

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologie



Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences biologiques

Spécialité : biodiversité et physiologie végétale

Thème

Evaluation de l'effet de trois huiles essentielles sur la croissance radiale de *Spilocaea oleaginea* (agent causal de la tavelure de l'olivier) et sur *Tribolium confusum* (ravageur des denrées stockées).

Présenté par : M^{elle} KORICHI Nour El-Houda

Devant le jury :

Président :	M^r MEDJEBEUR Dj.	MCA	UMMTO
Promotrice :	M^{me} TALEB – TOUDERT K.	MCA	UMMTO
Examinatrice :	M^{me} LAMRI T.	MAA	UMMTO

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Je remercie **Dieu Tout-Puissant** pour la force, la sagesse et la persévérance qui m'ont permis d'achever ce mémoire de fin d'études.

Merci à **ma famille** pour son soutien indéfectible et son amour inconditionnel, sources d'inspiration tout au long de mon parcours académique.

Merci à mes collègues pour leur collaboration, leurs conseils précieux et leur esprit d'équipe, essentiels à la réussite de ce projet.

Un grand merci à mes professeurs pour leur guidance, leur expertise et leur dévouement, qui ont marqué mon développement académique et personnel.

Remerciements particuliers à :

- **M^{me} TALEB – TOUDERT K.**, ma promotrice, pour son encadrement attentif, ses conseils avisés et son soutien constant tout au long de ce travail.
- **M^r MEDJEBEUR Dj.**, pour avoir honoré ce jury de sa présidence.
- **M^{me} LAMRI T.**, pour avoir accepté d'examiner ce travail avec pertinence.
- **M^{me} TINKICHT L.**, ingénieure de laboratoire, pour son assistance technique précieuse, sa patience et son inépuisable disponibilité.
- **M^r FERRAGUI N. et M^{me} MAKHLOUFI H.**, pour leur aide éclairée et leur expertise dans l'étude statistique

Sans votre aide, ce mémoire n'aurait pas vu le jour. Je vous suis infiniment reconnaissant.

Dédicaces

Sans la grâce et la miséricorde de **Dieu Tout-Puissant**, ce travail n'aurait pas vu le jour. Louange à Lui pour la force et la patience qui m'ont aidé à surmonter les obstacles et à achever ce parcours. Sa bienveillance a guidé chaque pas, transformant le désespoir en espoir. Il est mon refuge, et je Lui adresse toute ma gratitude pour cette réussite.

Je dédie ce travail à ma chère mère, **Mehdia**, à qui je dois tout. Maman, tu es la source infinie d'amour et de générosité, mon roc dans les moments sombres. Ton soutien inébranlable et tes sacrifices m'ont inspiré. Dans tes yeux, j'ai trouvé l'espoir ; dans ta voix, les encouragements. Tu es la lumière de mon chemin, le cœur qui a protégé mes rêves. Chaque mot de ce travail porte l'écho de tes prières. Tu es ma héroïne, et ceci est un modeste hommage à ta tendresse.

À mon cher père, **Yahia**, merci pour ta sagesse, tes conseils et ton encouragement constant. Papa, tu es mon modèle de détermination et de persévérance. Ta voix calme m'a guidé dans les tempêtes, ta main ferme m'a soutenu. Tes paroles ont illuminé ma route, tes regards fiers m'ont motivé.

À mes chers frères, **Marwan, Redwan et Safwan**, merci d'avoir rendu ce chemin joyeux et moins solitaire. Votre soutien m'a propulsé en avant, vos rires et vos encouragements ont été mon carburant. Ensemble, nous avons partagé joies et épreuves. Vous êtes essentiels à cette réussite.

Enfin, je dédie ce travail à tous les **Palestiniens** qui ont abandonné leurs études pour libérer leur patrie. À ceux qui ont laissé leurs livres pour brandir l'étendard de la liberté, à ceux qui ont choisi la lutte plutôt que le diplôme. Vos sacrifices sont notre phare, votre résilience notre leçon. Vous êtes l'inspiration de ce travail, un hommage à vos âmes courageuses. Le savoir reste notre arme contre l'injustice.

Nour El-Houda

Liste des figures

- Fig. 01** : Olivier (Originelle, 2025).
- Fig. 02** : Les différentes parties de l'appareil végétatif d'un olivier (Originelle, 2025).
- Fig. 03** : Les fleurs d'olivier sont en voie de se transformer en fruits (Originelle, 2025).
- Fig. 04** : Carte géographique illustrant la distribution spatiale de l'oléiculture à l'échelle mondiale (Canton, 2005).
- Fig. 05** : Carte géographique illustrant la distribution spatiale de l'oléiculture en Algérie (Ministère de l'Agriculture, 2021).
- Fig. 06** : Structures anamorphiques de *Spilocaea oleaginea* (Buonauro et al., 2023).
- Fig. 07** : Cycle pathogénique de la tache foliaire de l'olivier induite par *S. oleaginea* chez *Olea europaea* (Buonauro et al., 2023).
- Fig. 08** : Symptômes et signes causés par *S. oleaginea* chez les oliviers (Buonauro et al., 2023).
- Fig. 09** : Larve de *Tribolium confusum* (G 2x10) (Originelle, 2025).
- Fig. 10** : Nymphes de *Tribolium confusum* (G 2x10) (Originelle, 2025).
- Fig. 11** : Vues multiples d'un adulte de *Tribolium confusum* (G 2x10) (Originelle, 2025).
- Fig. 12** : Dégâts provoqués par *Tribolium* (Originelle, 2025).
- Fig. 13** : Organes de répartition des huiles essentielles chez certaines plantes (Originelle, 2025).
- Fig. 14** : La diversité des structures sécrétrices (Baser & Buchbauer, 2015).
- Fig. 15** : Structures de quelques terpènes (Bakkali et al., 2008).
- Fig. 16** : Structures de quelques composés aromatiques (Raut & Karuppaiyil, 2014).
- Fig. 17** : Schéma explicatif de l'hydrodistillation (Chemat et al., 2017).
- Fig. 18** : Schéma explicatif de la distillation à la vapeur d'eau (Chemat et al., 2017).
- Fig. 19** : Schéma explicatif de l'extraction d'huile par l'expression à froid (Ferhat et al., 2007).
- Fig. 20** : Schéma explicatif de la distillation sèche (Chemat et al., 2017).
- Fig. 21** : Schéma explicatif de l'extraction par fluide supercritique (Reverchon & De Marco, 2006).
- Fig. 22** : Schéma explicatif de l'extraction par l'enfleurage (Poucher, 1993).
- Fig. 23** : Schéma explicatif de l'extraction assistée par micro-ondes (Lucchesi et al., 2004).
- Fig. 24** : Extraction assistée par solvant organique (Chemat et al., 2017).
- Fig. 25** : *Lavandula angustifolia* ; plante entière et sommités fleuries qui sont utilisées pour produire l'HE (Originelle, 2025).
- Fig. 26** : *Mentha piperita* ; plante entière, les feuilles et sommités fleuries qui sont utilisées pour produire l'HE (Originelle, 2025).
- Fig. 27** : *Rosmarinus officinalis* ; plante entière, les feuilles et sommités fleuries qui sont utilisées pour produire l'HE (Originelle, 2025).
- Fig. 28** : Localisation de la zone d'étude (Ain El Hammam) (maps.google.com).
- Fig. 29** : Dispositifs du processus d'hydrodistillation (Originelle, 2025).
- Fig. 30** : Isolement du phytopathogène (Originelle, 2025).

