélèvement ;
- Préserver la plante de toute blessure ;
- Éviter la perte de feuilles durant le transport jusqu'au laboratoire.

Une fois l'individu attaché, nous l'avons extrait de la racine puis plongé dans un pot. Ce dernier fut préalablement rempli de terre rhizosphérique d'où fut extrait l'individu. Enfin, les échantillons furent étiquetés puis placés dans de larges sacs en plastique permettant de garder le matériel végétal frais. La figure 19 illustre toutes les étapes que nous avons suivies lors du prélèvement des échantillons.



1 : *Lavandula stoechas*. **2** : disposition du carré d'échantillonnage autour des individus choisis; **3 et 4** : protection des individus avec un ruban en tissu ; **5 et 6** : creuser autour de l'individu afin de faire apparaître les racines ; **7 et 8** : prélèvement des individus depuis la racine ; **9** : dépôt des individus dans des pots en plastique contenant de la terre rhizosphérique.

Figure 19 : Procédé de prélèvement des échantillons.

1.4. Préparation du matériel végétal

Une fois au laboratoire, nous avons effeuillé et défleuri les individus un à un. Les feuilles et les fleurs obtenues sont pesées puis placées dans une étuve afin de les sécher à 25°C, température à laquelle la quantité d'eau contenue dans la plante est éliminée sans abîmer l'individu. Après 7 jours de séchage à 25°C, les feuilles et les fleurs sont broyées à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre obtenue fut pesée puis placée dans des bocaux hermétiques à l'abri de l'humidité (figure 20).



Figure 20 : Méthode de préparation du matériel végétal.

2. Détermination de la teneur en eau de *Lavandula stoechas* L.

La pesée du matériel végétal frais et séché nous a permis de calculer la teneur en eau et en matière volatile de *Lavandula stoechas* L. Le calcul s'est fait en utilisant la formule suivante :

$$Te = \left(1 - \frac{m_{\text{matière sèche}}}{m_{\text{matière fraîche}}} \right) \times 100\%$$

Avec : Te = Teneur en eau

$m_{\text{matière sèche}}$ = masse de la matière sèche en gramme (g)

$m_{\text{matière fraîche}}$ = masse de la matière fraîche en gramme (g)

3. Extraction des polyphénols totaux

Nous avons procédé à l'extraction des polyphénols totaux en utilisant la méthode de macération par solvant décrite par Chan et *al.* (2009) avec de légères modifications.

Afin de limiter le taux d'oxydation des composés phénoliques, nous avons réalisé le processus d'extraction à l'abri de la lumière en recouvrant toute la verrerie avec du papier aluminium.

Suivant le protocole, 1g de matériel végétal finement broyé est soumis à l'extraction par macération dans une solution n-butanol/eau (60/40 : v/v) pendant 2 heures avec agitation de temps en temps. Le macéras de chaque échantillon est ensuite filtré à l'aide d'un papier filtre Watman n°01. Chaque filtrat est versé dans une ampoule à décantier afin de séparer la phase aqueuse de la phase alcoolique contenant les polyphénols. Le surnageant (phase alcoolique) est récupéré après décantation puis évaporé dans une étuve à 40°C.

Nous avons pesé l'extrait sec, puis nous l'avons repris dans 10 ml d'eau distillée. Cet extrait est conservé à 4°C.

4. Caractérisation chimique

Nous avons à la fois déterminé la concentration des extraits obtenus et effectué un dosage des polyphénols totaux contenus dans chaque partie de la plante provenant des deux stations d'étude.

4.1. Détermination de la concentration des extraits en polyphénols totaux

L'extrait sec obtenu après évaporation du solvant d'extraction fut pesé puis repris dans 10 ml d'eau distillée. Cette pesée a permis de calculer la concentration des extraits en polyphénols totaux.

$$C_{\text{extrait}} = \frac{m_{\text{extrait sec}}}{V_{\text{eau}}}$$

Avec : C_{extrait} = concentration de l'extrait

$m_{\text{extrait sèche}}$ = masse de l'extrait sec après extraction en milligramme (mg)

V_{eau} = Volume d'eau utilisé pour récupérer l'extrait sec (10 ml)

4.2. Dosage des polyphénols totaux

La teneur totale en composés phénoliques a été déterminée en utilisant le réactif de Follin-Ciocalteu selon la méthode décrite par Bonnaillie et *al.* (2012).

Nous avons prélevé 1mL de chaque extrait dans un tube à essai auquel nous avons ajouté 1mL du réactif de Follin-Ciocalteu. Après 5 minutes, nous avons additionné au mélange 16 ml de Carbonate de Sodium (Na_2CO_3) à 7,5 %. L'essai à blanc a été préparé en remplaçant l'extrait végétal par 1 ml d'eau distillée. Ensuite les tubes à essai ont été recouverts de papier aluminium, et portés à incubation à température ambiante pendant 30 minutes. L'absorbance a été mesuré par rapport à l'essai à blanc à 765 nm en utilisant un spectrophotomètre de lumière UV. La teneur en polyphénols est calculée à partir de l'équation de régression établie avec l'acide gallique (gamme d'étalonnage 0-200 $\mu\text{g/L}$).

5. Activité antimicrobienne

Afin de tester le pouvoir antibactérien de nos extraits, nous avons choisi deux souches bactériennes de référence obtenues au laboratoire de microbiologie de la faculté des sciences biologiques et agronomique. L'une à Gram négatif (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853) et l'autre à Gram positif (*Staphylococcus aureus* ATCC 43300). Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur le protocole décrit par Lesueur et *al.* (2007).

5.1. Préparation des pré-cultures

Les tests antimicrobiens doivent se faire à partir de souches âgées de 24h, autrement dit à la phase exponentielle de leur croissance. De ce fait, une réactivation des souches fut obligatoire sur BHIB (Brain Heart Infusion Broth) suivi d'une incubation pendant 24h à 37°C. A partir de ces souches, nous avons effectué un repiquage sur des boîtes de pétri contenant un milieu de culture Mueller Hinton, puis nous les avons portées à incubation à 37°C pendant 24h.

5.2. Préparation des suspensions bactériennes

A l'aide d'une anse de platine, nous avons prélevé quelques colonies bien isolées que nous avons introduites dans des tubes contenant 1 ml d'eau physiologique stérile. Après homogénéisation des tubes au vortex, la lecture de sa densité optique a été effectuée à une longueur d'onde de 620 nm. La DO de la suspension doit être comprise entre 0,08 et 0,1 correspondant à une concentration de 10^7 à 10^8 UFC/ml. La suspension est ensuite diluée

jusqu'à 10^6 UFC/ml soit au $1/10^{\text{ème}}$ en ajoutant 9 ml d'eau physiologique stérile, ce qui correspond à la concentration finale de la suspension.

5.3. Evaluation de l'activité antimicrobienne

Afin d'évaluer l'activité antimicrobiennes, nous avons utilisé la méthode de diffusion du composé microbien en milieu solide décrit par Broadasky et *al.* (1976).

Dans une boîte de pétri, préalablement coulée avec un milieu de culture Mueller Hinton et ensemencé par la souche bactérienne étudiée, nous avons disposé 3 disques pour accueillir les extraits et considérés ainsi comme des répétitions, 1 disque de tétracycline comme témoin positif et 1 disque qui contiendra de l'eau distillée et considéré comme témoin négatif. Nous avons réalisé la même opération pour chacun des extraits. Nous avons ensuite porté les boîtes à incubation à une température de 37°C pendant 24h.

Selon Bouharb (2003), la sensibilité des bactéries aux extraits végétaux est définie comme suit :

- Ø inférieur à 8 mm : bactéries non sensible (-)
- Ø compris en entre 8 et 14 mm : bactérie sensible (+)
- Ø compris entre 15 et 19 mm : bactérie très sensible (++)
- Ø supérieur à 20 mm : bactérie extrêmement sensible (+++)

6. Evaluation de l'activité insecticide

Le but de cette partie de notre étude est d'évaluer dans des conditions de laboratoire, l'activité insecticide de la poudre des feuilles de *Lavandula stoechas* sur un ravageur des denrées stockées, *Tribolium castaneum* Herlist.

Pour ce faire, nous avons introduit les adultes de *T. castaneum* dans des bocaux préalablement remplis de blé tendre concassé. Les bocaux sont incubés à l'étuve à une température de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative de $65 \% \pm 5\%$. Les insectes adultes âgés de 7 à 14 jours ont été prélevés aléatoirement puis utilisés dans le bio-test.

Dans des boîtes de pétri, nous avons mélangé 100 g de blé tendre concassé avec différentes doses de poudre de feuilles de *Lavandula stoechas*. Les doses additionnées au blé tendre sont de l'ordre de 4, 6, 8, 10, 12, 14 et 16 g. Une boîte de pétrie témoin fut préparée avec seulement le blé tendre concassé, sans l'addition de la poudre de feuilles. Sur chacune des boîtes de pétri, nous avons introduit 20 individus adultes de *T. castaneum*. Trois répétitions ont été réalisées pour chaque dose.

Un comptage des individus morts est effectué chaque jour. Ces insectes morts sont extraits de la boîte de pétri lors de chaque comptage.



Figure 21 : Préparation du bio-test par contact.

7. 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 lieu, nous avons voulu comparer les résultats obtenus dans les deux stations et ce, pour chaque partie de la plante. Le test statistique vise à savoir si la différence entre les deux stations est statistiquement significative ou pas.

Dans la mesure où la comparaison se fait entre deux populations 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 stations et ce, 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 des tests effectués sur les feuilles et sur les fleurs de chaque station d'étude. Pour ce cas aussi nous avons 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 de chaque station, 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. Analyses physico-chimiques

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

1.1. Calcul de la teneur en eau

La pesée du matériel végétal frais puis séché nous a permis de calculer la teneur en eau des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* L. Les résultats des teneurs en eau déterminées pour chacune des parties de plante de chaque individu ainsi que les moyennes plus ou moins l'écart type calculées sont groupés dans le tableau I, annexe 02.

Tableau II : Résultats du calcul des teneurs en eau (TE) contenues dans les différentes parties de *Lavandula stoechas* L. provenant des deux stations d'étude.

	TE des feuilles (%)	TE des fleurs (%)	TE par fleurs (%)
Station 01	7,60 ± 0,76	17,47 ± 1,29	0,21 ± 0,19
Station 02	8,79 ± 1,08	16,91 ± 1,36	0,25 ± 0,175

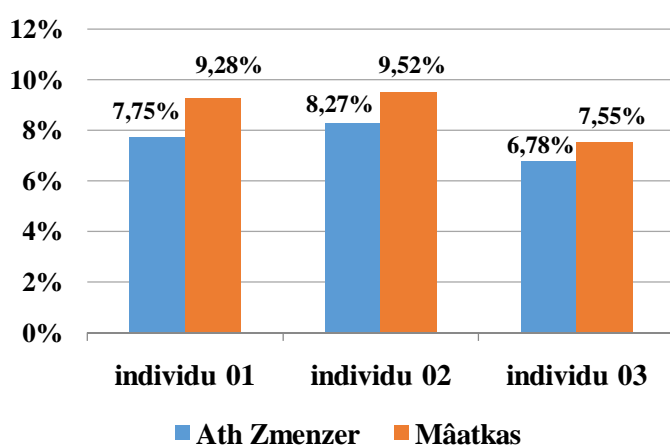


Figure 22 : Teneurs en eau des feuilles de *Lavandula stoechas* provenant des deux stations d'étude (%).

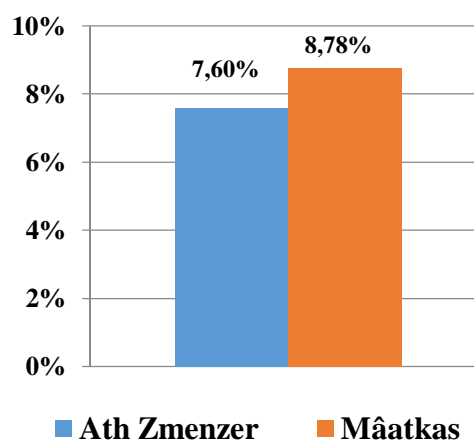


Figure 23 : Teneurs en eau moyennes des feuilles de *Lavandula stoechas* des deux stations d'étude (%).

D'après le tableau II et les figures 22 et 23, il apparaît que la teneur en eau des individus provenant de la station de Mâatkas montre un maximum de 9,52 % et un minimum de 7,55 %, contre un maximum de 8,27 % et un minimum de 6,78 % pour la station d'Ath Zmenzer. En effet, les feuilles des individus provenant de la station 02 ont une teneur en eau plus élevée que celle de la station 01 avec, respectivement, des moyennes de 8,78 % et de 7,60 %.

L'analyse statistique a révélé une p-value supérieure au seuil de signification $\alpha=0.05$ et dont la valeur est de 0,195398. Ceci implique qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux stations d'un point de vue teneur en eau.

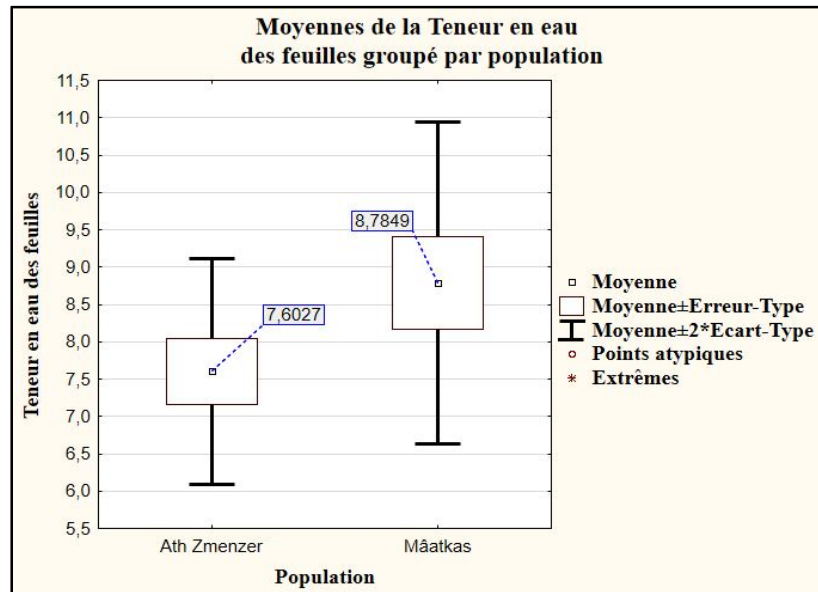


Figure 24 : Moyennes \pm écart type de la teneur en eau des feuilles des deux stations d'étude.

Le tableau II et les figures 25 et 26 illustre les résultats obtenus pour la teneur en eau des fleurs des deux stations ainsi que les moyennes plus ou moins l'écart type calculés

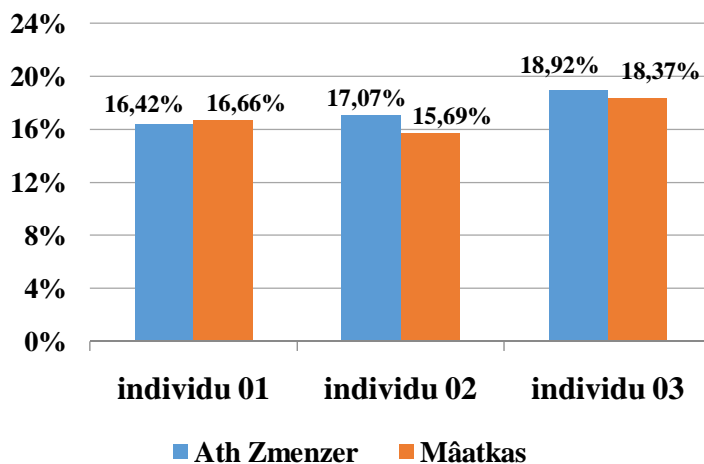


Figure 25 : Teneurs en eau des fleurs de *Lavandula stoechas* provenant des deux stations d'étude (%).

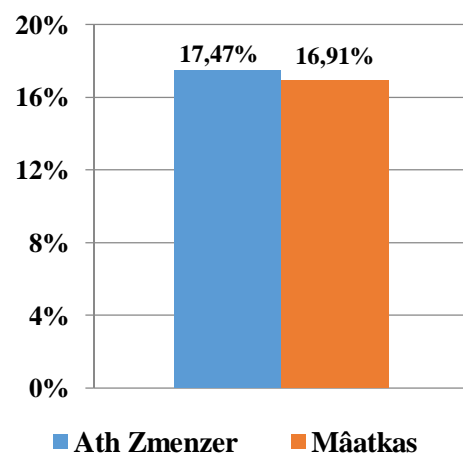


Figure 26 : Teneurs en eau moyenne des fleurs de *Lavandula stoechas* issues des deux stations d'étude (%).

Contrairement aux feuilles, la teneur en eau des fleurs montre un résultat différent. En effet, le tableau II et les figures 25 et 26, montrent que la teneur en eau des fleurs des individus issus de la station d'Ath Zmenzer est plus élevée que celle de la station de Mâatkas avec des moyennes respectives de 17,47 % et de 16,91. A juste titre, l'analyse des résultats

pour chaque individu montre un maximum de 18,92% et un minimum de 16,42% pour la station 01 contre un maximum de 18,37% et un minimum de 16,67% pour la station 02.

D'un point de vue statistique, il n'y a pas de différence significative entre les deux stations dans la mesure où la p-value obtenue pour la teneur en eau de fleurs est de 0,519815 et est supérieur à $\alpha=0,05$.

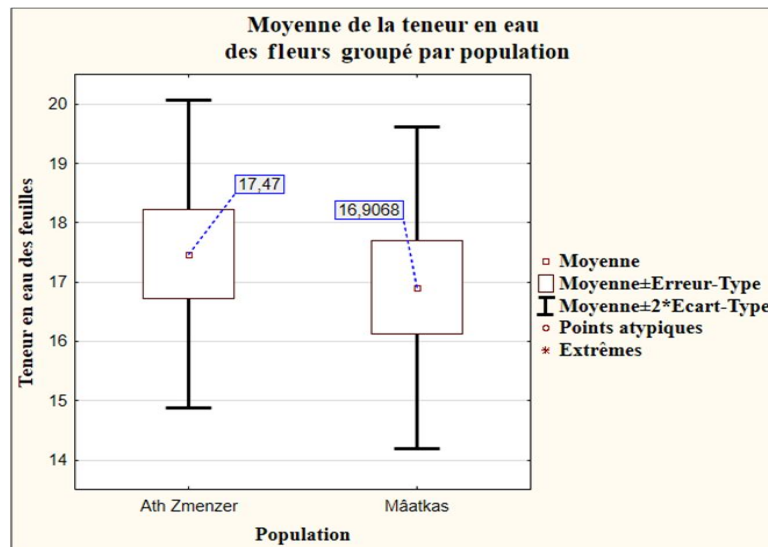


Figure 27 : Moyennes \pm écart type de la teneur en eau des fleurs des deux stations d'étude.

Quand à la teneur en eau de chaque fleur, le tableau II et les figures 28 et 29 montrent les résultats obtenus ainsi que les moyennes plus ou moins l'écart type calculés.

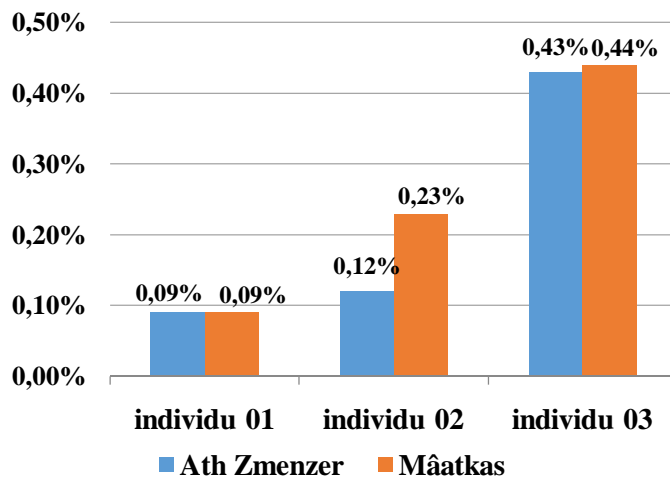


Figure 28 : Teneurs en eau par fleurs de *Lavandula stoechas* (%).