Fig. 31 : Isolats du phytopathogène *S. oleaginea* sur du milieu PDA neuf (Originelle, 2025).

Fig. 32 : Une image illustrant des feuilles d'olivier présentant des signes d'infection fongique, prélevées directement dans le verger. (Originelle, 2025).

Fig. 33 : Élevage de masse de *Tribolium confusum* (Originelle, 2025).

Fig. 34 : Dispositif expérimental de la méthode des puits appliquée sur *S. oleaginea* traités par différentes doses de trois huiles essentielles (Originelle, 2025).

Fig. 35 : Dispositif expérimental du test de fumigation sur les adultes de *T. confusum* (Originelle, 2025).

Fig. 36 : Dispositif expérimental du test de répulsivité sur les adultes de *T. confusum* (Originelle, 2025).

Fig. 37 : Coupe transversale des feuilles observées au microscope optique G 40 x 10 (Originelle, 2025).

Fig. 38 : Coupe transversale des tiges observées au microscope optique G 40 x 10 (Originelle, 2025).

Fig. 39 : Croissance radiale des colonies de *S. oleaginea* après 03 jours d'incubation en fonction de la dose d'huile essentielle (Originelle, 2025).

Fig. 40 : Croissance radiale de *S. oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 03 jours d'incubation.

Fig. 41 : Croissance radiale des colonies de *S. oleaginea* après 21 jours d'incubation en fonction de la dose d'huile essentielle (Originelle, 2025).

Fig. 42 : Croissance radiale de *S. oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 21 jours d'incubation.

Fig. 43 : Taux moyen de mortalité des adultes de *T. confusum* traités par fumigation en fonction de la dose de l'HE après 24 heures d'exposition.

Fig. 44 : Taux moyen de mortalité des adultes de *T. confusum* traités par fumigation en fonction de la dose de l'HE après 48 heures d'exposition.

Fig. 45 : Taux moyen de mortalité des adultes de *T. confusum* traités par fumigation en fonction de la dose de l'HE après 72 heures d'exposition.

Fig. 46 : Taux moyen de répulsion des adultes de *T. confusum* traités aux différentes doses d'huile essentielle de lavande.

Fig. 47 : Taux moyen de répulsion des adultes de *T. confusum* traités aux différentes doses d'huile essentielle de menthe poivrée.

Fig. 48 : Taux moyen de répulsion des adultes de *T. confusum* traités aux différentes doses d'huile essentielle de romarin.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Principaux bioagresseurs de l'olivier (Torbaty et *al.*, 2014).

Tableau 02 : Propriétés des huiles essentielles de lavande, menthe poivrée et romarin (Cavanagh & Wilkinson, 2002 ; Bozin et *al.*, 2007).

Tableau 03 : Pourcentage de répulsion selon le classement de McDonald (1970).

Tableau 04 : Classement des huiles selon leurs propriétés inhibitrices (Taux d'inhibition : Pourcentage d'inhibition), d'après les histogrammes de la croissance radiale sous traitement.

Tableau 05 : Classement des huiles selon leurs propriétés toxiques (Taux de Mortalité : Pourcentage de mortalité), d'après les résultats des figures 43, 44 et 45.

Tableau 06 : Classement des huiles selon leurs propriétés répulsives (PMR : Pourcentage moyen de répulsion), d'après le classement de McDonald (1970).

Liste des abréviations

- : Négatif.

+ : Positif.

% : Pourcentage (Partie pour cent).

°C : Degré Celsius (Unité de mesure de la température).

$\mu\text{l}/\text{cm}^2$: Microlitre par centimètre carré (C'est une unité composée qui exprime un volume de liquide réparti sur une surface donnée, en biologie ou en chimie : exprimer la densité d'un liquide déposé sur une surface).

μl : Microlitre (Unité de mesure du volume).

ADN : Acide Désoxyribonucléique.

APG : The Angiosperm Phylogeny Group.

AFNOR : Association Française de Normalisation (French Standardization Association).

ANOVA : Analyse de Variance (Analysis of Variance).

cm : centimètre (Unité de mesure de la longueur).

ddl : Degrés de liberté.

DMSO : Diméthylsulfoxyde.

DPPH : Diphénylpicrylhydrazyle.

ex. : exemple.

FAO : Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture).

Fig. : Figure.

g : Gramme (Unité de mesure du poids).

G : Grossissement.

g/cm^3 : Gramme par centimètre cube (Unité de mesure de la masse volumique).

h : Heure (Unité de mesure du temps).

HE : Huile Essentielle.

ICTF : The International Commission on the Taxonomy of Fungi (La Commission Internationale de Taxonomie des Champignons).

INRAA : Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie.

IPM : Integrated Pest Management (Lutte Intégrée).

ISO : The International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation).

J : Jour.

kg : Kilogramme (Unité de mesure du poids).

l : Litre (Unité de mesure du volume).

m : Mètre (Unité de mesure de la longueur).

mg : Milligramme (Unité de mesure du poids).

mg/l : Milligramme par litre (Unité de mesure de la concentration).

min : Minute (Unité de mesure du temps).

ml : Millilitre (Unité de mesure du volume).

mm : Millimètre (Unité de mesure de la longueur).

P : Probabilité (valeur p).

PCR : (Polymerase Chain Reaction)

PDA : Potato Dextrose Agar (Gélose Pomme de Terre Dextrose).

PMR : Moyen de Répulsion.

S. oleaginea : *Spilocaea oleaginea*.

S.D. : Écart-type (Standard Deviation).

syn. : Synonyme

T. confusum : *Tribolium confusum*.

T° : Température.

UMMTO : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

v/v : Pourcentage en volume sur volume (Concentration en volume pour chaque 100 volumes de solution totale).

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'olivier

1. Présentation	3
2. Biologie de l'olivier	3
2.1. Taxonomie et position systématique	3
2.2. Description botanique et morphologique	4
2.3.1. Appareil végétatif	4
2.3.2. Appareil reproducteur	4
3. Aire de répartition de l'olivier	5
4. Importance de l'olivier	6
5. Principaux défis phytosanitaires de l'olivier	7
5.1. Menaces biotiques et abiotiques	7

Chapitre II : Le pathogène *Spilocaea oleaginea*

1. Présentation	8
2. Biologie	8
2.1. Taxonomie et position systématique	8
2.2. Morphologie	8
2.3. Cycle de développement	9
2.4. Épidémiologie	10
3. Symptômes et dégâts	10
3.1. Description des symptômes	10
3.2. Dégâts et impact économique	11
4. Méthodes de lutte actuelles contre <i>Spilocaea oleaginea</i>	11

5. Stratégies de défense efficaces des oliviers contre <i>Spilocaea oleaginea</i>	12
---	----

Chapitre III : Le ravageur *Tribolium confusum*

1. Présentation	13
2. Biologie	13
2.1. Taxonomie et position systématique.....	13
2.2. Description morphologique	13
2.3. Cycle de vie et reproduction	13
3. Écologie et comportement	14
4. Dégâts provoqués par <i>Tribolium confusum</i>	15
5. Méthodes de lutte actuelles contre <i>Tribolium confusum</i>	15

Chapitre IV : les huiles essentielles (HE) et monographies des plantes étudiées

1. Définition et caractéristiques générales	16
2. Localisation	17
3. Fonction Physiologique	18
4. Composition chimique	18
4.1. Grandes classes de composés chimiques	18
4.1.1. Les terpénoïdes	18
4.1.2. Les composés aromatiques	19
4.1.3. Les Composés d'origines diverses.....	19
4.2. Voies de biosynthèse.....	20
5. Méthodes d'extraction	20
5.1. Les méthodes conventionnelles	20
<input type="checkbox"/> Hydrodistillation	20
<input type="checkbox"/> Distillation à la vapeur d'eau	21
<input type="checkbox"/> Expression à froid	21
<input type="checkbox"/> Distillation sèche.....	21
5.2. Les méthodes non conventionnelles	22
<input type="checkbox"/> Extraction par fluide supercritique (CO ₂)	22
<input type="checkbox"/> Enfleurage	22
<input type="checkbox"/> Extraction assistée par micro-ondes.....	23
<input type="checkbox"/> Extraction par solvant organique	23
6. Mécanismes d'action biologique	24

6.1.	Activité antifongique	24
6.2.	Activité insecticide.....	24
6.3.	Activité antibactérienne	24
6.4.	Activité anti-inflammatoire.....	24
6.5.	Activité antioxydante	24
6.6.	Activité antivirale.....	24
7.	Caractéristiques pharmacologiques et toxicité des huiles essentielles	25
8.	Contrôle de qualité et méthodes de conservation des huiles essentielles	25
9.	Efficacité et limites des huiles essentielles comme biopesticides	26
10.	Description des plantes étudiées.....	26
10.1.	Lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	27
10.1.1.	Taxonomie et position systématique.....	27
10.1.2.	Morphologie.....	27
10.1.3.	Origine et distribution géographique	27
10.2.	Menthe Poivrée (<i>Mentha piperita</i> L.).....	28
10.2.1.	Taxonomie et position systématique.....	28
10.2.2.	Morphologie.....	28
10.2.3.	Origine et distribution géographique	29
10.3.	Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	29
10.3.1.	Taxonomie et Position systématique	29
10.3.2.	Morphologie.....	29
10.3.3.	Origine et distribution géographique	30
11.	Les huiles essentielles.....	30

Deuxième partie : Étude expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

1.	Présentation de la zone d'échantillonnage.....	31
1.1.	Localisation.....	31
1.2.	Description du verger.....	31
2.	Matériel utilisé.....	31
2.1.	Matériel de laboratoire	31
2.2.	Matériel biologique	32
2.2.1.	Matériel végétal	32

2.2.2.	Les insectes	32
3.	Étude des structures sécrétrices d'huiles essentielles des plantes étudiées	33
4.	Méthodes	33
4.1.	Traitement du matériel végétal	33
4.1.1.	Méthode d'extraction	33
4.1.2.	Isolement de l'agent pathogène	34
4.1.3.	Purification et obtention des isolats fongiques	34
4.1.4.	Détermination de l'agent pathogène	35
4.2.	Traitement des insectes	36
4.2.1.	Élevage de masse	36
5.	Étude des activité biologiques de trois huiles essentielles extraites	37
5.1.	Étude de l'activité antifongique sur <i>Spilocaea oleaginea</i> par la méthode des puits.....	37
5.1.1.	Évaluation de la croissance radiale de <i>Spilocaea oleaginea</i>	37
5.1.2.	Analyse statistique des données.....	37
5.2.	Étude de l'activité bioinsecticide sur <i>Tribolium confusum</i>	38
5.2.1.	Évaluation de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles.....	38
5.2.2.	Test de fumigation	38
5.2.3.	Test de répulsivité.....	39
5.2.4.	Analyse statistique des données.....	40

Chapitre II : Résultats et discussion

I.	Résultats.....	41
1.	Étude histoanatomique	41
1.1.	Anatomie des plantes étudiées (plantes à HE).....	41
2.	Évaluation de l'activité antifongique sur <i>Spilocaea oleaginea</i> :	42
2.1.	Croissance radiale sous traitement.....	42
3.	Évaluation de l'activité bioinsecticide sur <i>Tribolium confusum</i> :	45
a.	Test de fumigation	46
b.	Test de répulsion	48
II.	Discussion.....	50

Conclusion et perspectives d'étude

Références bibliographiques

Annexes

Introduction



La culture de l'olivier représente une composante historique et vitale de l'économie, de la société et de la culture en Algérie. Elle constitue une source de subsistance essentielle pour de nombreux agriculteurs et contribue significativement à la sécurité alimentaire nationale (Lamani & Ilbert, 2016). Cependant, ce secteur est constamment menacé par divers défis phytosanitaires, notamment des maladies végétales. Parmi celles-ci, la tavelure de l'olivier, provoquée par le champignon pathogène *Spilocaea oleaginea*, se révèle être une menace majeure. Largement répandue en Algérie, cette maladie conduit à la chute prématurée des feuilles et des fruits, affectant ainsi gravement la qualité de l'huile d'olive (Torbati et al., 2014).

En parallèle, le stockage des produits agricoles fait face à des problèmes persistants. Les céréales et leurs dérivés sont particulièrement vulnérables aux attaques d'insectes ravageurs, tels que *Tribolium confusum* (le tribolium brun de la farine). La prolifération de cet insecte dans les silos et les entrepôts engendre des pertes quantitatives et qualitatives considérables, rendant les produits impropres à la consommation en raison de leur contamination (Ngamo & Hance, 2007 ; Derbazi, 2020).

Historiquement, la lutte contre ces bioagresseurs a reposé majoritairement sur l'utilisation de pesticides chimiques. Bien que ces substances soient efficaces à court terme, leur emploi intensif a des conséquences environnementales et sanitaires néfastes, se traduisant par la pollution des sols, de l'eau et de l'air, la destruction d'organismes bénéfiques, et des risques pour la santé humaine (Pimentel, 2005 ; Carvalho, 2017). De plus, l'émergence croissante de résistances chez certains champignons et insectes réduit progressivement l'efficacité de ces pesticides (Whalon et al., 2008). Ces défis soulignent l'urgence de développer des stratégies de lutte plus durables et écologiquement responsables.

Face à ce constat, la recherche d'alternatives plus écologiques est devenue une priorité. Dans ce contexte, les huiles essentielles (HE) émergent comme une solution prometteuse. Issues de plantes, ces composés naturels sont reconnus pour leurs multiples propriétés biologiques, notamment antifongiques, insecticides et répulsives (Isman, 2000 ; Bakkali et al., 2008). Leur attrait réside également dans leur biodégradabilité et leur moindre impact environnemental par rapport aux pesticides synthétiques. Plusieurs études ont déjà démontré leur efficacité contre divers champignons et insectes nuisibles aux cultures et aux denrées stockées (Koul et al., 2008). L'intégration des huiles essentielles dans les stratégies de gestion parasitaire pourrait ainsi ouvrir la voie à une agriculture plus durable et respectueuse de l'environnement, offrant une alternative viable aux produits chimiques traditionnels.