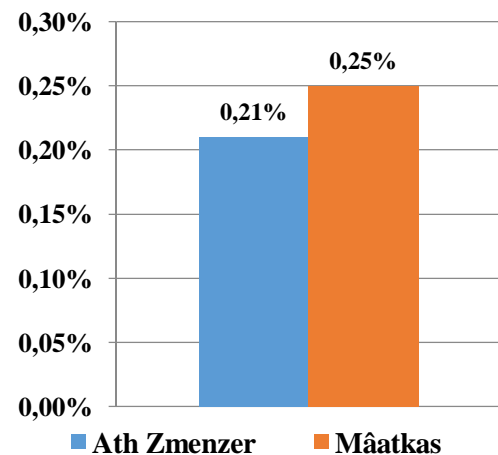


Figure 29 : Teneurs en eau moyenne par fleurs de *Lavandula stoechas* (%).

Les teneurs en eau de chaque fleurs présentées dans le tableau II et matérialisées par les figures 28 et 29 montrent que la station de Mâatkas est celle dont la teneur en eau par fleur est plus importante comparée à la station d'Ath Zmenzer avec des moyennes par fleur de

0,25% et 0,21% respectivement pour les deux stations. Cependant, le calcul de la teneur en eau de l'ensemble des fleurs a montré que la station d'Ath Zmenzer avait une moyenne plus élevée que celle de Mâatkas (17,47 % et 16,90% respectivement).

Cela pourrait être dû au fait que le nombre de fleurs par individu soit plus important au sein de la station 01 que dans la station 02. En effet, la station 01 compte un totale de 368 fleurs (178, 146 et 44 fleurs respectivement pour les individus 01, 02 et 03) contre un total de 297 fleurs dans la station 02 (respectivement 187, 68 et 42 fleurs pour les individus 01, 02 et 03)

Par ailleurs, sur le plan statistique, la p-value obtenue est de 0,8042. Celle-ci étant supérieure à 0.05 donc il n'y a pas de différence statistiquement significative entre la teneur en eau contenue dans chaque fleur de la station 01 et celle de la station 02.

La figure 30 indique l'absence de différence statistiquement significative entre les deux stations d'un point de vue teneur en eau par fleur.

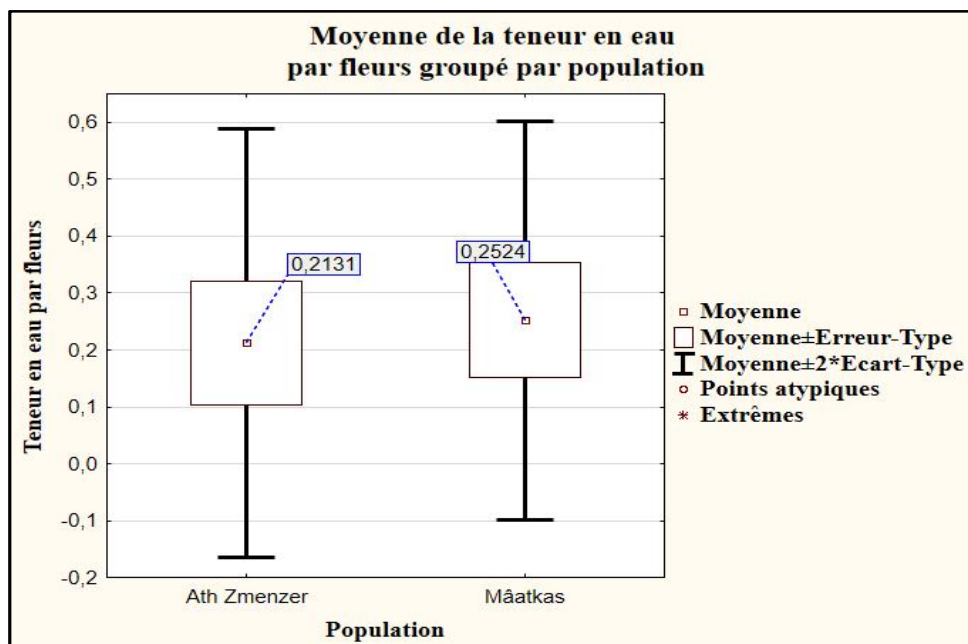


Figure 30 : Moyennes \pm écart type de la teneur en eau contenue dans chaque fleur des stations d'étude.

La comparaison entre les parties de la plante a permis de tracer les graphes suivant. En effet, les figures 31 et 32 ainsi que le tableau II illustrent les résultats obtenus pour la teneur en eau des feuilles et des fleurs de la station d'Ath Zmenzer.

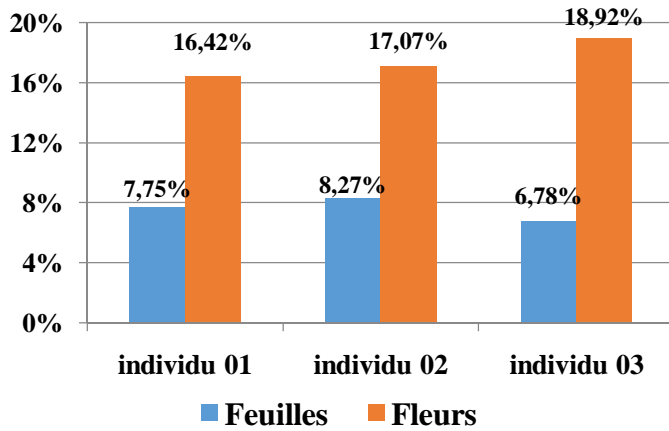


Figure 31 : Teneurs en eau des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* provenant de la station d'Ath Zmenzer (%).

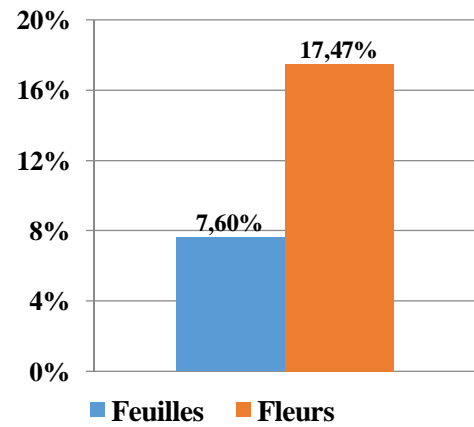


Figure 32 : Teneurs en eau moyennes des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* d'Ath Zmenzer (%).

Des figures 31 et 32, il apparait que pour la station d'Ath Zmenzer, la teneur en eau des fleurs est supérieure à celle des feuilles avec des moyennes de 17,5% et 7,60% pour les fleurs et les feuilles respectivement (un maximum de 18,92% et un minimum de 16,42% pour les fleurs, contre un maximum de 7,75% et un minimum de 6,78% pour les feuilles).

Le test de STUDENT montre une p-value de 0,0003 qui est inférieure à $\alpha=0,05$. Ce qui implique qu'il y a une différence statistiquement significative entre la teneur en eau des feuilles et des fleurs de la station d'Ath Zmenzer.

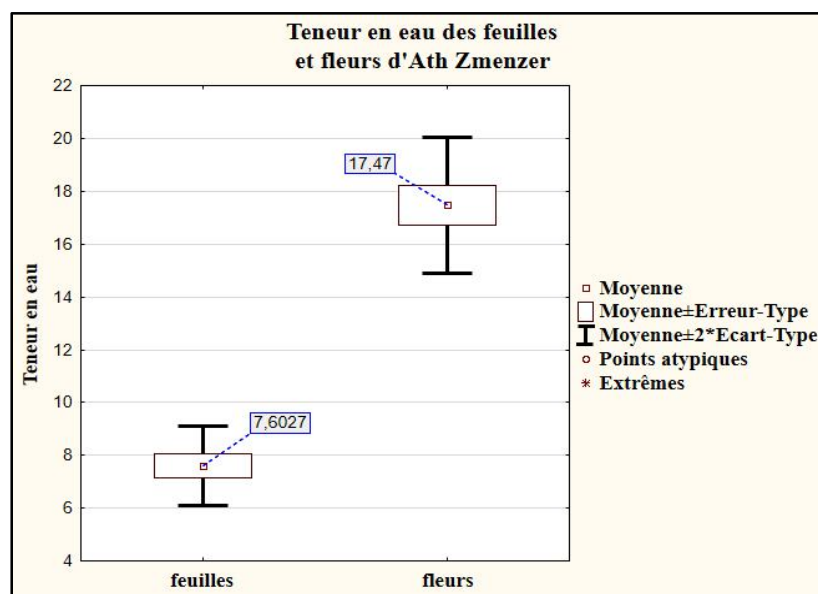


Figure 33 : Moyennes \pm écart type de la teneur en eau des feuilles et fleurs d'Ath Zmenzer.

Les figures 34 et 35 ainsi que le tableau II illustrent les résultats obtenus pour la teneur en eau des feuilles et des fleurs de la station de Mâatkas.

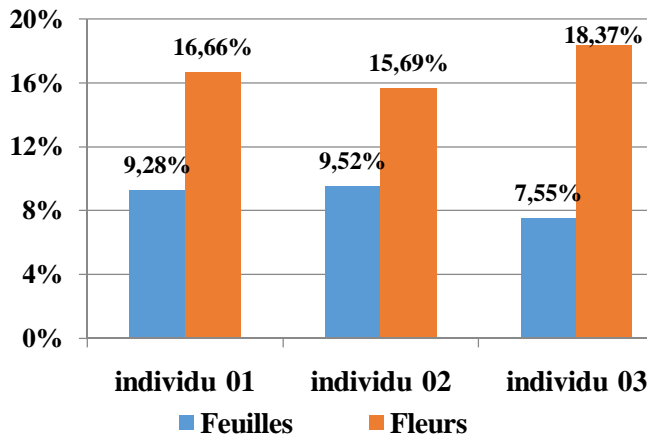


Figure 34 : Teneurs en eau des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* provenant de la station de Mâatkas (%).

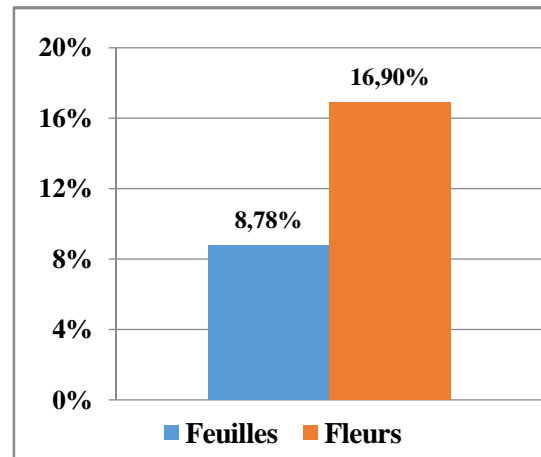


Figure 35 : Teneurs en eau moyenne des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* de Mâatkas (%).

Les résultats du tableau II illustré par les figures 34 et 35, montrent que même pour la station de Mâatkas, la teneur en eau des fleurs est supérieure à celle des feuilles avec des moyennes de 16,90% et 8,78% pour les fleurs et les feuilles respectivement (un maximum de 18,37% et un minimum de 15,69% pour les fleurs, contre un maximum de 9,52% et un minimum de 7,55% pour les feuilles).

Le test de statistique montre une p-value de 0,0012 qui est inférieure à $\alpha=0,05$. Ce qui implique qu'il y a une différence statistiquement significative entre la teneur en eau des feuilles et des fleurs de la station de Mâatkas.

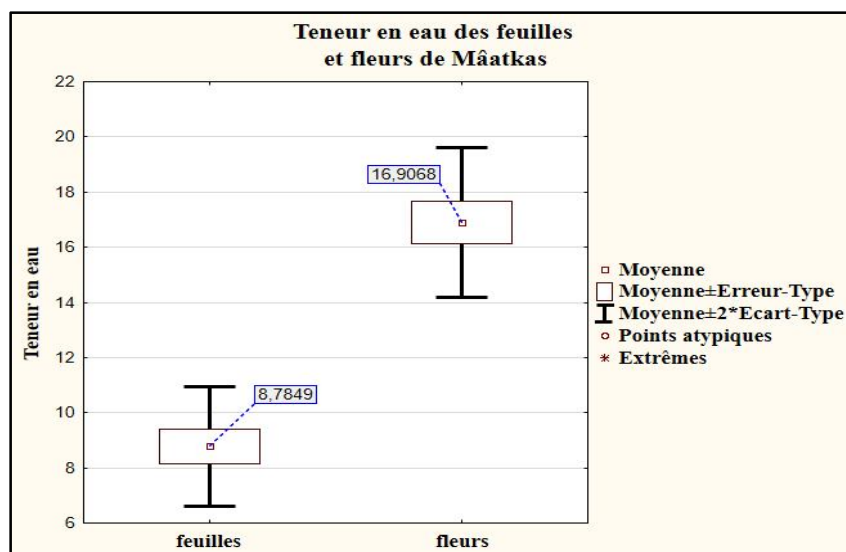


Figure 36 : Moyennes \pm écart type de la teneur en eau des feuilles et fleurs de Mâatkas.

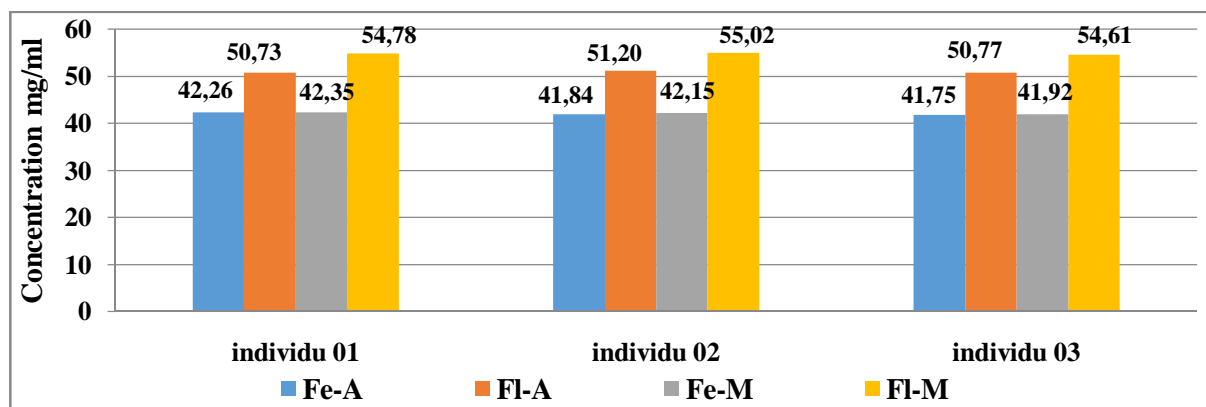
1.2. Concentration des extraits

La pesée de la poudre de polyphénols totaux obtenue après évaporation du solvant d'extraction puis repris dans de l'eau distillée, a permis de calculer la concentration des extraits. Les résultats sont résumés dans le tableau III et sont exprimés en milligramme par millilitre (mg/ml). Les résultats détaillés et les moyennes plus ou moins l'écart type sont résumé dans le tableau II, annexe 03

Tableau III : résultats du calcul de la concentration des extraits de polyphénols totaux des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* issues des deux stations d'étude (mg/mL).

	Ath Zmenzer			Mâatkas		
	Individu 01	Individu 02	Individu 03	Individu 01	Individu 02	Individu 03
Feuilles	42,26	41,84	41,75	42,35	42,15	41,92
Fleurs	50,729	51,201	50,771	54,775	55,023	54,611

Le tableau II et la 37 illustrent les résultats du calcul de la concentration en polyphénols totaux des extraits de feuilles et de fleurs des deux stations.



Avec :
 Fe-A : Feuilles d'Ath Zmenzer
 Fl-A : Fleurs d'Ath Zmenzer
 Fe-M : Feuilles de Mâatkas
 Fl-M : Fleurs de Mâatkas

Figure 37 : Concentrations en polyphénols totaux des extraits de feuilles et de fleurs de *Lavandula Stoechas* provenant des deux stations (mg/ml).

Les résultats de tableau III et la figure 37 indiquent que les concentrations des extraits obtenus à partir des feuilles des deux stations sont très proches avec une valeur minimale de 41,84 mg/ml et une valeur maximale de 42,35 mg/ml. Par ailleurs, les valeurs obtenues pour la concentration des extraits de fleurs des deux stations sont comprises entre 50,77 et 55,02 mg/ml. Il apparaît aussi que la concentration en polyphénols des fleurs est plus élevée que celle des feuilles.

1.3. Dosage des polyphénols totaux

1.3.1. Gamme d'étalonnage

Le taux de polyphénols totaux contenus dans nos extraits a été calculé suivant une courbe d'étalonnage linéaire ($y = 3,4436 x + 0,0396$) établie grâce à des concentrations précises d'acide gallique comme standard de référence, dans les mêmes conditions que les deux échantillons. L'absorbance correspondant à la mesure de la densité optique a été enregistré à la longueur d'onde de 760 nm. Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau IV.

Tableau IV : Résultats de l'absorbance de l'acide gallique à différentes concentrations.

Concentration (mg/ml)	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
Absorbance	0,13	0,239	0,379	0,435	0,601	0,657	0,725	0,861	0,953	1,098

La courbe d'étalonnage de l'acide gallique a été tracée en prenant la concentration (mg/ml) en fonction de l'absorbance et le coefficient de corrélation $R^2 = 0,9935$.

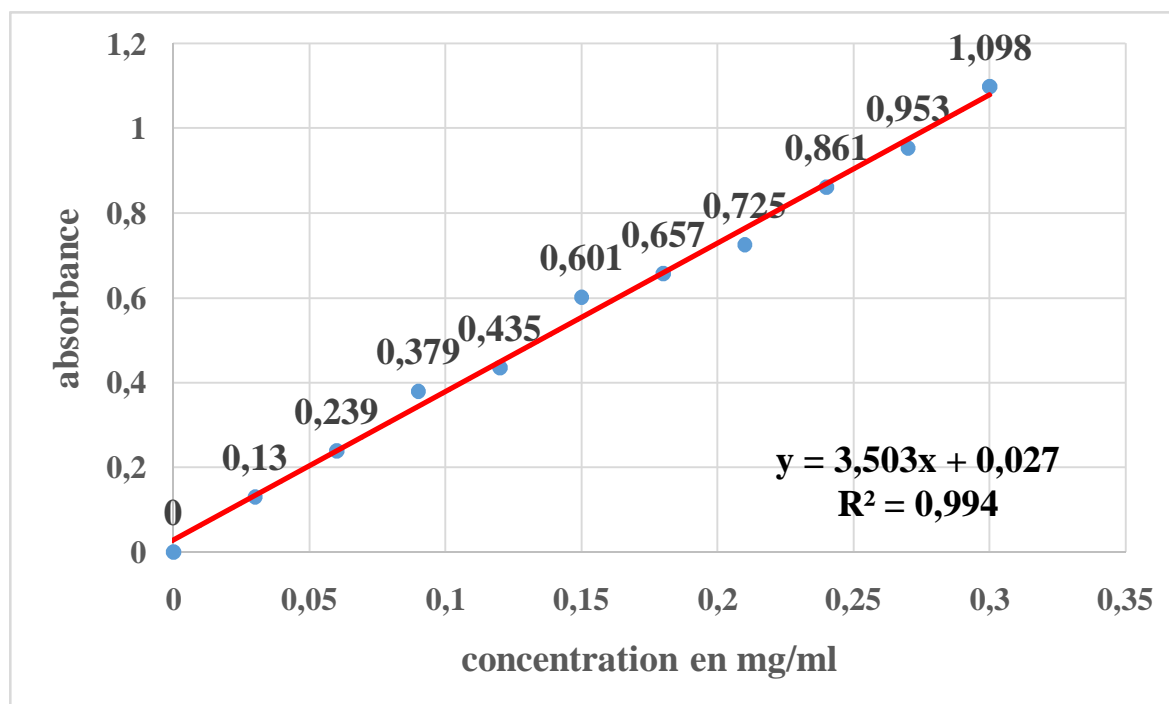


Figure 38 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

1.3.2. Résultats de l'estimation de la teneur en polyphénols

Nous avons utilisé l'équation de régression obtenue par la gamme d'étalonnage de l'acide gallique ($Y = 3,4436 x + 0,0396$) afin de retrouver le taux de polyphénols contenus dans nos extraits et ce, en remplaçant x par l'absorbance obtenus par chaque extrait.