Dans la continuité de ces recherches et pour combler un manque dans l'exploration des ressources locales, notre travail vise à évaluer *in vitro* l'efficacité des huiles essentielles de lavande (*Lavandula angustifolia*), de menthe poivrée (*Mentha piperita*) et de romarin (*Rosmarinus officinalis*) contre *Spilocaea oleaginea* et *Tribolium confusum*. Cette étude ambitionne d'apporter une contribution originale en focalisant sur des huiles essentielles spécifiques, potentiellement issues de la flore algérienne, et en les testant simultanément sur un pathogène majeur de l'olivier et un ravageur des denrées stockées, ce qui est moins documenté dans la littérature pour ces combinaisons d'espèces végétales et de bioagresseurs dans le contexte algérien. Nous cherchons à obtenir de nouvelles informations dans des domaines ayant peu de publications scientifiques



concernant l'application de ces huiles essentielles locales. Cette démarche s'inscrit directement dans les objectifs nationaux de l'Algérie de promouvoir une agriculture durable et de renforcer la sécurité alimentaire. En identifiant l'efficacité de ces huiles essentielles, nous espérons proposer des alternatives naturelles et économiques aux pesticides chimiques, tout en fournissant des données pratiques pour leur future application sur le terrain et le développement de biopesticides adaptés aux réalités agricoles algériennes.

Après une introduction, ce mémoire est structuré en deux parties principales, suivies d'une conclusion générale. La première propose une synthèse bibliographique approfondie, explorant les caractéristiques de l'olivier, de *Spilocaea oleaginea*, de *Tribolium confusum*, ainsi que la composition et les propriétés des huiles essentielles étudiées. Elle aborde également la biologie des pathogènes, les méthodes de lutte, la composition chimique des huiles et les objectifs de l'étude. La seconde partie est consacrée à l'étude expérimentale, détaillant les protocoles mis en œuvre (préparation des huiles, tests antifongiques, tests insecticides, analyses statistiques) et présentant les résultats obtenus, suivis d'une discussion approfondie. Une conclusion générale résumera les principaux apports de cette recherche et ouvrira des perspectives pour de futures investigations.

Première Partie : Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'Olivier

1. Présentation

L'olivier (*Olea europaea* L.) est bien plus qu'un arbre : il est une icône vivante du bassin méditerranéen, cultivé depuis plus de 6 000 ans pour ses fruits savoureux et son huile précieuse (Fig. 01). Porteur d'une histoire millénaire, il symbolise la paix, la sagesse et une capacité d'adaptation hors du commun, tout en étant un moteur économique et écologique dans les régions où il prospère. En Algérie, l'olivier occupe une place centrale dans le paysage agricole, s'étendant sur environ 400 000 hectares et soutenant les moyens de subsistance des populations rurales (ministère de l'Agriculture, 2021). Écologiquement, il joue un rôle clé en freinant l'érosion des sols et en préservant la biodiversité dans des zones souvent arides. Pourtant, cet arbre résilient doit faire face à des menaces phytosanitaires importantes, comme la tavelure de l'olivier, causée par le champignon *Spillocaea oleaginea*. Cette maladie affecte les récoltes en quantité et en qualité, posant un défi majeur à la durabilité de cette culture essentielle.



Fig. 01 : Olivier (Originelle, 2025).

2. Biologie de l'olivier

2.1. Taxonomie et position systématique

Selon la classification établie par Cronquist (1981), la position systématique de l'olivier est comme suit :

- **Règne :** Plantae
- **Sous – règne :** Tracheobionta
- **Classe :** Magnoliopsida
- **Sous – classe :** Asteridae
- **Ordre :** Scrophulariales
- **Famille :** Oleaceae
- **Genre :** *Olea*
- **Espèce :** *Olea europaea* (Linné, 1753).

En outre, selon la classification APG II (2003), *Olea europaea* L. est rattaché à l'ordre de Lamiales.

2.2. Description botanique et morphologique

2.3.1. Appareil végétatif

L'olivier est un arbre pérenne au caractère robuste, pouvant s'élever jusqu'à 10-15 mètres avec une croissance patiente et un port souvent buissonnant. Ses racines, d'abord pivotantes puis traçantes, s'étendent largement pour capter l'eau, lui offrant une résilience face aux périodes de sécheresse (Bartolini & Petruccelli, 2002). Son tronc, tordu et renacré d'une écorce grise fissurée, porte des branches solides et un feuillage touffu. Ses feuilles persistantes, opposées et lancéolées, affichent une teinte vert-gris dessus et argentée dessous, une adaptation astucieuse pour limiter la perte d'eau dans les climats arides (Connor & Fereres, 2010) (Fig. 02).

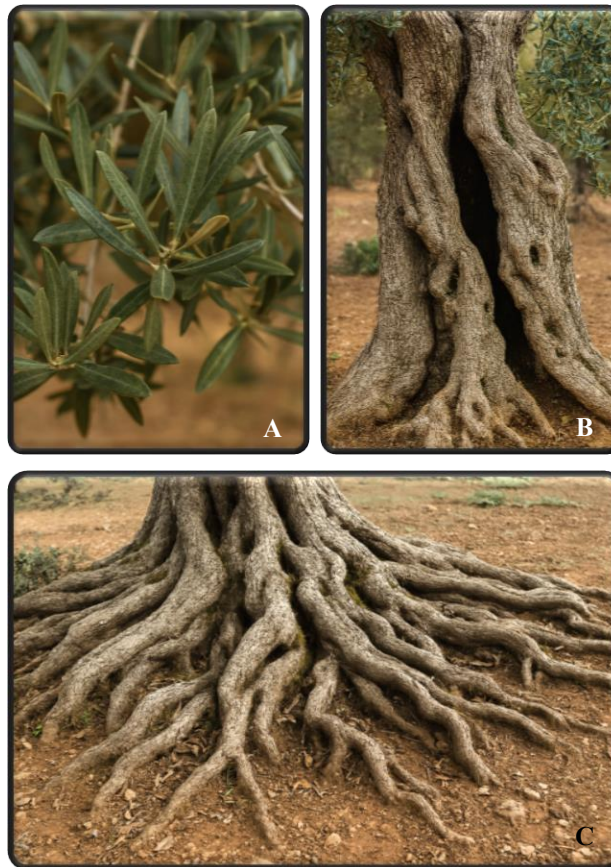


Fig. 02 : Les différentes parties de l'appareil végétatif d'un olivier : feuilles (A), tronc (B) et racines (C) (Originelle, 2025).

2.3.2. Appareil reproducteur

Les fleurs de l'olivier, petites et blanches, s'organisent en grappes axillaires ou terminales. Principalement hermaphrodites, elles dépendent du vent pour la pollinisation, bien que des insectes comme les abeilles sauvages apportent leur contribution. Certains cultivars, auto-incompatibles, nécessitent une pollinisation croisée pour fructifier efficacement (González-Ruiz et al., 2024). Le

fruit, une drupe juteuse, évolue de la nouaison à la maturité en passant par la véraison, où sa couleur vire du vert au violet ou noir, devenant alors riche en huile (Barranco *et al.*, 2017) (Fig. 03).