Les résultats correspondent à la quantité de polyphénols contenus dans l'extrait au n-Butanol obtenu après extraction. Ces résultats sont exprimés en gramme Equivalent Acide Gallique par cent gramme de matière sèche (g EAG / 100 g MS). Les résultats de l'estimation de la teneur en polyphénols déterminées pour chaque partie de plante de chaque individu ainsi que les moyennes plus ou moins l'écart type calculées sont groupés dans le tableau III, annexe 05.

Tableau V : Résultats de l'estimation de la teneur en polyphénols (TEP) contenue dans les différentes parties de *Lavandula stoechas* L. provenant des deux stations d'étude.

	Estimation de la teneur moyenne en polyphénols des feuilles (g EAG/100g MS)	Estimation de la teneur moyenne en polyphénols des fleurs (g EAG/100g MS)
Station 01	16,18 ± 1,69	16,85 ± 3,52
Station 02	17,22 ± 1,43	16,48 ± 3,57

Le tableau V et les figures 39 et 40 résument les résultats de l'estimation de la TEP obtenus pour les feuilles de *Lavandula stoechas* issues de deux stations ainsi que les moyennes plus ou moins l'écart type calculés.

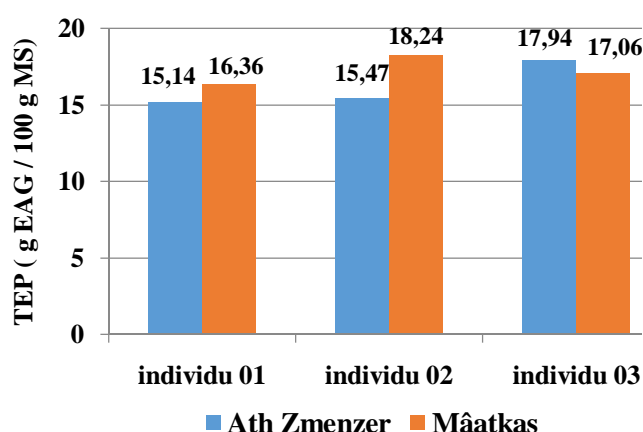


Figure 39 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles de *Lavandula stoechas* pour chaque individu (g EAG/100g MS)

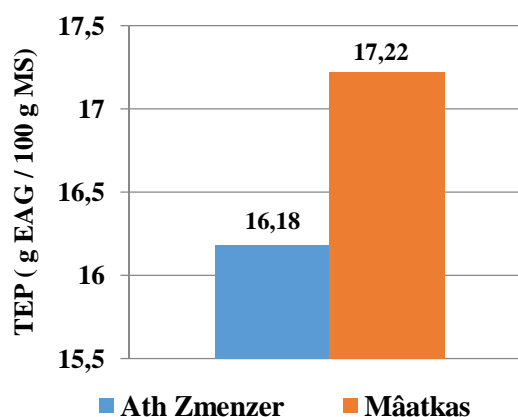


Figure 40 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles de *Lavandula stoechas* pour chaque station (g EAG/100g MS)

D'après les figures 39 et 40, nous remarquons que pour l'estimation de la teneur moyenne en polyphénols contenus dans les feuilles, les résultats sont très proches avec une valeur minimale de 15,14 g EAG/100g MS pour l'individu 01 de la station d'Ath Zmenzer et une valeur maximale de 18,24 g EAG/100g MS obtenue par l'individu 02 de la station de Mâatkas.

En effet, les moyennes globales des deux stations sont de 16,18 g EAG/100g MS pour la station d'Ath Zmenzer et de 17,22 g EAG/100g MS pour Mâatkas.

Pour l'estimation de la teneur moyenne en polyphénols contenus dans les feuilles de *Lavandula stoechas*, La comparaison des résultats par STATISTICA a révélé une p-value de 0,178 soit, une valeur supérieur à 0,05. Ce qui indique qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre la teneur en polyphénols des feuilles au sein des deux stations.

La figure 41 illustre les résultats obtenus après analyse statistique.

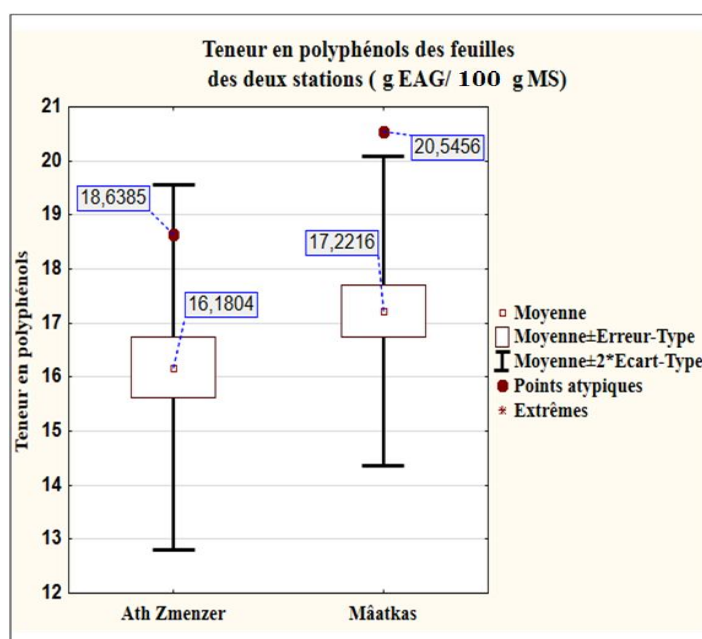


Figure 41 : Teneurs moyennes \pm écart type en polyphénols des feuilles de *Lavandula stoechas* provenant des deux stations.

Les résultats de l'estimation de la teneur en polyphénols obtenus pour les fleurs de *Lavandula stoechas* ainsi que les moyennes plus ou moins l'écart type calculés sont résumé dans les figures 42 et 43.

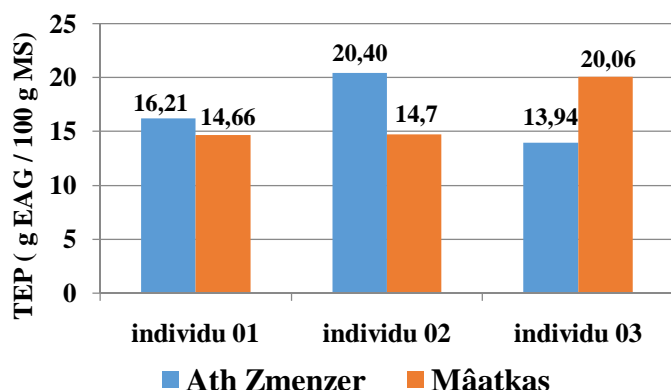


Figure 42 : Teneurs moyennes en polyphénols des fleurs de *Lavandula stoechas* pour chaque individu (g EAG/100g MS)

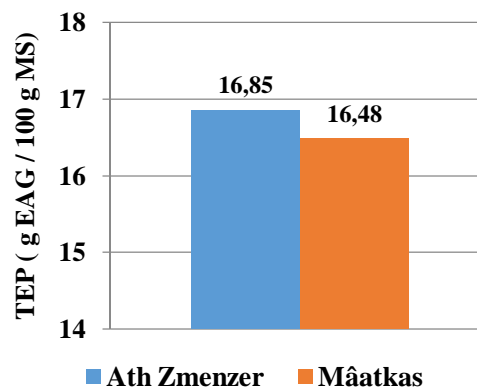


Figure 43 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles de *Lavandula stoechas* pour chaque station (g EAG/100g MS).

Pareillement, pour les fleurs des deux stations, la teneur moyenne en polyphénols est légèrement différente ; comme le montre les figures 42 et 43. Ainsi la station d'Ath Zmenzer montre un teneur en polyphénols comprise entre 13,94 et 20,40 g EAG/100g MS avec une moyenne de 16,85 g EAG/100g MS. Pour la station de Mâatkas nous avons enregistré un intervalle de 14,66 à 20,06 g EAG/100g MS avec une moyenne de 16,47 g EAG/100g MS.

Les différences entre les résultats obtenus sont statistiquement non significatif dans la mesure où la p-value obtenue pour ce paramètre est supérieur au seuil de signification $\alpha=0,05$ et est de 0,825.

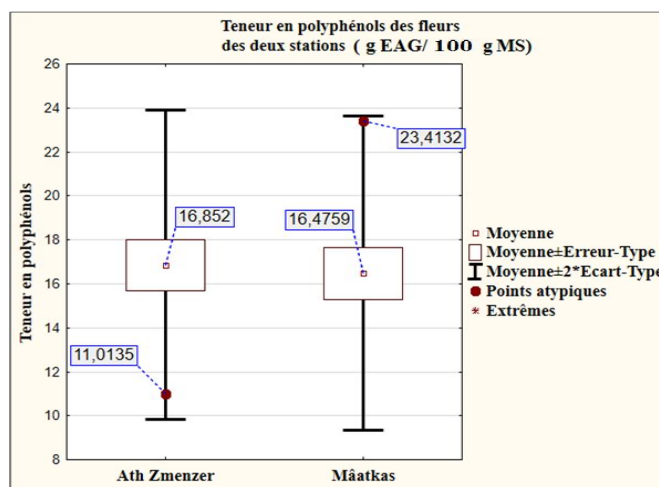


Figure 44 : Teneurs moyennes \pm écart type en polyphénols des feuilles de *Lavandula stoechas* provenant des deux stations.

Les résultats de la teneur en polyphénols des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* issues de la station d'Ath Zmenzer sont représentés par le tableau V et les figures 45 et 46.

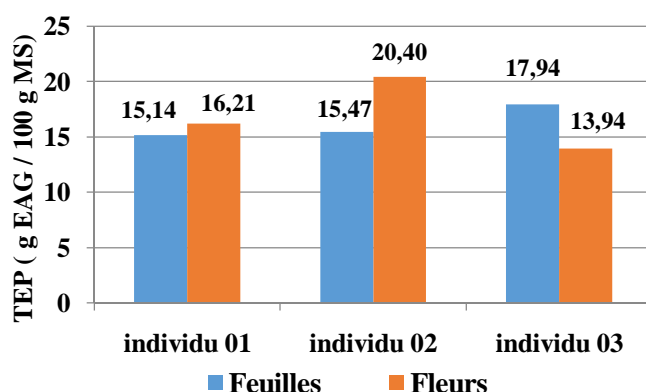


Figure 45 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* pour chaque individu de la station d'Ath Zmenzer (g EAG/100g MS)

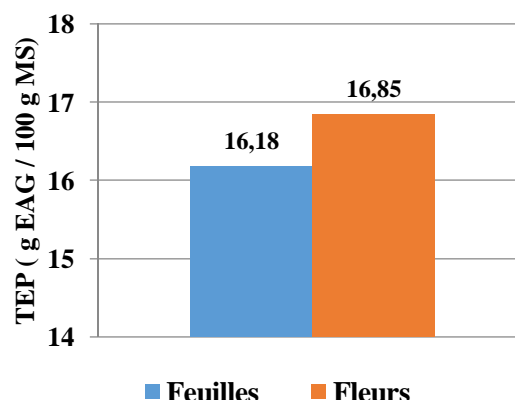


Figure 46 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* provenant de la station d'Ath Zmenzer (g EAG/100g MS)

Il apparait depuis les figures 45 et 46 que la teneur moyenne en polyphénols des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* provenant de la station d'Ath Zmenzer ne sont pas très différente avec des valeurs respective de 16,18 g EAG/100g MS et 16,85 g EAG / 100 g MS,

En effet, l'analyse statistique confirme l'absence de différence statistiquement significative entre la teneur en polyphénols des feuilles et celle des fleurs de *Lavandula stoechas* issues de la station d'Ath Zmenzer avec : $p\text{-value} = 0,613 > 0,05$.

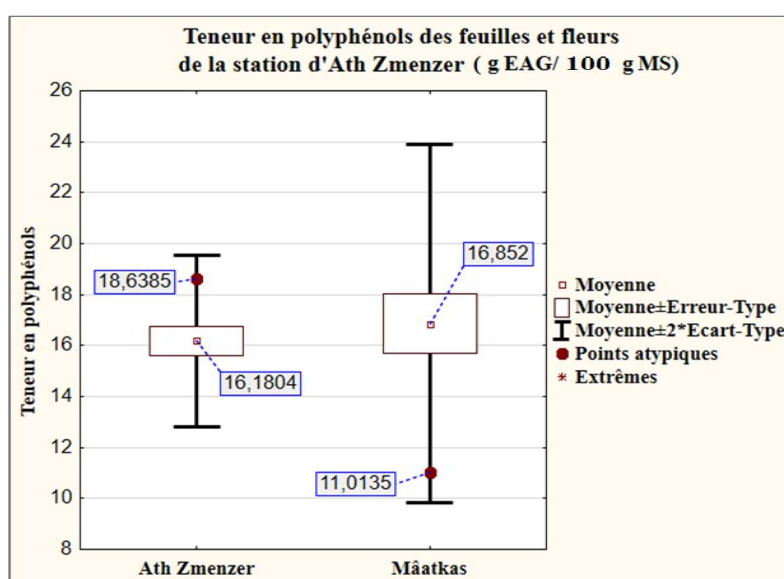


Figure 47 : Teneurs moyennes ± écart type en polyphénols des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* provenant de la station d'Ath Zmenzer.

Pour la station de Mâatkas, les résultats de la teneur en polyphénols des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* sont représentés par le tableau V et les figures 48 et 49.

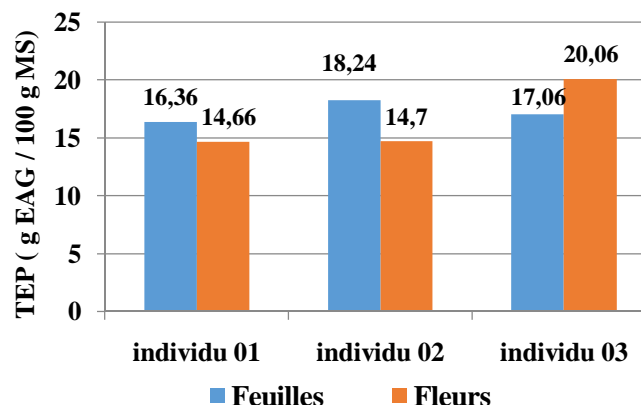


Figure 48 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* pour chaque individu de la station de Mâatkas (g EAG/100g MS)

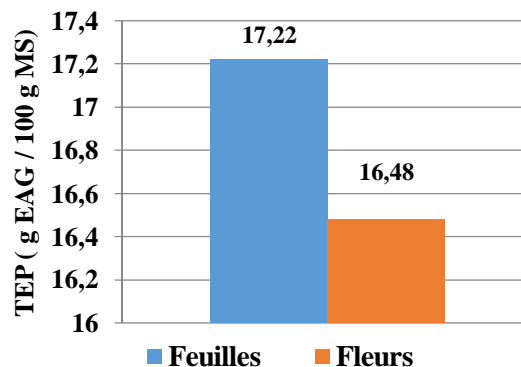


Figure 49 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* issues de la station de Mâatkas (g EAG/100g MS)

De la même façon, pour la station de Mâatkas, nous n’observant pas de grande différence entre les teneurs en polyphénols des feuilles et des fleurs. En effet, les figures 48 et 49 montrent une moyenne de 17,22 g EAG/100g MS pour les feuilles contre 16,48 g EAG/100g MS pour les fleurs. Ces moyennes sont comprises entre 16,35 et 18,24 gEAG/100g MS pour les feuilles et entre 14,66 et 20,06 g EAG/100g MS pour les fleurs.

Ainsi, l’analyse statistique vient prouver qu’il n’y a pas de différence significative entre la teneur en polyphénols des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* issues de la station de Mâatkas avec : $p\text{-value} = 0,569 > 0,05$.

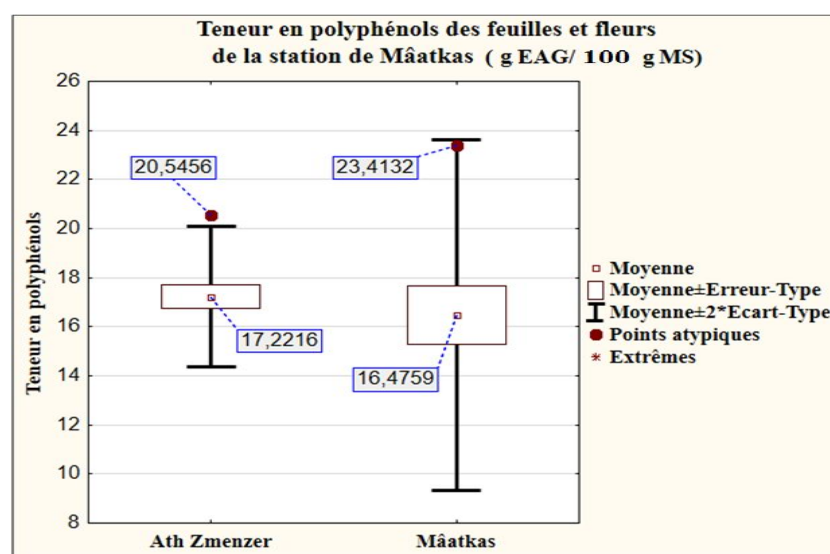


Figure 50 : Teneurs moyennes en polyphénols des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* provenant de la station d’Ath Zmenzer ± écart type.

D'après les résultats de l'estimation des teneurs en polyphénols des feuilles de *Lavandula stoechas*, nous remarquons que la plus forte teneur en polyphénols est montrée par un individu issu de la région de Mâatkas (18,24 g EAG/100g MS) et la plus faible teneur en polyphénols revient à un individu issu de la région d'Ath Zmenzer (15,14 g EAG/100g MS). Toutefois, les teneurs moyennes en polyphénols des feuilles de *Lavandula stoechas* issues des deux stations d'étude sont très proches avec des valeurs de 16,18 et 17,22 g EAG/100g MS respectivement pour les régions d'Ath Zmenzer et Mâatkas.

Pour les fleurs, la plus faible ainsi que la plus forte teneur en polyphénols sont toutes deux enregistrées au sein de la station d'Ath Zmenzer avec des valeurs respectives de 13,94 et 20,40 g EAG/100g MS. Néanmoins, les teneurs moyennes en polyphénols observées au sein des deux stations sont de 16,85 g EAG/100g MS pour la station d'Ath Zmenzer et de 16,47 g EAG/100g MS pour Mâatkas.

En effet, l'analyse statistique a démontré qu'il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les résultats de l'estimation de la teneur en polyphénols obtenus au sein des deux stations, que cela soit pour les feuilles ou pour les fleurs de *Lavandula stoechas*.

Nos résultats ne concordent pas avec ceux retrouvés dans la bibliographie. En effet, une récente étude similaire effectuée par Aprotosoia et al. (2013) sur plusieurs espèces de Lamiacées dont les feuilles de *Melissa officinalis*, *Mentha piperita*, *Salvia pratensis*, *Rosmarinus officinalis*, les fleurs de *Lavandula officinalis* et la partie aérienne de *Thymus vulgaris*, a montrée des valeurs respectives de 5,16 ; 4,11 ; 3,72 ; 4,01 ; 3,07 et 3,67 gEAG/100g MS. Ces résultats sont bien inférieurs à nos résultats cités précédemment.

Par ailleurs, Modnicki et al. (2009) ont obtenus des teneurs en polyphénols allant de 1,78 à 2,20 % de MS pour *Ocimum basilicum* ; 2,00 à 2,59 % de MS pour *Origanum vulgare* et 3,37 à 3,56 % de MS pour *Thymus vulgaris*.

En outre, Zeghad (2010), ayant étudié la teneur en polyphénols de deux espèces de lamiacées, a obtenu des résultats de 10,42 mg EAG/g MS pour *Rosmarinus officinalis* et 9,07 mgEAG/gMS pour *Thymus vulgaris*.

Les différences enregistrées par les études effectuées seraient dues d'après Aprotosoiaie et al. (2013) au fait que la quantification des composés phénoliques varie grandement entre les espèces de Lamiacées. Cette variation serait due au milieu où évoluent les plantes (Cioroi et Dumitriu, 2009), leur origine (Ebrahimzadeh *et al.*, 2008), la variété, la saison de culture, la saison de récolte, les conditions climatiques et environnementales, la localisation géographique, les différentes maladies qui peuvent affecter la plante (Park et Cha, 2003) et la durée de conservation (Özgüven et Tansi, 1998). En outre, Menaceur et Hazzit (2014) expliquent que la variation de la teneur en polyphénols totaux est attribuée à plusieurs facteurs incluant le génotype, les pratiques agronomiques et au stade de maturité de la plante lors de la récolte.

Par ailleurs, les résultats de ces études sont difficiles à comparer à cause des différences dans les méthodes d'extraction et de calcul (Modnicki et Balcerek, 2009). A juste titre, la température et le solvant d'extraction jouent un rôle dans le rendement en polyphénols obtenu (Sousa et *al.*, 2008 ; Conde et *al.*, 2009). Par conséquent, pour obtenir des fractions riches en polyphénols, il est préférable d'employer des mélanges de solvants organiques appropriés avec de l'eau (Mahmoudi et *al.*, 2012). En effet, Nepote *et al.* (2005) ont constaté que l'augmentation de la concentration de l'éthanol au-delà de 70% pouvait réduire considérablement le taux de polyphénols extrait à partir de la plante. D'autre part, Juntachote et *al.* (2006) ont rapporté que la composition en polyphénols totaux, observé chez le basilic et le romarin, augmente avec l'élévation de la température et ceci est due à l'accroissement de la solubilité des polyphénols, la vitesse de la proportion de diffusion et l'augmentation du transfert de masse.

2. Résultats de l'activité antimicrobienne

L'action de nos extraits sur la souche microbienne est appréciée par la mesure du diamètre des zones d'inhibition, et par analogie avec l'action d'un antibiotique témoin, la souche est qualifiée de sensible, d'intermédiaire ou de résistante. Les résultats obtenus sont exprimés en millimètre (mm).

2.1. Activité antimicrobienne sur *Staphylococcus aureus* ATCC 43300

Les résultats du diamètre des zones d'inhibitions mesurées sur les boîtes de pétris contenant les cultures de *Staphylococcus aureus* et ce, pour chaque partie de plante de chaque individu ainsi que les moyennes plus ou moins l'écart type calculées sont groupés dans le tableau IV, annexe 06.

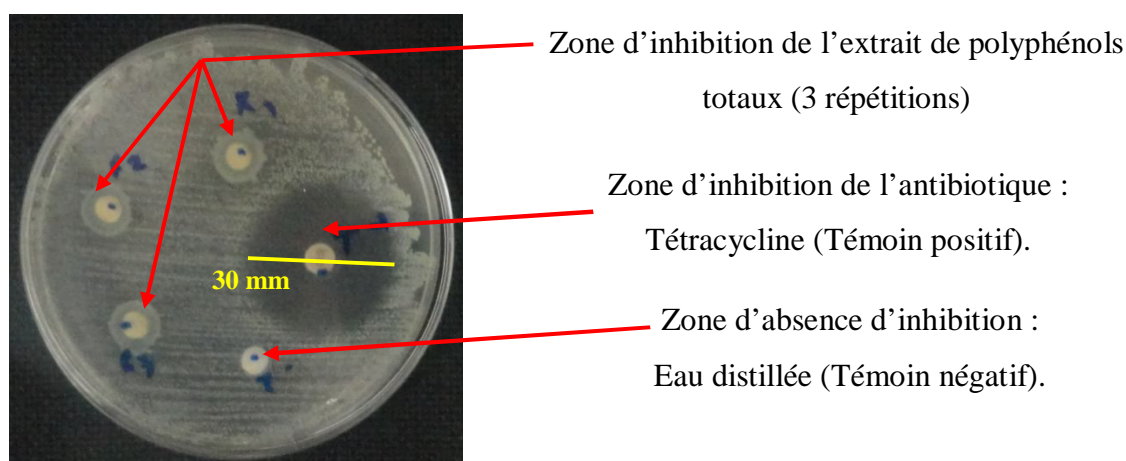


Figure 51 : Zones d'inhibitions induites par les extraits de polyphénols totaux sur *Staphylococcus aureus*.

Tableau VI : Résultats des diamètres des zones d'inhibition induite par les polyphénols totaux de *Lavandula stoechas L.* sur *Staphylococcus aureus*.

	Diamètres des zones d'inhibition induites par les extraits de feuilles. Moyenne \pm écart type (mm)	Diamètres des zones d'inhibition induites par les extraits de fleurs. Moyenne \pm écart type (mm)
Station01 : Ath Zmenzer	11,56 \pm 0,68	8,07 \pm 1,74
Station 02 : Mâatkas	11,67 \pm 0,82	9,44 \pm 0,86

Le tableau VI ainsi que les figures 52 et 53 résument les résultats des diamètres des zones d'inhibitions mesurés obtenus sur *Staphylococcus aureus* après application des extraits de feuilles de *Lavandula stoechas* issues des deux stations d'étude.

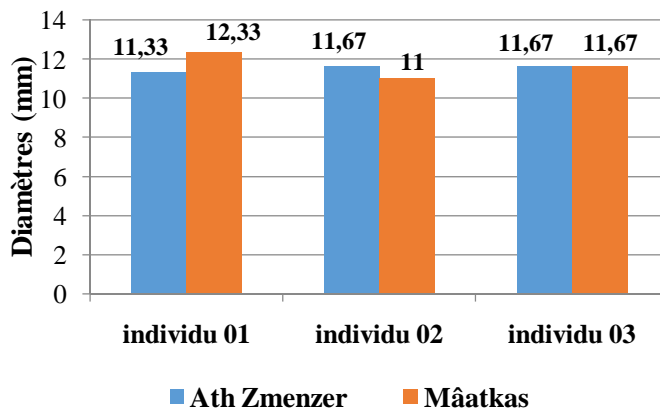


Figure 52 : Zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induites par les polyphénols des feuilles de *Lavandula stoechas* de chaque individu issu des deux stations d'étude (mm).

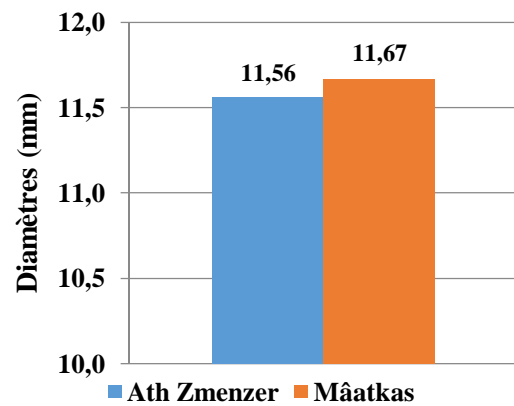


Figure 53 : Moyennes des zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induites par les polyphénols des feuilles de *Lavandula stoechas* des deux stations d'étude (mm).

Les figures 52 et 53 montrent que les zones d'inhibition provoquées par les extraits de feuilles provenant de la station d'Ath Zmenzer ont des diamètres compris entre 11,33 et 11,67 mm, avec une moyenne de 11,56 mm. Pour la station de Mâatkas, les diamètres sont compris entre 11 et 12,33 cm, avec une moyenne de 11,67.

Statistiquement, il n'y a pas de différence significative entre les résultats obtenus pour les deux stations dans la mesure où : $p\text{-value} = 0,772 > 0,05$.

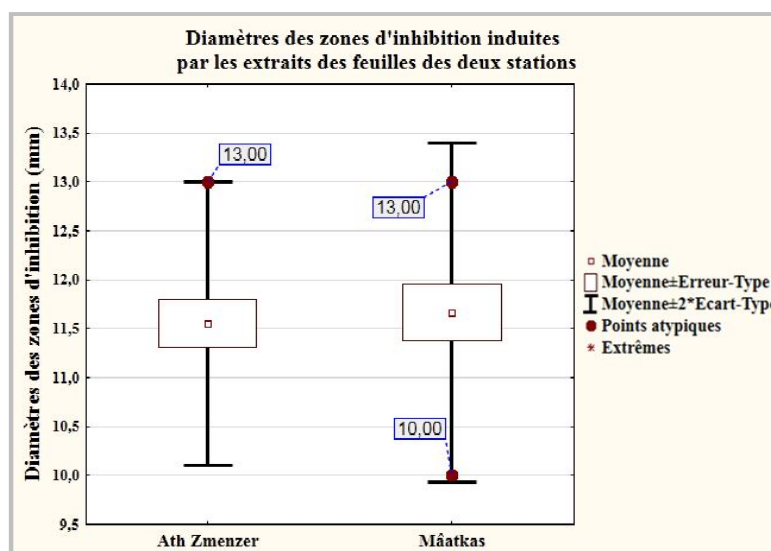


Figure 54 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition induites par les polyphénols des feuilles provenant des deux stations.

Le tableau VI et les figures 55 et 56 illustrent les résultats de la mesure des diamètres des zones d'inhibition induites par les fleurs de *Lavandula stoechas* issues des deux stations d'étude après application sur *Staphylococcus aureus*.

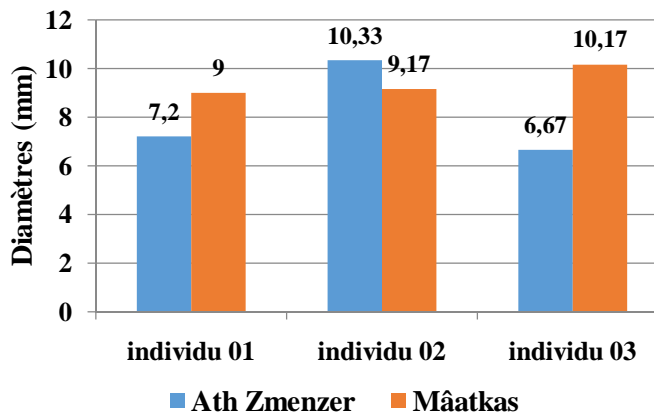


Figure 55 : Diamètres des zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induites par les polyphénols des fleurs de chaque individu issu des deux stations d'étude (mm).

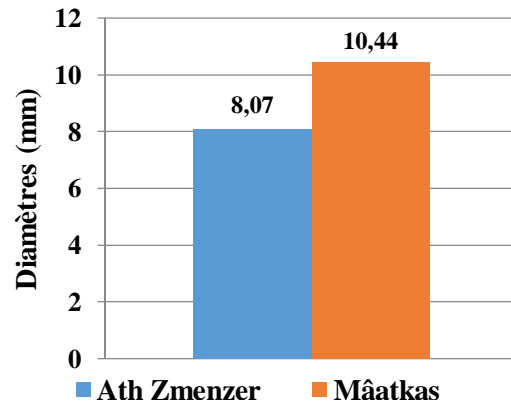


Figure 56 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induits par les extraits de fleurs des deux stations d'étude (mm).

Les figures 55 et 56 montrent que le diamètre des zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induites par les fleurs de *Lavandula stoechas* provenant de la station d'Ath Zmenzer sont différentes avec des valeurs respectives de 6,67 ; 7,2 et 10,3 mm pour les trois individus. Par contre, pour la station de Mâatkas, ces valeurs sont respectivement de 9 ; 9,17 et 10,17 mm. Nonobstant des différences enregistrées, l'analyse statistique démontre qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les valeurs obtenues pour la station 01 et celles de la station 02. En effet la p-value obtenue par STATISTICA est de 0,062 et est supérieur au seuil de signification $\alpha = 0,05$.

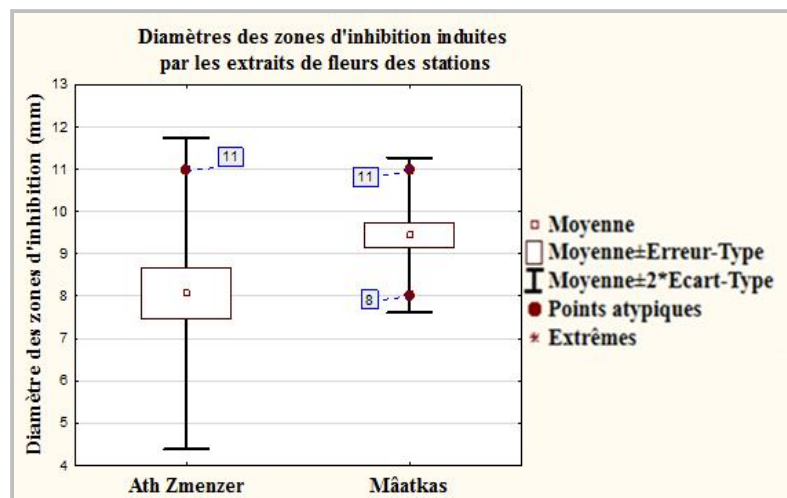


Figure 57 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition induites par les extraits des fleurs provenant des deux stations.

Les résultats de la mesure des diamètres des zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induites par les feuilles et les fleurs de la station d'Ath Zmenzer sont résumés dans le tableau VI et les figures 58 et 59.

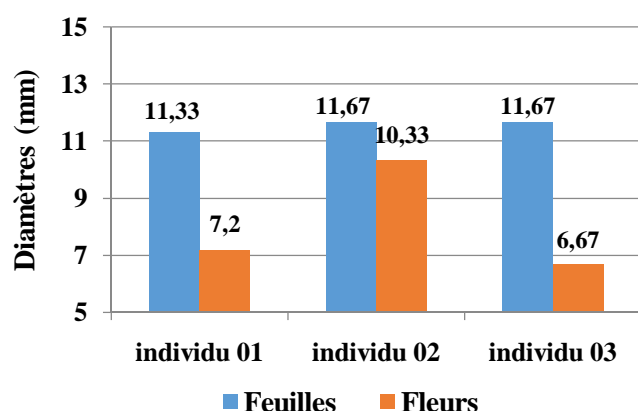


Figure 58 : Diamètres des zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de la station d'Ath Zmenzer (mm).

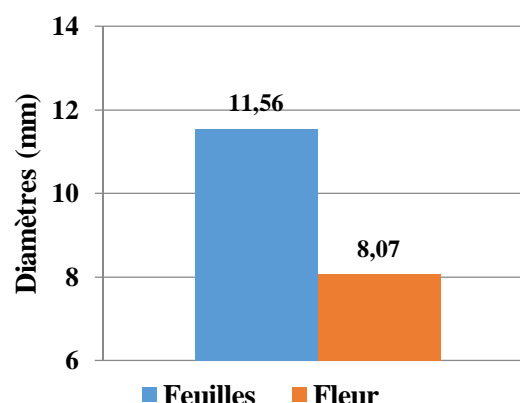


Figure 59 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues d'Ath Zmenzer (mm).

Les figures 57 et 58 montrent que les diamètres des zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induites par les feuilles et les fleurs de *Lavandula stoechas* provenant de la station d'Ath Zmenzer sont très différents. En effet, pour les feuilles, nous avons enregistré des valeurs comprises entre 11,33 et 11,67 avec une moyenne de 11,56 mm, alors que les fleurs ont révélé des valeurs comprises entre 6,67 et 10,33 mm avec une moyenne de 8,07 mm. Par ailleurs, l'analyse statistique a donné une p-value de $0,0000731 < 0,05$ indiquant une différence statistiquement significative entre les valeurs obtenues pour les feuilles et les fleurs de la station d'Ath Zmenzer.

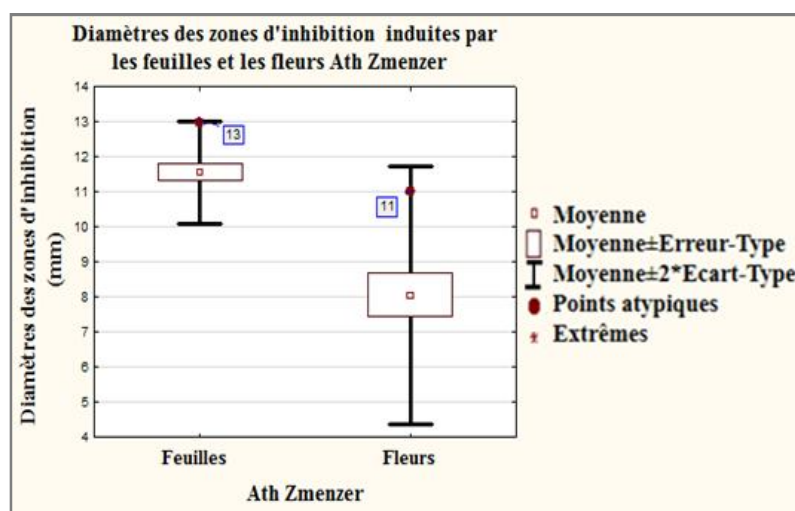


Figure 60 : Diamètres moyens ± écart type des zones d'inhibition induites par les extraits des feuilles et fleurs de la station Ath Zmenzer.

Le tableau VI ainsi que les figures 61 et 62 résument les résultats des diamètres des zones d'inhibition mesurées obtenus sur *Staphylococcus aureus* et induits par les extraits de feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* issues de la station de Mâatkas.

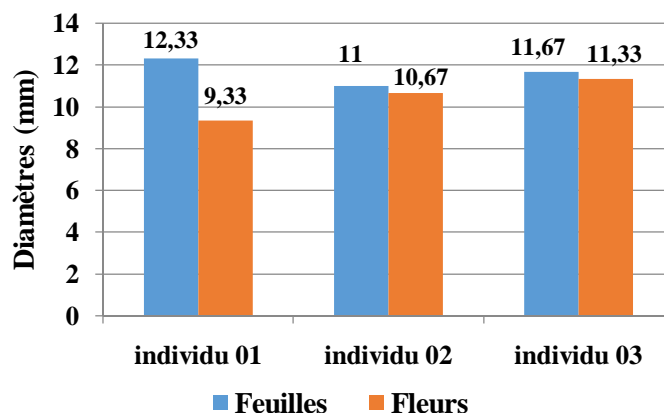


Figure 61 : Diamètres des zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de la station de Mâatkas (mm).