Fig. 03 : Les fleurs d'olivier sont en voie de se transformer en fruits : fleurs jeunes (A), fleurs nettement définies (B), fleurs d'olivier en voie de se transformer en fruits : fruits naissants (C), fruits jeunes (D), fruits mûrissants (E) et fruits mûrs (F) (Originelle,2025).

3. Aire de répartition de l'olivier

Originnaire du bassin méditerranéen, l'olivier a été façonné par la domestication de l'oléastre il y a 6 000 ans (Zohary *et al.*, 2012). Sa répartition naturelle s'étend des rivages orientaux de la Méditerranée (Proche-Orient, Grèce) jusqu'au Portugal, en passant par l'Afrique du Nord et le sud de l'Europe, dans un climat aux étés secs et hivers doux (Bartolini & Petruccelli, 2002). Aujourd'hui, il est cultivé dans plus de 40 pays, avec 95 % de la production d'huile d'olive concentrée dans cette région (Canton, 2021) (Fig. 04).

Les principales régions incluent :

- Europe : Espagne (leader mondial), Italie, Grèce, Portugal.
- Afrique du Nord : Tunisie, Maroc, Algérie (notamment dans les wilayas du nord comme Tizi Ouzou et Bêjaïa).
- Moyen-Orient : Turquie, Syrie, Jordanie.
- Autres régions : Californie (États-Unis), Argentine, Australie, Afrique du Sud (Sibbett & Ferguson, 2005).



Fig. 04 : Carte géographique illustrant la distribution spatiale de l'oléiculture à l'échelle mondiale (Canton, 2005).

En Algérie, il prospère dans le nord, notamment à Tizi Ouzou et Béjaïa, grâce à un climat méditerranéen et des sols calcaires (Ministère de l'Agriculture, 2021) (Fig. 05).

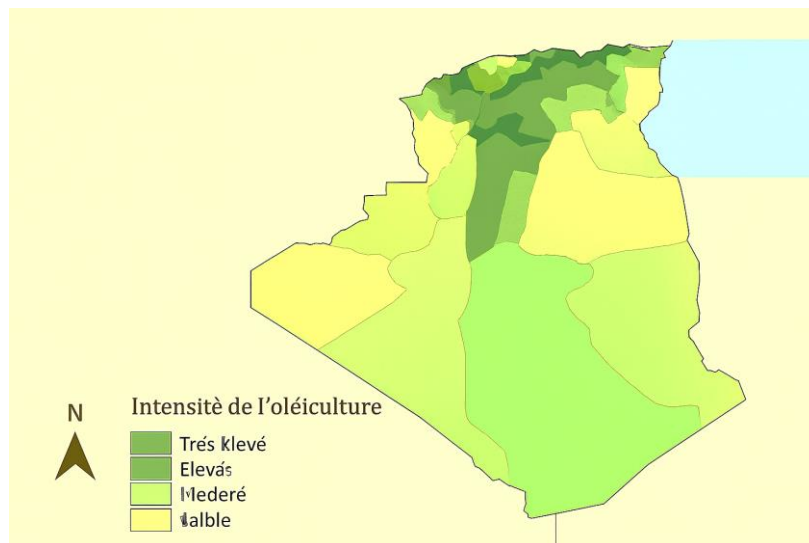


Fig. 05 : Carte géographique illustrant la distribution spatiale de l'oléiculture en Algérie (Ministère de l'Agriculture, 2021).

4. Importance de l'olivier

Le bassin méditerranéen domine la production mondiale d'huile d'olive, avec plus de 90 % des volumes (Canton, 2021). En Algérie, l'olivier est une bouée économique pour les agriculteurs ruraux, produisant huile, olives de table et sous-produits comme les grignons ou le

bois (Lamani & Ilbert, 2016). Cependant, les oliveraies traditionnelles peinent à rester compétitives, appelant des innovations pour leur avenir (Ministère de l'Agriculture, 2021).

5. Principaux défis phytosanitaires de l'olivier

5.1. Menaces biotiques et abiotiques

L'olivier est confronté à une gamme de bioagresseurs, incluant champignons, bactéries, insectes, nématodes et virus, qui compromettent sa productivité et la qualité de ses produits (González-Ruiz et al., 2024) (Tableau 01).

Les aléas climatiques, comme la sécheresse ou la salinité, amplifient les stress et favorisent les bioagresseurs, rendant urgent le recours à des solutions comme le biocontrôle (Fraga et al., 2020). Ces menaces nécessitent une gestion intégrée pour assurer la durabilité de la culture.

Tableau 01 : Principaux bioagresseurs de l'olivier (Torbati et al., 2014).

Catégorie	Bioagresseur	Agent	Symptômes	Conditions Favorables	Impact
Bactéries	Xylella fastidiosa	<i>Xylella fastidiosa</i>	Dépérissement rapide	Transmise par des insectes vecteurs.	Mort de l'arbre
	Chancre de l'olivier	<i>Pseudomonas savastanoi</i>	Tumeurs sur rameaux et tronc	Non spécifié	Baisse de vigueur
Champignons	Verticilliose	<i>Verticillium dahliae</i>	Flétrissement des branches	Sols humides	Réduction de la vigueur, mortalité dans les cas graves.
	Anthracnose	<i>Colletotrichum spp.</i>	Pourriture des fruits	Conditions humides	Baisse de la qualité de l'huile
	Œil de paon	<i>Spilocaea oleaginea</i>	Taches circulaires sur les feuilles, défoliation.	Conditions humides	Réduction de la récolte
Ravageurs Insectes	Mouche de l'olive	<i>Bactrocera oleae</i>	Dommages à la pulpe des olives.	Non spécifié	Pertes de récolte
	Teigne de l'olivier	<i>Prays oleae</i>	Attaque des feuilles, fleurs et fruits selon les générations.	Non spécifié	Réduction de la fructification.

Chapitre II : Le Pathogène *Spilocaea oleaginea*



1. Présentation

Spilocaea oleaginea, connu également sous les appellations *Venturia oleaginea* ou *Fusicladium oleagineum*, est un champignon pathogène à l'origine de la tavelure de l'olivier, une maladie souvent surnommée « œil de paon » en raison des taches circulaires qu'elle laisse sur les feuilles. Cette affection représente un obstacle majeur pour la culture de l'olivier (*Olea europaea* L.), notamment dans les régions méditerranéennes comme l'Algérie, l'Espagne, l'Italie et la Tunisie (Graniti, 1993 ; Torbati et al., 2014). En Algérie, où l'oléiculture joue un rôle clé dans l'économie et la vie sociale, ce pathogène cause des pertes considérables, tant en termes de rendement que de qualité de l'huile d'olive (Lamani & Ilbert, 2016). Des recherches indiquent que dans les zones fortement touchées, la production d'olives peut chuter de 10 à 30 %, tandis que les propriétés gustatives et nutritionnelles de l'huile s'en trouvent dégradées, affectant sa valeur sur les marchés internationaux (González-Ruiz et al., 2024 ; Torbati et al., 2014). Face à cet enjeu, protéger les oliveraies algériennes devient une nécessité urgente.