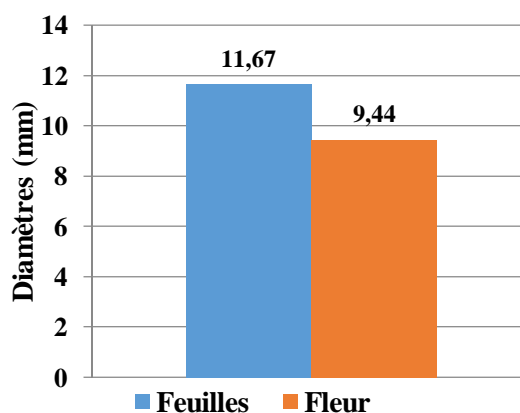


Figure 62 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de Mâatkas (mm).

Les figures 61 et 62 montrent que pour les extraits de feuilles de la station de Mâatkas, les diamètres des zones d'inhibition sont de 11 ; 11,67 et 12,33 mm pour les trois individus avec une moyenne globale de 11,67 mm. Par contre, pour les extraits de fleurs de la même station, les diamètres des zones d'inhibition sont de 9,33 ; 10,67 et 11,33 mm pour les trois individus avec une moyenne globale de 9,44 mm. La p-value obtenue après le test de Student est de $0,0000737 < 0,05$. Ceci indique la différence entre les valeurs obtenues pour les feuilles et les fleurs sont statistiquement significatives.

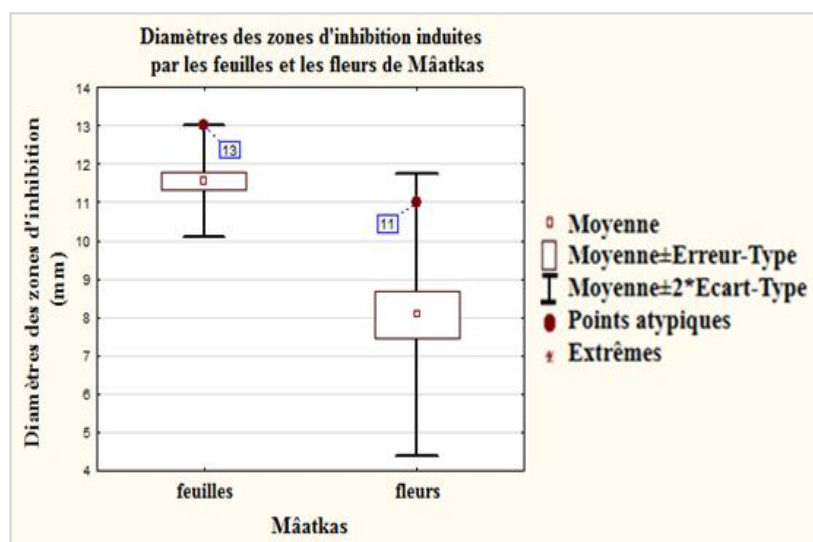


Figure 63 : Diamètres moyens ± écart type des zones d'inhibition induites par les extraits des feuilles et fleurs de la station Mâatkas.

2.2. Activité antimicrobienne sur *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

Les résultats du diamètre des zones d'inhibitions mesurées sur les boîtes de pétri contenant les cultures de *Pseudomonas aeruginosa* et ce pour chaque partie de plante de chaque individu ainsi que les moyennes plus ou moins l'écart type calculées sont groupés dans le tableau V, annexe 07.

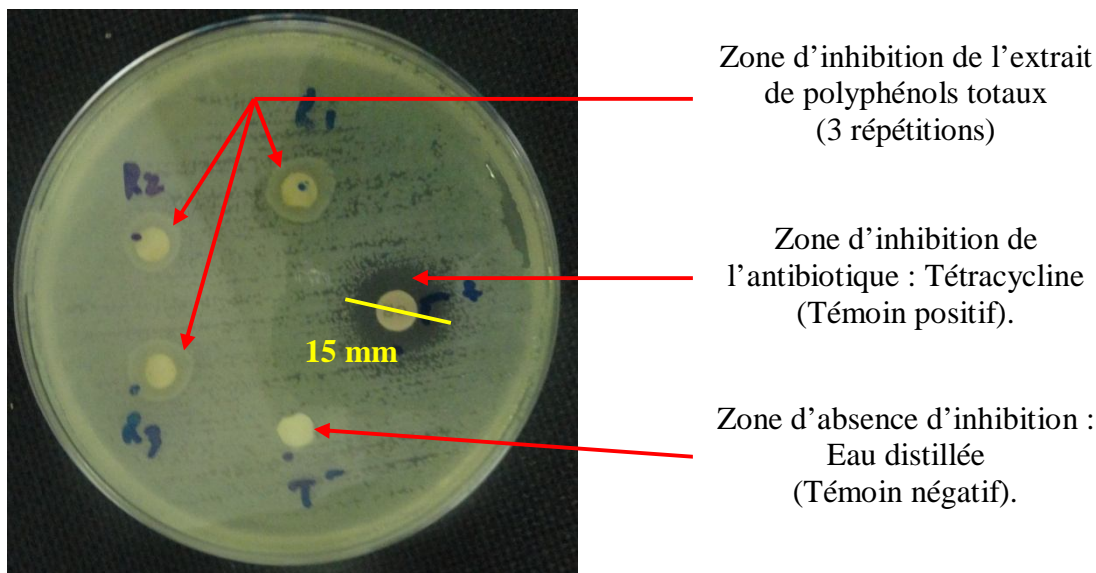


Figure 64 : Zones d'inhibition induites par les extraits de polyphénols totaux sur *Pseudomonas aeruginosa*.

Tableau VII : Résultats des mesures du diamètre des zones d'inhibition induite par les polyphénols totaux de *Lavandula stoechas L.* sur *Pseudomonas aeruginosa*.

	Diamètres des zones d'inhibition induites par les extraits de feuilles. Moyenne \pm écart type (mm)	Diamètres des zones d'inhibition induites par les extraits de fleurs. Moyenne \pm écart type (mm)
Station01 : Ath Zmenzer	10,94 \pm 0,68	12,33 \pm 0,68
Station 02 : Mâatkas	10,67 \pm 0,62	12,49 \pm 0,96

Le tableau VII et les figures 65 et 66, résument les résultats des mesures des diamètres des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les feuilles de *Lavandula stoechas* issues des deux stations d'étude.

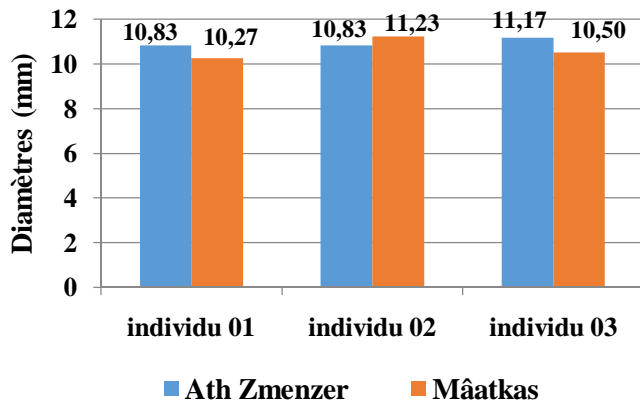


Figure 65: Diamètres des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les polyphénols des feuilles de *Lavandula stoechas* de chaque individu issu des deux stations d'étude (mm).

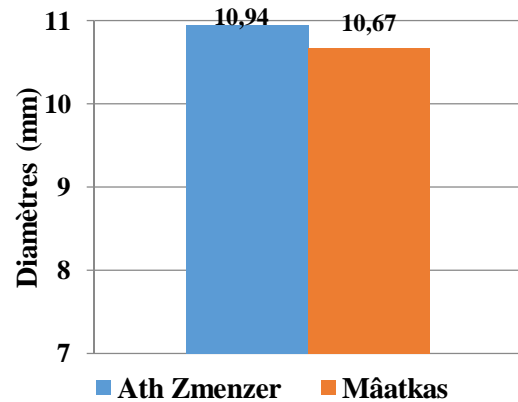


Figure 66 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les polyphénols des feuilles de *Lavandula stoechas* des deux stations d'étude (mm).

Les figures 65 et 66 montrent que les zones d'inhibition provoquées par les extraits de feuilles de la station d'Ath Zmenzer ont des diamètres compris entre 10,83 et 11,17 mm, avec une moyenne de 10,94 mm. Pour la station de Mâatkas, ces diamètres sont compris entre 10,27 et 11,23 cm, avec une moyenne de 10,67. Statistiquement, il n'y a point de différence significative entre les résultats obtenus pour les deux stations dans la mesure où : $p\text{-value} = 0,379545 > 0,05$.

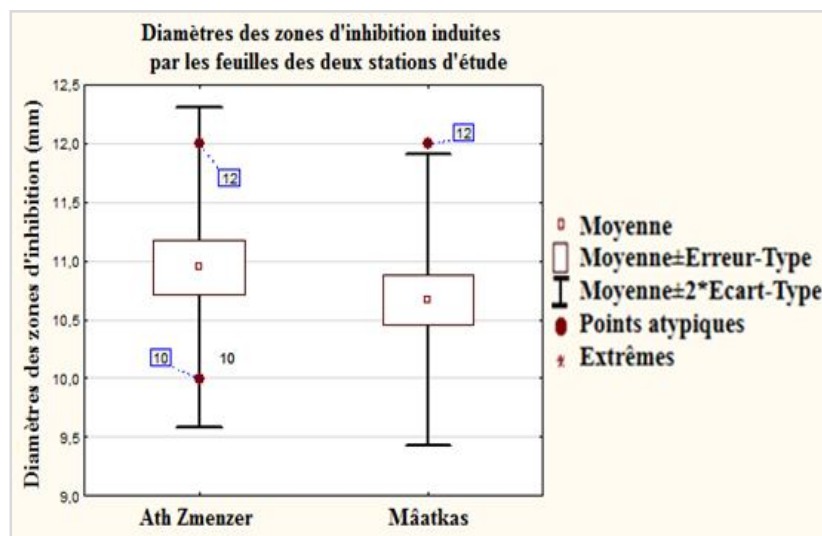


Figure 67 : Diamètres moyens ± écart type des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les extraits des feuilles issues des deux stations.

Pour les fleurs des deux stations, les diamètres des zones d'inhibition que les extraits de celles-ci ont induite sur *Pseudomonas aeruginosa* sont résumés dans le tableau VII et les figures 68 et 69.

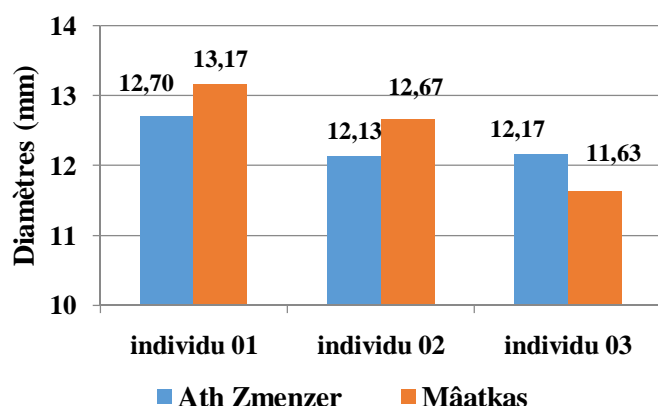


Figure 68 : Diamètres des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les extraits des fleurs de chaque individu issu des deux stations d'étude (mm).

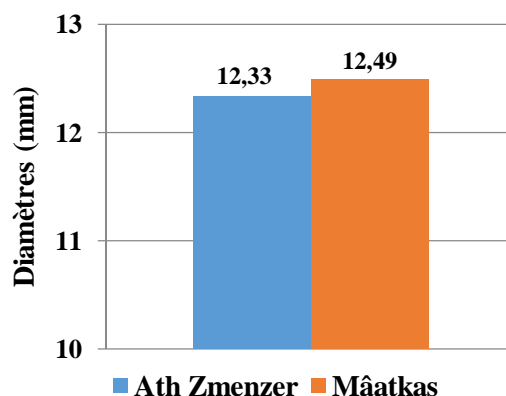


Figure 69 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induits par les extraits de fleurs des deux stations d'étude (mm).

Il apparait d'après les figures 68 et 69 que les diamètres des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les fleurs de *Lavandula stoechas* issue de la station d'Ath Zmenzer sont compris entre 12,13 et 12,70 mm avec une moyenne de 12,33 mm. Pour la station de Mâatkas, les valeurs de ces diamètres sont comprises entre 11,63 et 13,17 mm avec une moyenne de 12,49 mm. L'analyse statistique démontre qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les valeurs obtenues pour la station 01 et celles de la station 02. En effet la p-value obtenue par STATISTICA est de 0,696025 et est supérieur au seuil de signification $\alpha = 0,05$.

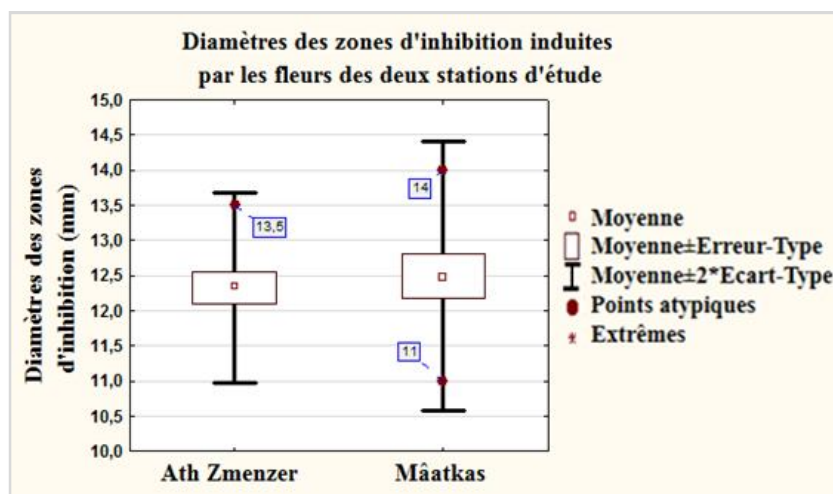


Figure 70 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les extraits des fleurs issues des deux stations.

Les résultats de la mesure des diamètres des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les feuilles et les fleurs de la station d'Ath Zmenzer sont résumés dans le tableau VII et les figures 71 et 72.

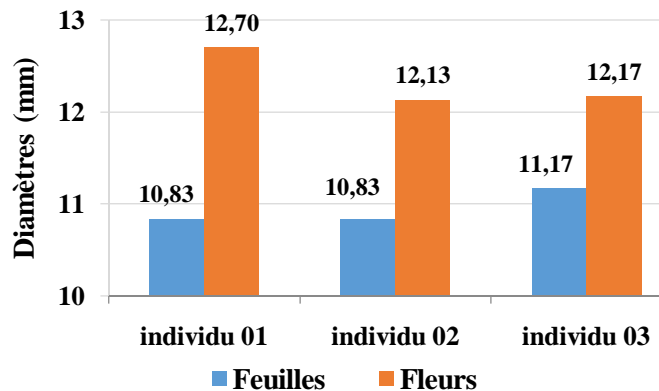


Figure 71 : Diamètres des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de la station d'Ath Zmenzer (mm).

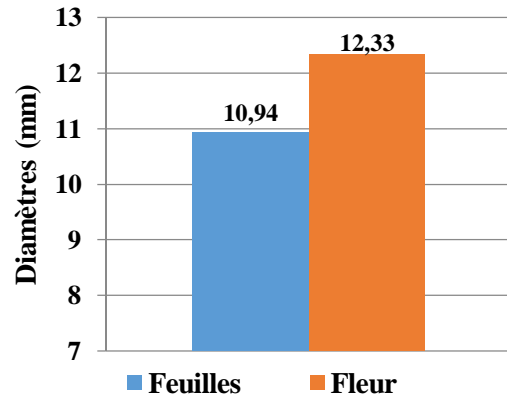


Figure 72 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues d'Ath Zmenzer (mm).

Des figures 71 et 72, il apparaît que les diamètres des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les feuilles et les fleurs de *Lavandula stoechas* issues de la station d'Ath Zmenzer sont compris entre 10,83 et 11,17 avec une moyenne de 10,94 mm, alors que les fleurs ont donné des valeurs comprises entre 6,67 et 10,33 mm avec une moyenne de 8,07 mm. Par ailleurs, l'analyse statistique a donné une p-value de $0,000509 < 0,05$ indiquant une différence statistiquement significative entre les valeurs obtenues pour les feuilles et les fleurs de la station d'Ath Zmenzer.

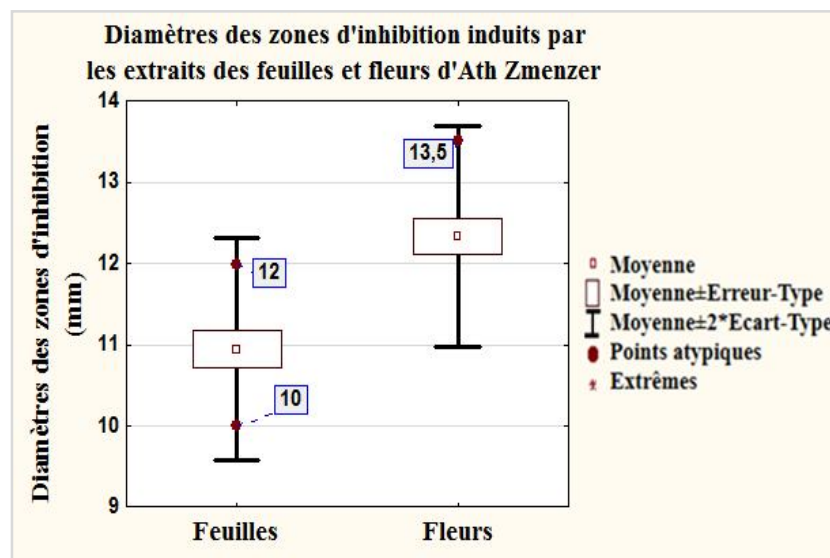


Figure 73 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition induites par les extraits des feuilles et fleurs de la station d'Ath Zmenzer.

Les résultats de la mesure des diamètres des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les feuilles et les fleurs de la station d'Ath Zmenzer sont résumés dans le tableau VII et les figures 74 et 75.

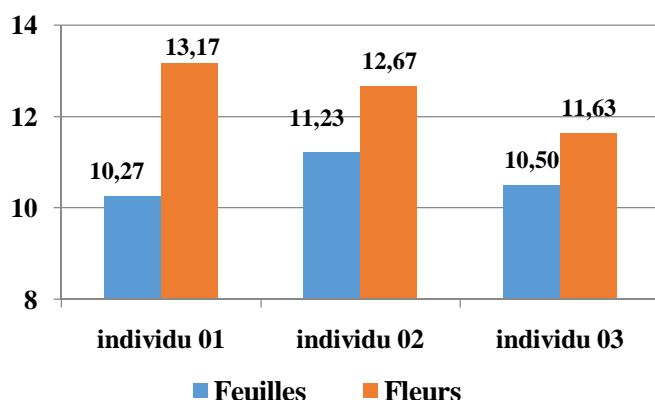


Figure 74 : Diamètres des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de la station de Mâatkas (mm).

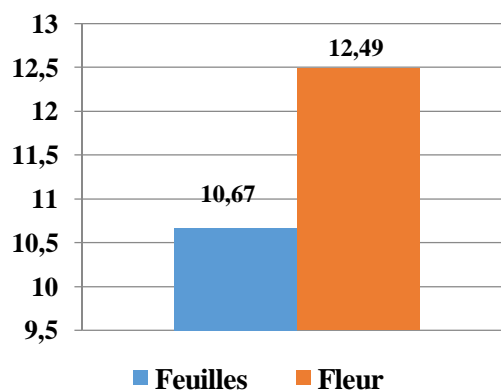


Figure 75 : Diamètres moyens des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les extraits de feuilles et de fleurs issues de Mâatkas (mm).

Les figures 74 et 75 montrent que les zones d'inhibition provoquées par les extraits de feuilles de la station de Mâatkas ont des diamètres compris entre 10,27 et 11,23 mm, avec une moyenne de 10,67 mm. Pour la station de Mâatkas, ces diamètres sont compris entre 11,63 et 13,17 cm, avec une moyenne de 12,49. Statistiquement, il y a une différence significative entre les résultats obtenus pour les feuilles et les fleurs de la station de Mâatkas dans la mesure où : $p\text{-value} = 0,000201 > 0,05$.

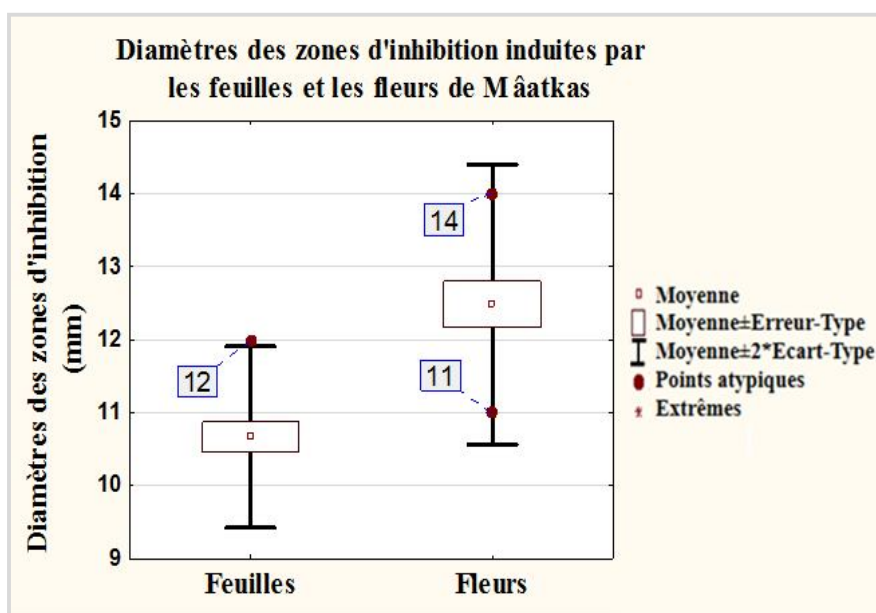


Figure 76 : Diamètres moyens \pm écart type des zones d'inhibition induites par les extraits des feuilles et fleurs de la station de Mâatkas.

D'après les résultats acquis lors de la mesure des diamètres d'inhibitions obtenus pour *Staphylococcus aureus* et induits par les feuilles et les fleurs de *Lavandula stoechas* issues des deux stations, il apparaît que les feuilles des deux stations ont eu une activité plus importante que celle des fleurs.

En effet, nous avons enregistré des moyennes d'inhibition de la souche bactérienne de $11,56 \pm 0,68$ et de $11,67 \pm 0,82$ mm respectivement pour les feuilles d'Ath Zmenzer et de Mâatkas ; au moment où les moyennes obtenues pour les fleurs sont de $8,07 \pm 1,74$ et de $9,44 \pm 0,86$ mm respectivement pour les individus issus d'Ath Zmenzer et de Mâatkas.

Cependant, les résultats obtenus indiquent que les extraits de polyphénols totaux de *Lavandula stoechas* ont une activité inhibitrice sur *Staphylococcus aureus* avec une valeur minimale de 6,67 mm et une valeur maximale de 12,33 mm obtenus respectivement par les fleurs de la station 02 et les feuilles de la station 01.

La comparaison de nos résultats avec ceux préalablement cités dans la bibliographie, indique que le pouvoir inhibiteur des polyphénols des lamiacées sur les souches bactériennes diffère d'une espèce à une autre. Ainsi, Yakhlef (2010) – ayant travaillé sur l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* L. et *Laurus nobilis* L. sur plusieurs souches bactériennes dont *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 – a rapporté que *Thymus vulgaris*, à une concentration de 1g/ml, a induit des zones d'inhibitions de l'ordre de $45,90 \pm 1,69$; $39,08 \pm 1,43$ et $38,05 \pm 0,88$ mm respectivement pour les extraits obtenus à partir de différents solvants à savoir : l'éther de pétrole (EP) ; dichlorométhane (DCM) et méthanol (MeOH). Ces résultats sont largement plus élevés que ceux que nous avons obtenus à partir des extraits des différentes parties de *Lavandula stoechas* et dont les moyennes sont de $11,56 \pm 0,68$ et de $11,67 \pm 0,82$ respectivement pour les feuilles des deux stations d'étude et $8,07 \pm 1,74$ et de $9,44 \pm 0,86$ mm respectivement pour les fleurs des mêmes stations.

Par ailleurs, les extraits flavonoidiques et tanniques obtenus à partir de *Marrubium vulgare* ont eu des zones d'inhibitions sur *Staphylococcus aureus* dont les diamètres respectifs sont de $14 \pm 2,076$ et de $20 \pm 2,291$ mm (Djahra, 2014).

Contrairement à *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* montre une plus grande sensibilité aux extraits de polyphénols totaux. Par contre, ce sont les extraits obtenus à partir des fleurs des deux stations qui ont montré une activité plus importante sur *P. aeruginosa* que ceux obtenus à partir des feuilles. Les diamètres d'inhibition de *P. aeruginosa* induits par les fleurs de la station d'Ath Zmenzer et de Mâatkas sont respectivement de $12,33 \pm 0,68$ et $12,49 \pm 0,96$ mm ; alors que pour les feuilles des mêmes stations, les valeurs respectives obtenues sont de $10,94 \pm 0,68$ et $10,67 \pm 0,62$ mm.

La valeur minimale enregistrée est de 10,27 mm et elle revient aux feuilles de la station de Mâatkas. La valeur maximale est aussi enregistrée au sein de la station de Mâatkas sauf qu'elle est obtenue pour les polyphénols totaux extraits des fleurs et dont la valeur est de 13,17 mm.

Pour étayer nos résultats, nous citons ceux obtenus par Yakhlef (2010) qui a étudié l'activité antimicrobienne d'une autre Lamiacées qui est *Thymus vulgaris* L. En effet, cette étude a montré que les extraits de polyphénols du Thym à une concentration de 1g/mL induisait une inhibition sur *Pseudomonas aeruginosa* de l'ordre de $15,72 \pm 0,43$; $14,65 \pm 0,50$ et de $19,29 \pm 0,41$ mm respectivement pour les extraits obtenus à partir de l'extraction par l'éther de pétrole (EP) ; dichlorométhane (DCM) et méthanol (MeOH). Ces résultats ne concordent avec nos résultats. En effet, les diamètres des zones d'inhibition obtenus à partir des extraits des fleurs de la station d'Ath Zmenzer et de Mâatkas sont respectivement de $12,33 \pm 0,68$ et $12,49 \pm 0,96$ mm ; alors que les polyphénols totaux des feuilles des mêmes stations ont révélés des valeurs respectives de $10,94 \pm 0,68$ et $10,67 \pm 0,62$ mm.

Par ailleurs, Djahra (2014) obtient des zones d'inhibition dont le diamètre est de $30 \pm 1,792$ et de $30 \pm 2,594$ mm respectivement pour les extraits flavonoïdique et tannique obtenus à partir du *Marrubium vulgare*. Les mécanismes d'action des composés naturels sont expliqués de différentes manières selon les auteurs (Djahra, 2014). A juste titre, Chabot et al., (1992), expliquent que l'activité antimicrobienne est liée à la polarité des substances bioactives.

Harrar (2012) a rapporté que les différentes classes de polyphénols essentiellement les tanins et les flavonoïdes peuvent augmenter la toxicité des extraits envers les microorganismes. Cette toxicité est fonction du site et du nombre de groupements hydroxyles présents sur le composé phénolique.

L'effet antimicrobien de ces phénols peut être expliqué par l'inhibition de la croissance bactérienne suite à leur adsorption sur les membranes cellulaires, l'interaction avec les enzymes et les effecteurs ou la privation en substrats et ions métalliques (Dhaouadi et *al.*, 2010). L'efficacité optimale d'un extrait peut ne pas être due à un constituant actif majoritaire, mais plutôt à l'action combinée (synergie) de différents composés (Essawi et Srour, 2000). Par ailleurs, Moussaid et *al.*, (2012), avancent que l'activité des principes actifs serait liée aux conditions de séchage et de broyage de la plante.

D'autre part, parmi les hypothèses avancées, l'inhibition de la synthèse d'acide nucléique, l'altération des fonctions de la membrane cytoplasmique, la séquestration de substrats nécessaires à la croissance microbienne et l'inhibition du métabolisme énergétique microbien (Jungkind, 1995).

De ce qui précède, nous pouvons supposer que l'activité antimicrobienne des extraits dépend non seulement des composés phénoliques mais, aussi de la présence de différents métabolites secondaires.

3. Résultats de l'activité insecticide

Les résultats de l'action de la poudre de feuilles de *Lavandula stoechas* sur la longévité des adultes de *Tribolium castaneum* après test par contact ainsi que les moyennes plus ou moins l'écart type, calculés sont résumés dans le tableau VIII. Les valeurs obtenues pour la durée de vie des insectes après exposition à la poudre de feuilles sont exprimés en jours.

Tableau VIII : Résultats de l'action de la poudre de *L. stoechas* sur la longévité des adultes de *T. castaneum*.

Doses (g/100g)	Longévité moyenne en jours \pm écart type	Groupe homogènes
0	6,617 \pm 0,33	A
4	4,583 \pm 0,31	B
6	4,016 \pm 0,28	B
8	2,633 \pm 0,21	C
10	1,750 \pm 0,05	D
12	1,38 \pm 0,03	D
14	1,28 \pm 0,13	D
16	0	E

Le tableau VIII et la figure 78 illustrent les résultats de l'action de la poudre de *Lavandula stoechas* sur la longévité des adultes de *Tribolium castaneum*.

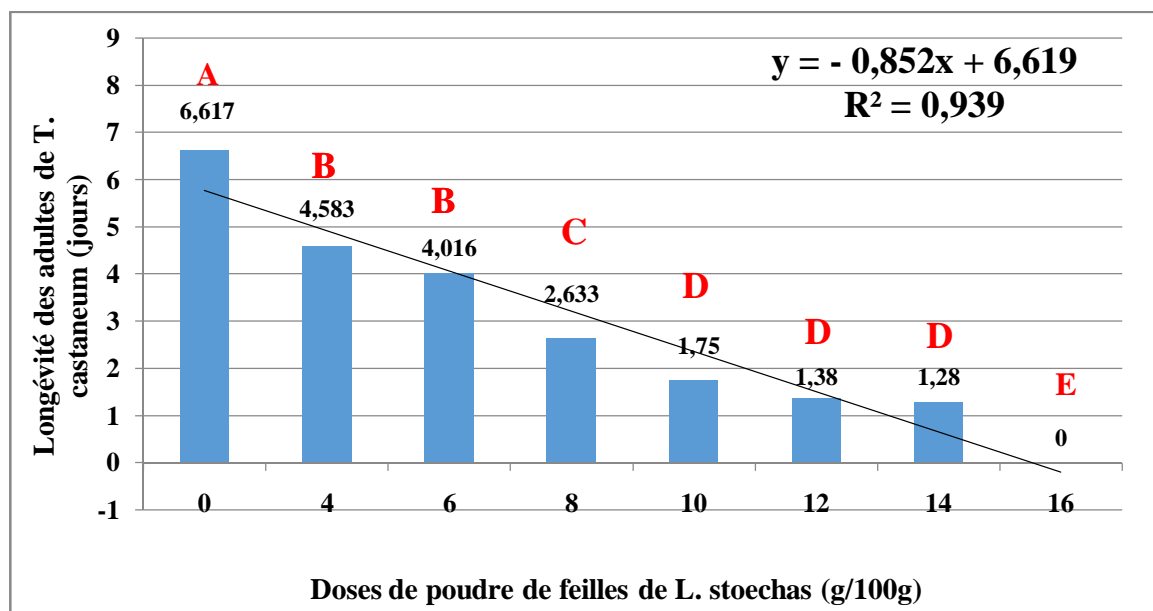


Figure 77 : Longévité moyenne \pm écart type des Adulte de *T. castaneum* après contact avec la poudre des feuilles de *Lavandula stoechas*.

Il apparaît de la figure ci-dessus que la longévité de *T. castaneum* diminue en augmentant la dose de poudre. La longévité la plus importante des adultes est obtenue dans le lot témoins, elle est en moyenne de $6,617 \pm 0,33$ jours. Nous observons une diminution de la longévité dès la dose 4 g/100g correspondant à une longévité moyenne de $4,583 \pm 0,31$ jours. Nous enregistrons une mortalité totale des adultes de *T. castaneum* à la dose de 16 g/100 g de blé tendre.

L'analyse statistique a montré que la poudre de *L. stoechas* affecte d'une façon très hautement significative la longévité de *T. castaneum*. En effet, L'analyse de la variance à deux critères de classification, à savoir le facteur dose et le facteur temps, a révélé une différence hautement significative à la fois pour le facteur dose, pour le facteur temps et pour l'interaction facteur dose \times facteur temps. La p-value obtenue étant de 0,000002 confirme cette différence statistique. Le test de Newman et Keuls au seuil de signification $\alpha=0,05$ classe l'interaction facteur dose \times facteur temps en quatre groupes homogènes : B, C, D et E avec le groupe A qui représente le lot témoin.

Le coefficient de corrélation r indique la présence de très forte corrélation négative entre le facteur dose et le facteur temps. En effet, $r = -0,984$, ce qui implique que la longévité

de adultes de *T. castaneum* diminue avec l'augmentation de la dose de poudre de feuille de *Lavandula stoechas*.

Nos résultats ne concordent pas avec ceux de Johnson et al. (2006) qui n'ont détecté aucune action des poudres obtenues à partir de plantes de genre *Ocimum* sp et *Mentha* sp dans la lutte contre *Collosobruchus maculatus*, autre ravageur des denrées stockées.

Par contre, Ouchekdhidh-Ourlissene (2014) indique que le taux de mortalité des individus l'*Acanthoscelides obtectus* augmente conjointement avec l'augmentation de la dose de poudre du Thym et de la Menthe ainsi que l'augmentation de la durée de leur exposition. En effet, pour la poudre la plus efficace est celle du Thym avec une augmentation du taux de mortalité de 7,5% dès la plus faible dose (0,25 g/25g d'haricot), et après une durée d'exposition de 2 jours et un taux de mortalité maximale de 100% après une durée d'exposition de 2 jours dans les boîtes traitées avec 1g de poudre. Ces résultats sont largement plus élevés que ceux que nous avons obtenus avec la poudre de *Lavandula stoechas* comme traitement sur les adulte de *T. castaneum* et dont le taux de mortalité maximale fut enregistrés avec la dose de 16g/100 g de blé tendre.

Par ailleurs, l'étude menée par Bouchikhi Tani (2011) révèle que chez les adultes de *Tineola bisselliella* les poudres des feuilles de *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula stoechas*, et *Origanum glandulosum* sont les plus toxiques avec des DL50 de 0,93g/50,24cm ; 1,01g/50,24cm² et 1,07 g/50,24cm² respectivement.

Selon Johnson et al. (2006) certains composés présents dans les substances naturelles, notamment les terpènes, sont responsables de l'activité insecticide. Ces composés secondaires joueraient un rôle répulsif à faible concentration et létal à forte concentration. Ils agissent aussi bien sur le système nerveux que sur la synthèse des protéines chez les insectes.

En effet, selon Taleb-Toudert (2015), les composées secondaires des végétaux se fixent sur les récepteurs de l'octopamine qui constituent des bonnes cibles pour les biopesticides. L'utilisation des ces composés, notamment ceux qui comportent des groupements hydroxyle provoquerait l'activité biocide de ces composés vis-à-vis de *T. castaneum*.

Selon Bouchikhi Tani (2011) les biopesticides à base de composées secondaires des plantes présentent plusieurs caractéristiques d'intérêt, plusieurs sont aussi efficaces que les produits de synthèse. Ils ont en général une efficacité à large spectre, mais avec une spécificité pour certaines classes ou ordres d'insectes, ils peuvent être appliqués jusqu'au moment de la récolte.

Conclusion

Le regain d'intérêt pour les plantes médicinales vient d'une part du fait que ces plantes représentent une source intarissable de substances et de composés naturels bioactifs et d'autre part de la nécessité de la recherche d'une meilleure médication par une thérapie plus douce sans effets secondaires. Les extraits naturels issus des plantes possèdent une variété de composés phénoliques et des huiles essentielles auxquelles on attribue un pouvoir inhibiteur des microorganismes et insecticides.

Dans un premier lieu, ce présent travail rentre dans le cadre de la recherche de solution alternative aux pesticides qui permettraient d'illuminer les dégâts sur la santé humaine que causent les pesticides synthétiques. Par ailleurs, ce travail cadre aussi avec la médecine préventive qui s'emploie d'une part à réduire les risques de défaillance métaboliques qui causeraient des multiples maladies, et d'autre part, à protéger l'organisme contre des contaminations par des organismes pathogènes.

Les résultats obtenus au cours de nos travaux d'évaluation de l'activité antimicrobienne et insecticide des polyphénols totaux et de la poudre de feuilles de *Lavandula Stoechas*, ont révélé la présence de principes actifs antibactériens et insectifuge dans chacune des parties de la plante, ce qui contribue à confirmer l'expérience séculaire de nos ancêtres dans l'utilisation des plantes médicinales pour traiter les maladies infectieuses.

L'extraction des polyphénols par la méthode de macération, utilisant le n-Butanol comme solvant, a permis de faire une estimation de la teneur en polyphénols contenu dans les feuilles et les fleurs de *Lavandula stoechas* provenant des deux stations d'étude situées en Kabylie, à savoir la station d'Ath Zmenzer et celle de Mâatkas.

Cette méthode d'extraction a permis d'obtenir des extraits à des concentrations comprises entre 41,75 et 42,35 mg/ml pour les polyphénols totaux des feuilles de *Lavandula stoechas* provenant des deux stations d'étude et des concentrations allant de 50,771 à 55,023 mg/ml pour les fleurs des mêmes stations.

Une méthode de dosage des polyphénols totaux a été effectuée en utilisant le Folin-ciocalteu ainsi que le Carbonate de Sodium comme milieu réactionnel. Ceci nous a permis de faire une estimation de la teneur en polyphénols contenue dans les différentes parties de la plante étudiée. En effet, les teneurs moyennes en polyphénols totaux des feuilles de

Lavandula stoechas se situent entre $16,18 \pm 1,69$ et $16,85 \pm 3,52$ g EAG/100g MS au moment où celle des fleurs est comprise entre $16,48 \pm 3,57$ et $17,22 \pm 1,43$ g EAG/100g MS.

En outre, l'évaluation de l'activité antimicrobienne a permis d'affirmer que les extraits de polyphénols totaux des feuilles et des fleurs de la *Lavandula stoechas* avaient un pouvoir inhibiteur sur *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* ; deux bactéries hautement pathogène pour l'organisme humain. Les zones d'inhibition observées sur *Staphylococcus aureus* et induites par les extraits de feuilles sont comprises entre $8,07 \pm 1,74$ et $11,56 \pm 0,68$ mm de diamètre. Alors que pour les extraits de fleurs, ces diamètres varient entre $9,44 \pm 0,86$ et $11,67 \pm 0,82$ mm.