2. Biologie

2.1. Taxonomie et position systématique

Selon la classification actualisée de Buonauro et al. (2023), la position systématique de *Venturia oleaginea* peut être décrite comme suit :

- **Règne :** Fungi
- **Phylum :** Ascomycota
- **Classe :** Dothideomycetes
- **Ordre :** Venturiales
- **Famille :** Venturiaceae
- **Genre :** *Venturia*
- **Espèce :** *Venturia oleaginea*.

Cette clarification taxonomique renforce la compréhension des relations entre les pathogènes affectant l'olivier.

2.2. Morphologie

Le champignon se distingue par un mycélium filamenteux, brunâtre et cloisonné, qui s'installe dans les tissus foliaires, souvent sous l'épiderme (Buonauro et al., 2023). Ses conidiophores, courts et parfois ramifiés, émergent des lésions et portent des conidies ovoïdes ou ellipsoïdales, mesurant 10 à 20 µm de long sur 5 à 10 µm de large. Ces spores, transparentes ou légèrement colorées, présentent une surface lisse ou rugueuse (González-Domínguez et al., 2017). Les scientifiques les observent via microscopie optique sur des milieux comme l'agar malté ou directement sur des feuilles infectées après coloration, tandis que la microscopie électronique révèle des détails fins, utiles pour confirmer son identité (Buonauro et al., 2023) (Fig. 06).

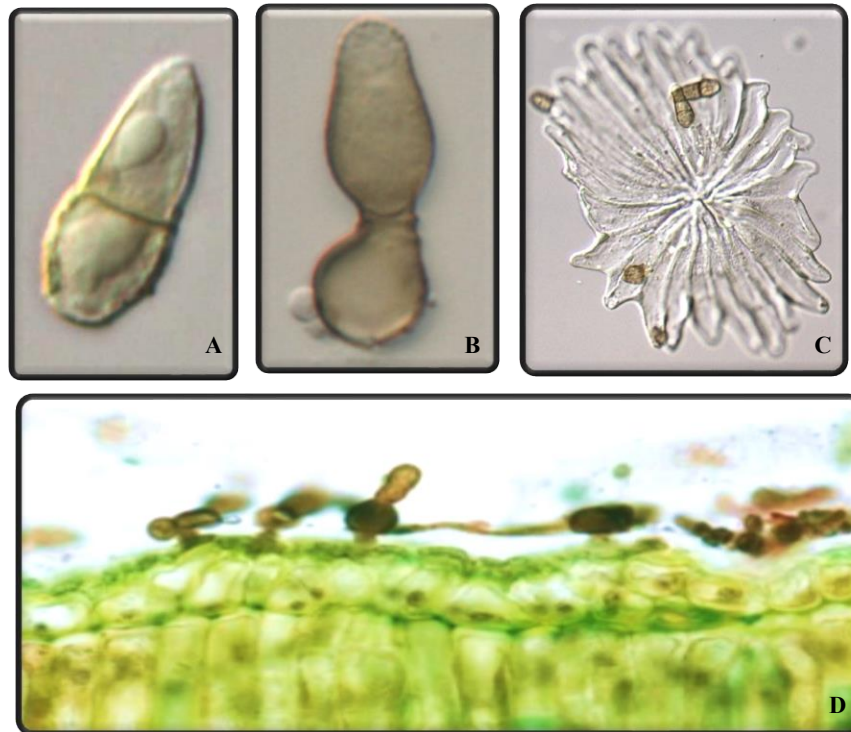


Fig. 06 : Structures anamorphiques de *Spilocaea oleaginea* : conidie uniseptée, ovalo-pyriforme (A), conidiophore subglobuleux portant une conidie à son apex avec des annellations visibles au sommet de la cellule conidiogène (B), conidies sur un trichome pelté de feuille d'olivier, agissant comme voie d'infection et vecteur de dispersion (C), et coupe histologique de feuille d'olivier montrant le mycélium dans la couche cuticulaire (D) (Buonauro et *al.*, 2023).

2.3.Cycle de développement

Le cycle de *S. oleaginea* dépend des conditions climatiques et des organes hôtes disponibles (feuilles, fruits, rameaux). En hiver, il survit sous forme de mycélium dormant dans les feuilles infectées, qu'elles soient tombées ou encore sur l'arbre, servant ainsi de réservoir pour l'inoculum primaire libéré au printemps lors de pluies ou d'une humidité accrue (Obanor et *al.*, 2008 ; Buonauro et *al.*, 2023). En Algérie du Nord, les feuilles au sol, souvent humides, amplifient ce phénomène (Torbaty et *al.*, 2014).

Les conidies se propagent par le vent ou les éclaboussures de pluie, parfois via des insectes ou outils contaminés (González-Ruiz et *al.*, 2024 ; Buonauro et *al.*, 2023). L'infection démarre lorsque les spores germent sur des feuilles mouillées, à des températures de 15 à 25°C, avec une humidité prolongée de 12 à 24 heures. La pénétration se fait via les stomates ou, plus rarement, par la cuticule, grâce à des enzymes destructrices (González-Domínguez et *al.*, 2017). Après 10 à 20 jours d'incubation, les symptômes apparaissent, suivis de la production de nouvelles conidies, déclenchant d'autres cycles d'infection dans les climats humides (Buonauro et *al.*, 2023). Les étapes du cycle de développement sont représentées par le schéma de la (Fig. 07).

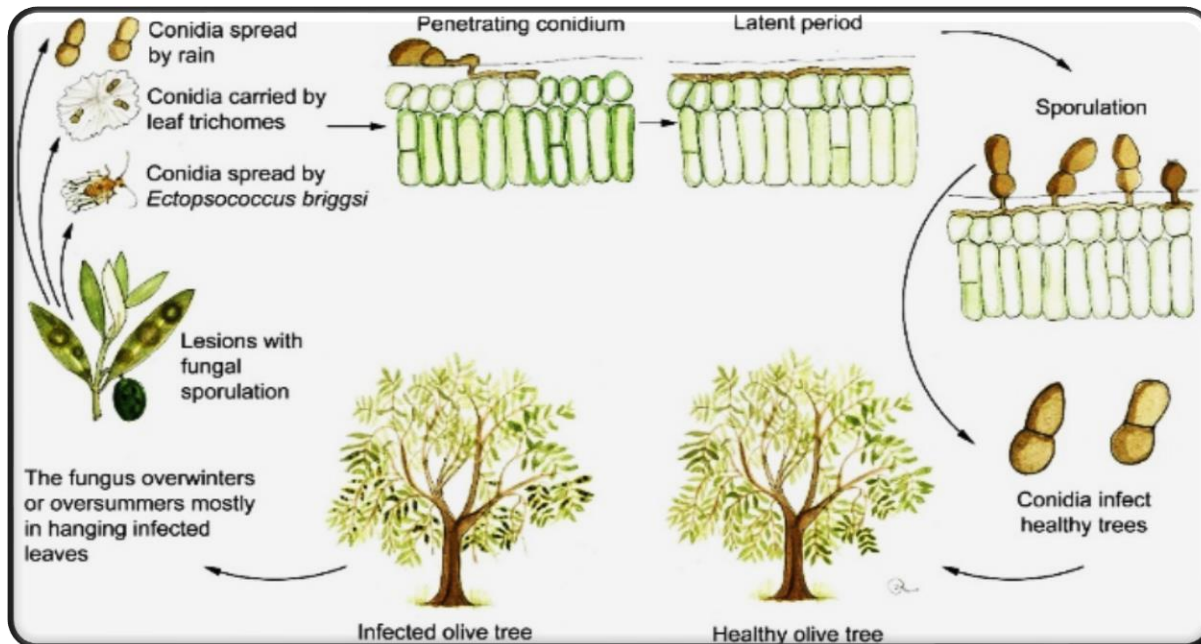


Fig. 07 : Cycle pathogénique de la tache foliaire de l'olivier induite par *S. oleaginea* chez *Olea europaea* (Buonauro et al., 2023).