L'action inhibitrice des extraits de polyphénols totaux des feuilles de *Lavandula stoechas* sur les souches de *Pseudomonas aeruginosa* a donner des zones d'inhibition dont les diamètres sont compris dans l'intervalle $10,94 \pm 0,68$ et $12,33 \pm 0,68$ mm alors que les feuilles ont provoqué des zones d'inhibition situées entre $10,67 \pm 0,62$ et $12,49 \pm 0,96$ mm

De plus, l'évaluation de l'activité insecticide de la poudre de feuilles de *Lavandula stoechas* a provoqué une mortalité totale des adultes de *Tribolium castaneum* à la dose 16 g / 100 g de blé tendre dès le premier jour alors que la plus faible dose qui est de 4 g / 100 g de blé tendre a induit une mortalité de ces insectes après $4,583 \pm 0,31$ jours.

A la lumière de ces résultats, nous avons ainsi montré que la consommation des différentes parties de *Lavandula stoechas* pouvait offrir un effet protecteur contre les contaminations d'origine bactériennes qui causent parfois des dégâts irréversible chez l'homme. Par ailleurs, les résultats obtenus permettent aussi d'affirmer que les substances naturelles pouvaient être une alternative sérieuse à l'usage des pesticides de synthèses. Ces substances naturelles peuvent ainsi être utilisées dans le contrôle des bioagresseurs dans les espaces de stockage et entrepôt de denrées alimentaires.

La diversité des activités des substances naturelles contenues dans les différentes parties de *Lavandula stoechas* font de celle-ci un élément essentiel dans l'alimentation de l'homme ainsi que pour sa médication. Toutefois il serait intéressant de :

- Elargir l'échantillonnage à différentes localités et augmenter le nombre d'individus pour chaque station afin d'avoir des résultats plus précis ;
- Optimiser le protocole d'extraction des polyphénols totaux afin d'augmenter le rendement ;

- Réaliser une étude biochimique complète en utilisant l'HPLC, ACPG, 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 sur une gamme plus large de bactérie afin d'effectuer des tests comparatifs permettant de connaître le champ d'action des composés secondaires ;
- 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

- **Abedini A., 2013.** Evaluation biologique et phytochimique des substances naturelles d'*Hyptis atrorubens* Poit, (Lamiaceae), sélectionnée par un criblage d'extraits de 42 plantes. Thèse de Doctorat, Université de Lille Nord de France. 177 p.
- **Aprotosoiaie A.C., Răileanu E., Trifan A. et Cioancă O, 2013.** The polyphenolic content of common Lamiaceae species available as herbal Tea products in Romanian pharmacies. *Revista medico-chirurgicala a Societatii de Medici si Naturalisti din Iași, Romania*. Volume 117 (1) : 223 – 237.
- **Battandier J.A., 1888.** Flore de l'Algérie, ancienne flore d'Alger transformée, Dicotylédones. Edition Adolphe Jourdan. Alger. P 666.
- **Belkheiri N., 2010.** Dérivés phénoliques à activités antiathérogènes. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse. 143 p.
- **Belmont M., 2013.** *Lavandula angustifolia* M., *Lavandula latifolia* M., *Lavandula x intermedia* E. : Etudes botaniques, chimiques et thérapeutiques. Thèse de doctorat, Faculté de pharmacie de l'université Joseph Fourier de Grenoble, France. 98 p.
- **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 Kouba en Algérie et Université Jean-Monnet de Saint-Etienne. France. 204 p.
- **Bérubé-Gagnon J., 2006.** Isolation et identification de composés antibiotiques des écorces de *Picea mariana*. Mémoire de l'université de Québec. 38p.
- **Bonnaillie C., Salacs M., Vassilova E. et Saykova I., 2012.** Etude de l'extraction des polyphénols à partir de pellicules d'arachides (*Arachis hypogaea* L.). Revue de génie industriel. France. Volume 7 : 35-45.
- **Boubekri C., 2014.** Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de *Solanum melongena* par des techniques électrochimiques. Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider en Biskra. Algérie. 158 p.
- **Bouchikhi Tani Z., 2011.** Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. Thèse de Doctorat à l'Université Aboubakr Belkaïd de Tlemcen, Algérie. 126 p.

- **Bouharb H., El Badaoui K., Zair T., El amri J., Chakir S. et Alaoui T., 2014.** Sélection de quelques plantes médicinales du Zerhoun (Maroc centrale) pour l'activité antibactérienne contre *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Applied Biosciences*. Volume 78 : 6685 – 6693.
- **Boukerb M.A. et Cournoyer B., 2012.** *Pseudomonas aeruginosa*, une espèce pathogène à forte fréquence de recombinaisons génétiques, abritant des lignées spécialisées et largement disséminées. *Bulletin de veille scientifique*. N° 20 : 20 – 24.
- **Bounechada M. et Arab R., 2011.** Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae). *Agronomie*. Volume 1 : 1 – 6.
- **Broadasky T.F., Lewis C. et Eble T.E., 1976.** Bioautographic thin layer chromatographic analysis of antibiotics and their metabolites in the whole animal. I Clindamycin in the rat. *Journal of Chromatography*. Volume 123: 33 – 44.
- **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. *Zeitschrift für Naturforschung C*. Volume 46: 1067 – 1072. .
- **Camara A., 2009.** Lutte contre *Sitophilus oryzae* 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.
- **Chabot S., Bel-Rhlid R., Chênevert R. et Piché Y., 1992.** Hyphal growth promotion in vitro of the VA mycorrhizal fungus, *Gigaspora margarita* Becker & Hall, by the activity of structurally specific flavonoid compounds under CO₂- enriched conditions. *New Phytologist*. Volume 122 : 461 – 467.
- **Chan S.W., Lee C.Y., Yap C.F., Wan Aida W.M. et Ho C.W., 2009.** Optimisation of extraction conditions for phenolic compound from limau purut (*Citrus hystrix*) peels. *International Food Research Journal*. Volume 16 : 203-213.
- **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.
- **Cioroi M. et Dumitriu D., 2009.** Studies on total polyphenols content and antioxidant activity of aqueous extracts from selected Lamiaceae species. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Romania. Fascicle VI – Food Technology*. Volume 34 (1) : 42 – 46.
- **Clave D., 2013.** Fiche technique: *Staphylococcus aureus*. Laboratoire de Bactériologie Hygiène, CHU de Toulouse - Institut Fédératif de Biologie, Centre Toulousain pour le Contrôle de qualité en Biologie clinique. *Fiche technique bactériologique* 131 : 1 – 4.
- **Conde E., Cara C., Moure A., Ruiz E., Castro E. et Dominguez H., 2009.** Antioxidant activity of the phenolic compounds released by hydrothermal treatments of olive treepruning. *Food Chemistry*. Volume 114: 806 – 812.
- **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. P 317.
- **Debeaux M.O., 1894.** Flore de la Kabylie du Djurdjura. Edition librairie des sciences naturelles de Paul Klingksieck, Paris. P 288.
- **Dhaouadi K., Raboudi F., Estevan C., Barrajon E., Vilanova E., Hamdaoui M. et Fattouch S., 2010.** Cell Viability Effects and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Tunisian Date Syrup (Rub El Tamer) Polyphenolic Extracts. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. Volume 59: 402 – 406.
- **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.
- **Ebrahimzadeh M. A., Pourmmorad F. et Hafezi S., 2008.** Antioxidant activities of Iranian corn silk. *Turkish journal of biology*. Volume 32 : 43 – 49.
- **El-Gazzar A. et Watson I.A., 1970.** Taxonomic study of Labiatae and related genera. *New Phytologist*. Volume 69 : 451 – 486.
- **Essawi T. et Srour M., 2000.** Screening of some Palestinian medicinal plants for antibacterial activity. *Journal Ethnopharmacology*. Volume 70: 343 – 349.
- **Evelegh T., 1996.** *Lavender*. Lorenz books: Sydney. In **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 Kouba en Algérie et Université Jean-Monnet de Saint-Etienne. France. 204 p.
- **Flores G., Blanch G. P., Ruiz del Castillo M. L., Herraiz M., 2005.** Enantiomeric composition studies in *Lavandula* species using supercritical fluids. *Journal of Separation Science*. Volume 28 : 2333 – 2338.
 - **Floss H. G.** 1997. Natural products derived from un usual variants of the shikimate pathway. *Natural Product Reports*. Volume 14 : 433-434.
 - **Gámez MJ, Jiménez J, Risco S et Zarzuelo A., 1987.** Hypoglycemic activity in various species of the genus *Lavandula*. I : *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(31) : 6697 – 6703.
 - **Ghedira K., 2005.** Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytotherapie*. Volume 3(4) : 162 – 169.
 - **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., Martin-Benito D., Nagla M., Garcia-Vallejo M. et Soria A.C., 2006.** Antifeedant effects and chemical composition of essential oils from different populations of *Lavandula luisieri* L. *Biochemical systematic and ecology*. Volume 34 : 609 – 616.
 - **Grayer R.J., Kite G.C. et al., 1996.** Intraspecific taxonomy and essential oil chemotypes in sweet basil, *Ocimum basilicum*. *Phytochemistry*. Volume 43 : 1033 – 1039.
 - **Green K., 2012.** Mise à jour sur le *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline. *Toronto Invasive Bacterial Diseases Network*. Volume 4 (3) : 1 – 4.
 - **Gubb A.S., 1913.** Flore Algérienne, Naturelle et Acquisée. Edition Adolphe Jourdan. Alger. P 129.
 - **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 (*Zea mays* L.). *Journal of Applied Biosciences*. Volume 90 : 8355 – 8360.

- **Guignard J.L., 1996.** Abrégé de biochimie végétale, Ed. Masson, Paris, 160 p.
- **Guyot-Declerck C., Renson S., Bouseta A. et Collin S., 2002.** Floral quality and discrimination of *Lavandula stoechas*, *Lavandula angustifolia*, and *Lavandula angustifolia x latifolia* honeys. *Food Chemistry*. Volume 79 : 453 – 459.
- **Hadj salem J., 2009.** Extraction, identification caractérisation des activités biologiques de flavonoïdes de *Nitraria retusa* et synthèse de dérivées acyles de ces molécules par voie enzymatiques. Thèse de Doctorat en procédés Biotechnologiques et Alimentaires à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires de Lorraine, France. 217 p.
- **Harrar A., 2012.** Activités antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Rhamnus alaternus* L. Mémoire de Magistère en Biochimie et physiologie expérimentale à l'Université Ferhat Abbas de Sétif, Algérie. 58 p.
- **Heinrich, G., Schultze, W. Pfab I. et Boettger M., 1983.** The site of essential oil biosynthesis in *Poncirus trifoliata* and *Monardafistulosa*. *Physiologie Végétale*. Volume 21 : 257 – 268.
- **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'Hydroxycinnamoyl-CoA : shikimate/quinatehydroxycinnamoyl Transférase (HCT). Thèse de Doctorat : Université de Louis Pasteur – Strasbourg I, France.
- **Hoffmann L., Besseau S., Geoffroy P., Ritzenthaler C., Meyer D., Lapierre C., Pollet B. et Legrand M. 2004.** Silencing of hydroxycinnamoyl coenzyme A shikimate / quinatehydroxycinnamoyl transferase affects phenylpropanoid biosynthesis. *Plant cell*. Volume 16 (6) : 1446 – 1465.
- **Hopkins W.G., 2003.** Physiologie végétale. Edition De Boeck Supérieur. P 280.
- **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.
- **Johnson F., Seri-Kouassi B., Aboua L. R. N. Et Foua-Bi K., 2006.** Utilisation de poudres et d'extraits totaux issus de plantes locales des genres *Ocimum sp.* et *Mentha sp.* comme biopesticides dans la lutte contre *Callosobruchus maculatus* fab. *Agronomie Africaine*. Volume 18 (3) : 221 – 233.

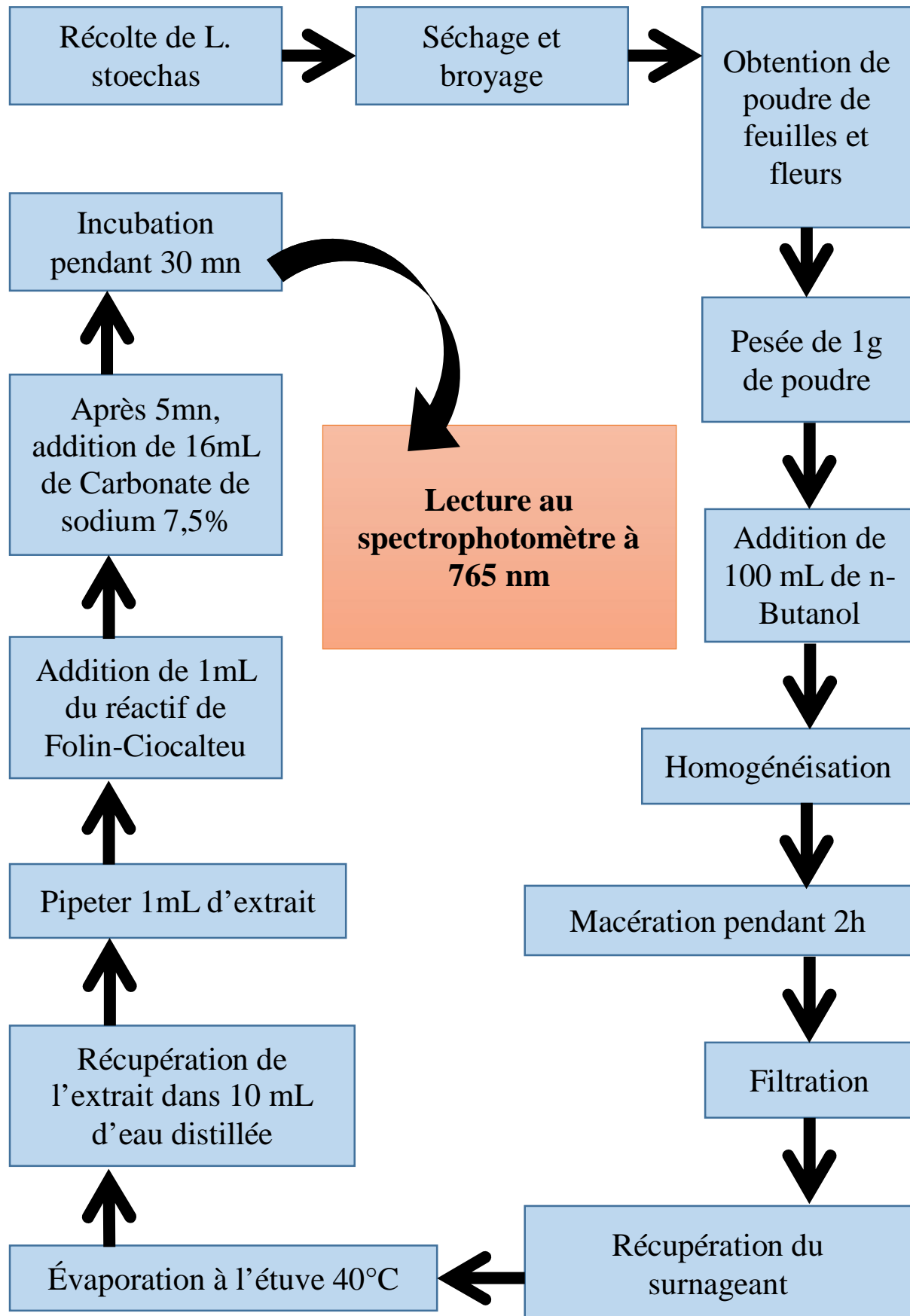
- **Jovet P., 2012.** Reconnaître les principales familles botaniques, Les amis du jardin botanique littoral. *In Belmont M., 2013. Lavandula angustifolia M., Lavandula atifolia M., Lavandula x intermedia E. : Etudes botaniques, chimiques et thérapeutiques.* Thèse de doctorat, Faculté de pharmacie de l'université Joseph Fourier de Grenoble, France. 98 p.
- **Jungkind D.L., 1995.** Antimicrobial resistance : a crisis in health care ; [based on the proceedings of the Eastern Pennsylvania Branch of the American Society of Microbiology Symposium on Antimicrobial Resistance: a Crisis in Health Care - Clinical Laboratory and Epidemiologic Considerations, held November 11-12, 1993, in Philadelphia, Pennsylvania]. Edition Plenum Press. New York, Etats-Unis. P 248.
- **Juntachote T., Berghofer E., Bauer F. et Siebenhandl S. 2006.** The application of response surface methodology to the production of phenolic extracts of lemon grass, galangal, holy basil and rosemary. *International Journal of Food Science and Technology.* Volume 41: 121 – 133.
- **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.
- **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.
- **Lesueur D., Serra D. de Rocca, Bighelli A., Hoi T.M., Ban N.K., Thai T.H. et Casanova J., 2007.** Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Michelia faveolata* Merrill, ex Dandy from Vietnam. *Flavour and Fragrance Journal.* Volume 22 : 317 – 321.
- **Lis-balchin M., 2002.** Lavender, the genus *Lavandula*. London & New York : Taylor and Francis, 268p. *in 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 Kouba en Algérie et Université Jean-Monnet de Saint-Etienne. France. 204p.
- **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.

- **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.
- **Mahmoudi S., Khali M. et Mahmoudi N., 2013.** Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Revue Nature & Technologie. B- Sciences Agronomiques et Biologiques.* Volume 09 : 35 – 40.
- **Menaceur F. et Hazzit M., 2014.** Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of ethanolic extracts from Algerian *Lavandula stoechas* L. and *Rosmarinus tournefortii* de Noé. *International Journal of Agricultural Science and Research.* Volume 4 : 139 – 146.
- **Modnicki D. et Balcerek M., 2009.** Estimation of total polyphenols contents in *Ocimum basilicum* L., *Origanum vulgare* L. and *Thymus vulgaris* L. commercial samples. *Herba Polonica.* Volume 55 (1) : 35 – 42.
- **Mohammedi Z. et Atik F., 2012.** Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. *Revue Nature & Technologie.* Volume 06 : 34 – 39.
- **Moussaid M., Elamrani A.A., Berhal C., Moussaid H., Bourhim1 N. et Benaissa M., 2012.** Comparative evaluation of phytochemical and antimicrobial activity between two plants from the *Lamiaceae* family: *Marrubium vulgare* (L.) and *Origanum majorana* (L.). *International Journal of Natural Products Research.* Volume 1 (1) : 11 – 13.
- **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.
- **Nkhili E., 2009.** Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse de doctorat en Sciences des Aliments à l'Université d'Avignon et des pays de Vaucluse, France. 318 p.
- **Omar S.H., 2010.** Oleuropein in Olive and its Pharmacological Effects. *Science and Pharmacology.* Volume 78 (2) : 133–154.
- **Ouchekdhidh–Ourlissene O., 2014.** Effets biocides des poudres et des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologique de la bruche du haricot *Acanthoscelide obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Magistère à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie. 95 p.