2.4.Épidémiologie

Les épidémies surviennent dans des conditions spécifiques : températures de 15-25°C, humidité supérieure à 70 % et pluies fréquentes, favorisant une humectation prolongée des feuilles (Obanor et al., 2008). Au printemps, ces facteurs, courants en Algérie du Nord, aggravent les outbreaks (Torbaty et al., 2014). Les pratiques agricoles, comme une plantation dense ou une taille inadéquate, augmentent l'humidité dans le feuillage, tandis qu'une irrigation par aspersion ou une fertilisation azotée excessive fragilise les arbres (González-Ruiz et al., 2024 ; González-Domínguez et al., 2017). La maladie sévit dans les régions méditerranéennes, notamment les zones côtières algériennes (Alger, Tizi Ouzou, Boumerdès), mais aussi en Australie ou en Californie (Chliyah et al., 2014).

3. Symptômes et dégâts

3.1.Description des symptômes

Sur les feuilles, *S. oleaginea* provoque des taches de 5 à 10 mm, brun-noir, entourées d'un halo jaune, évoquant un « œil de paon » (Graniti, 1993). Ces lésions, surtout sur la face supérieure, entraînent jaunissement et chute précoce, réduisant la photosynthèse. Sur les fruits, des marques sombres déforment les olives et altèrent l'huile, augmentant son acidité (Torbaty et al., 2014). Les rameaux, rarement atteints, montrent des lésions brunâtres dans des conditions très humides (González-Ruiz et al., 2024) (Fig. 08). Ces symptômes sont plus fréquents dans les climats très humides ou sur des arbres déjà affaiblis.

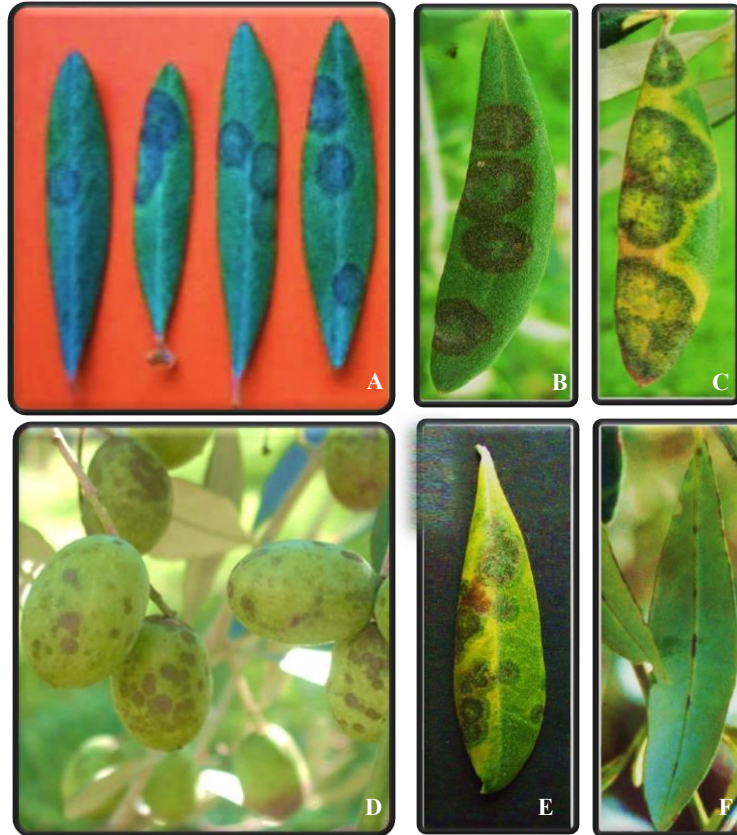


Fig. 08 : Symptômes de *S. oleaginea* sur les oliviers : taches brun-vert circulaires sur la face supérieure des feuilles (A), anneaux concentriques (olive, gris, brun foncé) du centre vers la périphérie (B), halos jaunes autour des taches (C), taches brun-veloutées sur les drupes (D), îlots verts entourant les taches (E), et stries brun foncé sur la nervure principale de la face inférieure (F) (Buonauro et al., 2023).

3.2. Dégâts et impact économique

La tavelure diminue les rendements de 10 à 30 %, un problème critique pour les agriculteurs algériens dépendants de l'oléiculture (Torbaty et al., 2014). La défoliation affaiblit les arbres sur plusieurs saisons, tandis que les traitements fongicides coûtent cher, souvent plusieurs milliers de dinars par hectare (González-Ruiz et al., 2024). L'huile perd en qualité, devenant moins compétitive à l'export (Torbaty et al., 2014).

4. Méthodes de lutte actuelles contre *Spilocaea oleaginea*

La lutte contre *Spilocaea oleaginea*, l'agent causal de la tavelure de l'olivier, s'appuie sur plusieurs stratégies qui présentent toutes des avantages et des inconvénients. Les méthodes chimiques, utilisant des fongicides comme le cuivre ou les triazoles, sont efficaces mais sont source de pollution et s'avèrent coûteuses. Les pratiques culturales, telles que la taille et l'élimination des feuilles infectées, sont écologiques mais leur impact est limité en cas de forte pression pathogène. Quant aux approches biologiques, basées sur l'utilisation d'organismes comme *Bacillus subtilis* ou *Trichoderma*, elles sont durables mais leur disponibilité est souvent restreinte, notamment en



Algérie. La lutte intégrée, qui combine et optimise ces différentes méthodes, requiert une expertise et un suivi rigoureux pour être pleinement efficace (Pimentel, 2005 ; González-Ruiz et *al.*, 2024). Ces limites inhérentes aux traitements conventionnels justifient la recherche de solutions innovantes, plus respectueuses de l'environnement et de la santé.

5. Stratégies de défense efficaces des oliviers contre *Spilocaea oleaginea*

L'olivier résiste grâce à une cuticule épaisse et des phénols comme l'oleuropéine, renforcés après infection par des phytoalexines et des protéines PR (Buonaurio et *al.*, 2023 ; Moral et *al.*, 2015). Ces mécanismes, étudiés par PCR, montrent une réponse génétique ciblée (González-Domínguez et *al.*, 2017).

Enfin, *Spilocaea oleaginea* représente une menace sérieuse pour l'oléiculture algérienne. Ses impacts destructeurs et les contraintes inhérentes aux méthodes de contrôle existantes justifient la recherche d'alternatives durables, telles que les huiles essentielles, qui méritent une investigation approfondie.