- **Özgülven M. et Tansi S., 1998.** Drug yield and essential oil of *Thymus vulgaris* L as influenced by ecological and ontogenetical variation. *The Turkish journal of agriculture and forestry*. Volume 22 : 537 – 542.
- **Park H. J. et Cha H. C. 2003.** Flavonoids from leaves and exocarps of the grape Kyoho. *Korean journal of biological society*. Volume 7 : 327 – 330.
- **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.
- **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 (10) : 571–603.
- **Quezel P. et Santa S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Edition Centre National de la Recherche Scientifique, France. p 781.
- **Quyrou A., 2003.** Mise au point d'une base de données sur les plantes médicinales. Exemple d'utilisation pratique de cette base. Thèse de Doctorat Université Ibn Tofail Faculté des Sci. Kénitra, Maroc. 110 p.
- **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 (4) : 401 – 412.
- **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
- **Sousa A., Ferreira I.C.F.R., Barros L., Bento A. et Pereira A., 2008.** Effect of solvent and extraction temperatures on the antioxidant potential of traditional stoned table olives « alcaparras ». *Learning with Technologies*. Volume 41: 739–745.
- **Subsamanian S., Stacey G. et Yu O. 2007.** Distinct crucial roles of flavonoids during legume nodulation. *Trends in plant science*. Volume 12 (7) : 282 – 283.
- **Taleb-Toudert K., 2015.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de

- leurs effets sur la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie. 119 p.
- **Tapas A. R., Sakarkar D. M. et Kakde R.B., 2008.** Flavonoids as Nutraceuticals: A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. Volume 7 (3) : 1089 – 1099.
 - **Upson T. et Andrews S., 2004.** The genus *Lavandula*. Edition Timber Press, Portland and Oregon, Etats-Unis. p 442.
 - **Upson T., 2002.** The taxonomy of the genus *Lavandula* L. In **Lis-balchin M., 2002.** Lavender, the genus *Lavadula*. Edition London & New York: Taylor and Francis. 2 – 34.
 - **Urquiaga I. et Leighton F.** 2000. Plant polyphénols antioxidants and oxidative stress. *Biological Research*. Volume 33 (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.
 - **Winkel–Shirley B.** 2001. Flavonoid biosynthesis. A chlorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. *Plant Physiology*. Volume 126 : 485 – 493.
 - **Yakhlef G., 2010.** Etude de l'activité biologique des extraits de feuilles de *Thymus vulgaris* L. et *L. aureus nobilis* L. Diplôme de Magistère en Biochimie Appliquée à l'Université El Hadj Lakhdar de Batna, Algérie. 80 p.
 - **Yétérian E., 2010.** Bases moléculaires de la maturation et de la sécrétion de la pyoverdine chez *Pseudomonas aeruginosa*. Thèse de Doctorat, en Aspect moléculaires et cellulaires de la biologie à l'Université de Strasbourg, France. 160 p.
 - **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.

Annexes

Annexe 01 : Schéma illustratif du protocole d'extraction et de dosage des polyphénols totaux.

Annexe 02 : Résultats des teneurs en eau des feuilles de *Lavandula stoechas* L. provenant des stations d'Ath Zmenzer et Mâatkas.

Feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> L.		Poids frais (g)	Poids sec (g)	Teneur en eau (%)	Moyenne (%) ± écart type
Population 01 : station Ath Zmenzer	Individu 01	24,5	22,6	7,755102	7,602714784 ± 0,75843027
	Individu 02	27,8	25,5	8,273381	
	Individu 03	11,8	11	6,779661	
Population 02 : station Maatkas	Individu 01	37,7	34,2	9,283819	8,784932988 ± 1,078629709
	Individu 02	18,9	17,1	9,523809	
	Individu 03	15,9	14,7	7,547169	

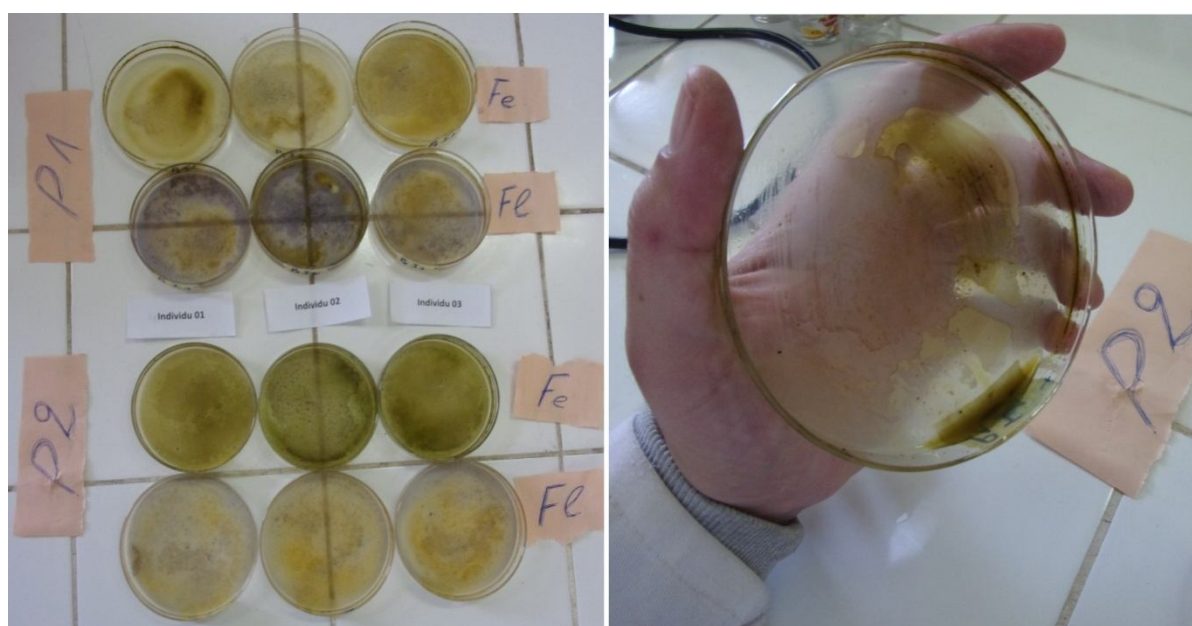
Fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> L.		Poids frais (g)	Poids sec (g)	Teneur en eau (%)	Moyenne (%) ± écart type
Population 01 : station Ath Zmenzer	Individu 01	13.4	11,2	16,41791	17,47000003 ± 1,296867751
	Individu 02	8.2	6,8	17,07317	
	Individu 03	3.7	3	18,91891	
Population 02 : station Mâatkas	Individu 01	17,4	14,5	16,66667	16,90676271 ± 1,356566225
	Individu 02	5,1	4,3	15,68627	
	Individu 03	4,9	4	18,36734	

Fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> L.		Teneur en eau des fleurs (%)	Nombre de fleurs	Teneur en eau par fleurs (%)	Moyenne (%) ± écart type
Population 01 : station Ath Zmenzer	Individu 01	16,41791	178	0,092235	0,213050136 ± 0,188268453
	Individu 02	17,07317	146	0,116939	
	Individu 03	18,91891	44	0,429975	
Population 02 : station Mâatkas	Individu 01	16,66667	187	0,089126	0,25237495 ± 0,17510645
	Individu 02	15,68627	68	0,230680	
	Individu 03	18,36734	42	0,437317	

Annexe 03: concentration en polyphénols totaux des extraits des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* L. provenant des deux stations d'étude.

			concentration (mg/ml)	Moyennes (mg/ml)	Ecart type (mg/ml)
Ath Zmenzer	Feuilles	individu 01	42,26	41,95	0,27
		individu 02	41,84		
		individu 03	41,75		
	Fleurs	individu 01	50,729	50,90	0,26
		individu 02	51,201		
		individu 03	50,771		
Máatkas	Feuilles	individu 01	42,35	42,14	0,22
		individu 02	42,15		
		individu 03	41,92		
	Fleurs	individu 01	54,775	54,80	0,21
		individu 02	55,023		
		individu 03	54,611		

Annexe 04: extraits sec de polyphénols totaux obtenus à partir des feuilles et des fleurs de *Lavandula Stoechas* provenant des deux stations d'étude.



Annexe 05: Résultats de l'estimation des teneurs en polyphénols des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* L. provenant des deux stations d'étude.

Feuilles de <i>Lavandula stoechas</i> L.		Teneur en polyphénols			Moyenne ± écart type
		Essai 01	Essai 02	Essai 03	
Population 01 : station Ath Zmenzer	Individu 01	14,143323	16,530999	14,74024	15,13818872 ± 1,242585824
	Individu 02	14,021504	15,629530	16,75027	15,46710323 ± 1,371618142
	Individu 03	18,38267	18,638489	16,78682	17,93599237 ± 1,003397131
Population 02 : station Mâatkas	Individu 01	17,6633	15,41663	15,99309	16,35768769 ± 1,166891348
	Individu 02	17,23469	16,95386	20,5456	18,24473419 ± 1,997592945
	Individu 03	16,86517	17,50075	16,82082	17,06225075 ± 0,380402524

Fleurs de <i>Lavandula stoechas</i> L.		Teneur en polyphénols			Moyenne ± écart type
		Essai 01	Essai 02	Essai 03	
Population 01 : station Ath Zmenzer	Individu 01	19,33476	14,04830	15,25978	16,21428157 ± 2,76947455
	Individu 02	18,35579	21,36614	21,48851	20,40348085 ± 1,774407143
	Individu 03	11,01347	15,16188	15,63913	13,93816355 ± 2,544071059
Population 02 : station Mâatkas	Individu 01	12,44569	15,25404	16,28871	14,66279475 ± 1,988585968
	Individu 02	12,93341	13,25859	17,91462	14,70221086 ± 2,786778734
	Individu 03	19,76225	17,01298	23,41317	20,06280249 ± 3,210663497

Annexe 06: Diamètres des zones d'inhibition de *Staphylococcus aureus* induites par les polyphénols totaux des extraits des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* L. provenant des deux stations d'étude.

		Essais	Diamètres (mm)	Moyennes (mm)	Ecart type (mm)	
Ath Zmenzer	feuilles	individu 01	essai 1	12	11,33	0,58
			essai 2	11		
			essai 3	11		
		individu 02	essai 1	13	11,67	1,15
			essai 2	11		
			essai 3	11		
		individu 03	essai 1	12	11,67	0,58
			essai 2	11		
			essai 3	12		
	fleurs	individu 01	essai 1	7	7,20	0,35
			essai 2	7		
			essai 3	7,6		
individu 02		essai 1	11	10,33	0,58	
		essai 2	10			
		essai 3	10			
individu 03		essai 1	6	6,67	1,15	
		essai 2	8			
		essai 3	6			
Mâatkas	feuilles	individu 01	essai 1	13	12,33	0,58
			essai 2	12		
			essai 3	12		
		individu 02	essai 1	11	11,00	1,00
			essai 2	12		
			essai 3	10		
		individu 03	essai 1	11	11,67	0,58
			essai 2	12		
			essai 3	12		
	fleurs	individu 01	essai 1	9	9,00	1,00
			essai 2	8		
			essai 3	10		
individu 02		essai 1	10	9,17	0,76	
		essai 2	8,5			
		essai 3	9			
individu 03		essai 1	9,5	10,17	0,76	
		essai 2	11			
		essai 3	10			

Annexe 07: Diamètres des zones d'inhibition de *Pseudomonas aeruginosa* induites par les polyphénols totaux des extraits des feuilles et fleurs de *Lavandula stoechas* L. provenant des deux stations d'étude.

		Essais	Diamètres (mm)	Moyennes (mm)	Ecart type (mm)	
Ath Zmenzer	feuilles	individu 01	essai 1	10	10,83	0,76
			essai 2	11,5		
			essai 3	11		
		individu 02	essai 1	10	10,83	0,76
			essai 2	11		
			essai 3	11,5		
		individu 03	essai 1	12	11,17	0,76
			essai 2	10,5		
			essai 3	11		
	fleurs	individu 01	essai 1	12,6	12,70	0,75
			essai 2	13,5		
			essai 3	12		
		individu 02	essai 1	12,8	12,13	0,61
			essai 2	11,6		
			essai 3	12		
individu 03		essai 1	13	12,17	0,76	
		essai 2	12			
		essai 3	11,5			
Mâatkas	feuilles	individu 01	essai 1	10	10,27	0,25
			essai 2	10,5		
			essai 3	10,3		
		individu 02	essai 1	12	11,23	0,68
			essai 2	11		
			essai 3	10,7		
		individu 03	essai 1	11	10,50	0,50
			essai 2	10		
			essai 3	10,5		
	fleurs	individu 01	essai 1	13,5	13,17	1,04
			essai 2	14		
			essai 3	12		
		individu 02	essai 1	13	12,67	0,58
			essai 2	13		
			essai 3	12		
individu 03		essai 1	11,6	11,63	0,65	
		essai 2	11			
		essai 3	12,3			

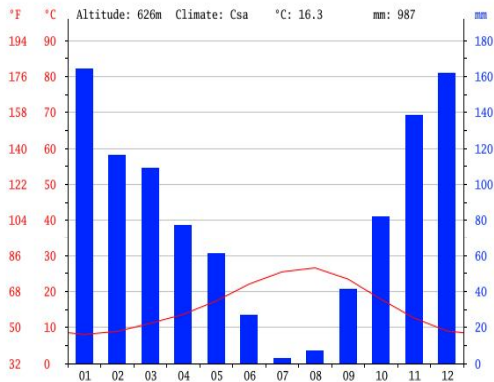
Annexe 08 : Données climatologiques des deux stations d'étude.

fr.climate-data.org/location/520804/ 22:14 22/03/2015

CLIMAT: BENI ZMENZER

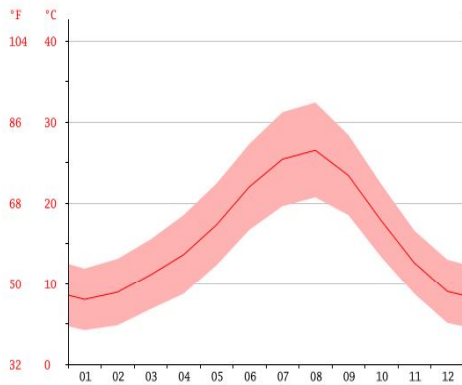
Un climat tempéré chaud est présent à Beni Zmenzer. En hiver, les pluies sont bien plus importantes à Beni Zmenzer qu'elles ne le sont en été. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type Csa. Sur l'année, la température moyenne à Beni Zmenzer est de 16.3 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 987 mm.

DIAGRAMME CLIMATIQUE



Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 3 mm. Le mois de Janvier, avec une moyenne de 164 mm, affiche les précipitations les plus importantes.

COURBE DE TEMPÉRATURE



Avec une température moyenne de 26.5 °C, le mois de Aout est le plus chaud de l'année. Au mois de Janvier, la température moyenne est de 8.0 °C. Janvier est de ce fait le mois le plus froid de l'année.

TABLE CLIMATIQUE

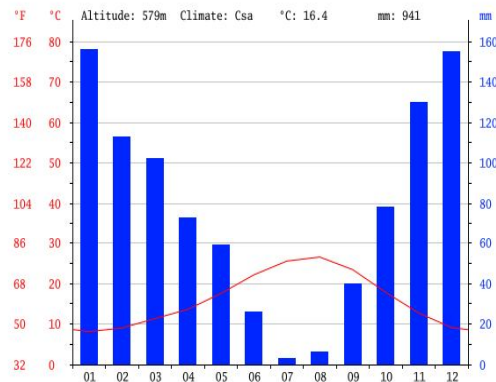
month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	164	116	109	77	61	27	3	7	41	82	138	162
°C	8.0	8.9	11.1	13.6	17.3	22.0	25.4	26.5	23.4	17.8	12.6	9.0
°C (min)	4.2	4.8	6.8	8.7	12.3	16.7	19.6	20.7	18.5	13.3	8.7	5.1
°C (max)	11.9	13.1	15.5	18.5	22.4	27.3	31.2	32.4	28.4	22.3	16.6	13.0
*F	46.4	48.0	52.0	56.5	63.1	71.6	77.7	79.7	74.1	64.0	54.7	48.2
*F (min)	39.6	40.6	44.2	47.7	54.1	62.1	67.3	69.3	65.3	55.9	47.7	41.2
*F (max)	53.4	55.6	59.9	65.3	72.3	81.1	88.2	90.3	83.1	72.1	61.9	55.4

La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 161 mm. Entre la température la plus basse et la plus élevée de l'année, la différence est de 18.5 °C.

CLIMAT: AÏT AHMED IFREK

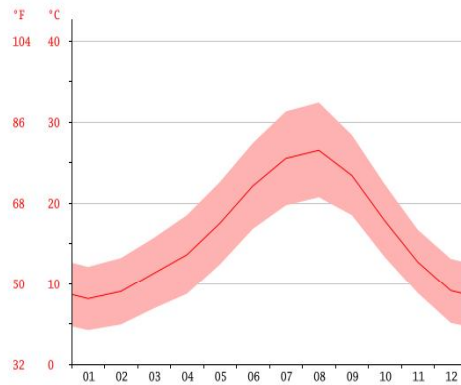
Un climat tempéré chaud est présent à Ait Ahmed Ifrek. En hiver, les pluies sont bien plus importantes à Ait Ahmed Ifrek qu'elles ne le sont en été. D'après Köppen et Geiger, le climat y est classé Csa. Sur l'année, la température moyenne à Ait Ahmed Ifrek est de 16.4 °C. La moyenne des précipitations annuelles atteints 941 mm.

DIAGRAMME CLIMATIQUE



Les précipitations moyennes les plus faibles sont enregistrées en Juillet avec 3 mm seulement. Les précipitations records sont enregistrées en Janvier. Elles sont de 156 mm en moyenne.

COURBE DE TEMPÉRATURE



Avec une température moyenne de 26.5 °C, le mois de Aout est le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 8.1 °C.

TABLE CLIMATIQUE

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	156	113	102	73	59	26	3	6	40	78	130	155
°C	8.1	9.0	11.3	13.6	17.5	22.1	25.5	26.5	23.4	17.8	12.7	9.1
°C (min)	4.2	4.9	6.9	8.7	12.4	16.8	19.7	20.7	18.5	13.3	8.8	5.1
°C (max)	12.1	13.2	15.7	18.5	22.6	27.4	31.3	32.4	28.4	22.3	16.7	13.1
*F	46.6	48.2	52.3	56.5	63.5	71.8	77.9	79.7	74.1	64.0	54.9	48.4
*F (min)	39.6	40.8	44.4	47.7	54.3	62.2	67.5	69.3	65.3	55.9	47.8	41.2
*F (max)	53.8	55.8	60.3	65.3	72.7	81.3	88.3	90.3	83.1	72.1	62.1	55.6

La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 153 mm. Une variation de 18.4 °C est enregistrée sur l'année.

Résumé

Parmi les plantes médicinales recensées et bénéficiant d'une bonne renommée thérapeutique et qui de ce fait devront être mises à l'épreuve d'investigations sérieuses de décryptages chimiques et biologiques, la *Lavandula stoechas*. Afin d'apporter les preuves de son innocuité et de rendre son utilisation plus efficiente, une étude phytochimique a été réalisée, les activités biologiques et insecticides ont été également déterminées.

L'objectif de cette étude est l'extraction et le dosage des polyphénols totaux par la méthode de Follin-Ciocalteu à partir des feuilles et des fleurs de *Lavandula stoechas* L. provenant de deux stations d'étude dans la wilaya de Tizi-Ouzou, l'une à Mâatkas et l'autre à Beni Zmenzer.

L'activité biologique de ces extraits a été testée sur la croissance de deux souches bactériennes. Il s'agit de *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*. Cette étude a révélé des résultats assez probants. L'activité bio insecticide a montré que la poudre des feuilles de *L. stoechas* ont entraîné la mort de 100% des adultes de *Tribolium Castaneum* à la dose 16 g / 100g de blé tendre

Mots clé : *Lavandula stoechas*, polyphénols, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, poudre, *Tribolium Castaneum*

Abstract

Among the medicinal plants identified and enjoying a good therapeutic fame and which therefore must be tested for serious investigations of chemical and biological deciphering, the *Lavandula stoechas*. To provide evidence of its safety and make it more efficient, a phytochemical study was conducted, the biological activities and insecticides were also determined

The objective of this study is the extraction and determination of total polyphenols by the Follin-Ciocalteu method from the leaves and flowers of *Lavandula stoechas* L. from two study stations in the wilaya of Tizi-Ouzou, Mâatkas to one and the other Béni-zmenzer .

The biological activity of these extracts was tested on the growth of two bacterial strains. This is *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. This revealed fairly convincing results. The insecticidal activity has shown that the powder leaves of *L. stoechas* have led to the death of 100 % of adult *Tribolium castaneum* at dose 16 g / 100g soft wheat.

Keywords: *Lavandula stoechas*, polyphenols, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, powder, *Tribolium Castaneum*.