Chapitre III : Le Ravageur *Tribolium confusum*

1. Présentation

Le tribolium brun de la farine, ou *Tribolium confusum*, est un petit coléoptère qui s'attaque aux réserves de céréales, comme les farines, les grains endommagés ou les aliments transformés. Issu de la famille des Ténébrionidés, cet insecte est répandu dans le monde entier, y compris en Algérie (Ngamo & Hance, 2007). Il provoque des dommages considérables dans les silos et les zones de stockage, en dévorant les produits et en les rendant impropres à la consommation (Derbazi, 2020). Ces impacts affectent l'économie et la sécurité alimentaire, particulièrement dans les régions où les céréales jouent un rôle central.

2. Biologie

2.1. Taxonomie et position systématique

D'après les travaux de Bousquet et ses collègues (2018), *Tribolium confusum* (décrit par Du Val en 1863) se classe comme suit :

- **Règne :** Animalia
- **Embranchement :** Arthropoda
- **Sous – embranchement :** Hexapoda
- **Classe :** Insecta
- **Sous – classe :** Pterygota
- **Ordre :** Coleoptera
- **Sous – ordre :** Polyphaga
- **Famille :** Tenebrionidae
- **Genre :** *Tribolium*
- **Espèce :** *Tribolium confusum* (Du Val, 1863).

2.2. Description morphologique

Les adultes de *T. confusum* font entre 3 et 4 mm de long. Leur corps est allongé, aplati et d'un brun foncé tirant sur le noir. La tête est légèrement inclinée vers le bas, et les élytres présentent des stries parallèles (Rees, 2004). Il est souvent confondu avec *Tribolium castaneum*, le tribolium rouge de la farine, mais on les distingue par les antennes : celles de *T. confusum* s'épaississent progressivement, contrairement à celles de *T. castaneum* qui forment un club abrupt (Hagstrum & Subramanyam, 2017). Les larves, blanches ou jaunâtres et vermiformes, atteignent 6 à 7 mm au stade final, avec deux appendices courts à l'extrémité arrière. Les œufs, minuscules (0,5 mm), blancs et adhésifs, se cachent souvent dans la farine (Ngamo & Hance, 2007). Pour identifier précisément l'espèce, une loupe ou un microscope s'avère utile (Hagstrum & Subramanyam, 2017).

2.3. Cycle de vie et reproduction

Le développement de *T. confusum* passe par quatre stades : œuf, larve, nymphe et adulte. Sa durée varie de 20 à 80 jours en fonction de la température et de l'humidité (Rees, 2004). Dans des conditions idéales, à 25-30°C et 60-70 % d'humidité, il s'achève en 25-30 jours environ (Hagstrum & Subramanyam, 2017).

- **Œufs** : Une femelle dépose 300 à 400 œufs au cours de sa vie, disséminés dans les aliments. L'éclosion survient en 5 à 12 jours à 25-30°C (Ngamo & Hance, 2007).
- **Larves** : Elles traversent 6 à 11 instars selon la qualité de la nourriture, avec une mue à chaque transition. Cette phase dure 14 à 30 jours à 25-30°C. Très voraces, les larves se déplacent activement dans les stocks (Rees, 2004) (Fig. 09).
- **Nymphes** : Immobiles et blanches, elles durent 5 à 9 jours et se forment dans les aliments ou les fissures des silos (Hagstrum & Subramanyam, 2017) (Fig. 10).
- **Adultes** : Ils vivent de 6 mois à plus d'un an, résistent au jeûne pendant 2-3 semaines (Derbazi, 2020) (Fig. 11).

Les conditions optimales sont 25-35°C et 60-80 % d'humidité. En dessous de 15°C ou avec une humidité inférieure à 50 %, le cycle s'interrompt (Rees, 2004). Les femelles sont plus prolifiques dans les farines riches en amidon, comme celle de blé (Ngamo & Hance, 2007).

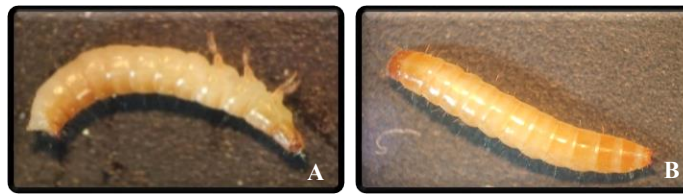


Fig. 09 : Larve de *Tribolium confusum* (G 2x10) : vues latérale (A) et dorsale (B) (Originelle, 2025).

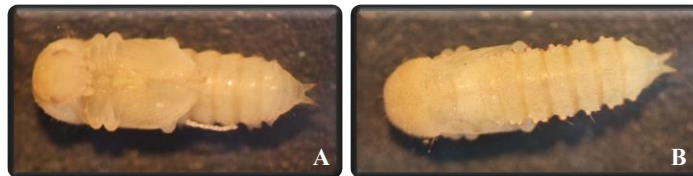


Fig. 10 : Nympe de *Tribolium confusum* (G 2x10) : vues ventrale (A) et dorsale (B) (Originelle, 2025).



Fig. 11 : Vues multiples d'un adulte de *Tribolium confusum* (G 2x10) : ventrale (A), latérale (B) et dorsale (C) (Originelle, 2025).

3. Écologie et comportement

T. confusum infeste les farines, grains brisés, semoules, sons, biscuits, pâtes, et parfois fruits secs ou épices (Hagstrum & Subramanyam, 2017). Il privilégie les produits moulus, plus accessibles que les grains intacts (Rees, 2004). En Algérie, il est courant dans les silos de blé et les dépôts de farine, où il cause des ravages (Derbazi, 2020).

La température et l'humidité influencent fortement son activité. À 30°C et 70 % d'humidité, la reproduction explose, mais au-delà de 40°C ou en dessous de 40 % d'humidité, la mortalité grimpe (Ngamo & Hance, 2007). Photophobe, il fuit la lumière et se réfugie dans les zones obscures, comme les fissures ou sous les résidus (Rees, 2004). Incapable de voler, il se

déplace en rampant sur de courtes distances et tolère de longues périodes sans nourriture, compliquant son éradication (Derbazi, 2020).

4. Dégâts provoqués par *Tribolium confusum*

T. confusum provoque des dommages sévères. Larves et adultes consomment les stocks, entraînant des pertes en poids (quantitatives) (Ngamo & Hance, 2007). Ils contaminent les produits avec excréments, exuvies et cadavres, les rendant invendables (Derbazi, 2020) (Fig. 12). Les adultes sécrètent des benzoquinones qui altèrent l'odeur et teintent les farines en rose (Hagstrum & Subramanyam, 2017). Ces infestations élèvent la température et l'humidité, favorisant les moisissures (Rees, 2004).

En Algérie, les pertes en blé stocké peuvent atteindre 5 à 15 % sans gestion adéquate (Derbazi, 2020). Les produits souillés perdent leur valeur marchande, et les coûts de nettoyage, surveillance et traitement pèsent sur les agriculteurs et industries (Ngamo & Hance, 2007). Cela compromet la sécurité alimentaire et l'image des filières agroalimentaires.



Fig. 12 : Dégâts provoqués par *Tribolium confusum* : semoule saine (A) et semoule contaminé (B) (Originelle, 2025).

5. Méthodes de lutte actuelles contre *Tribolium confusum*

Tribolium confusum reste un ravageur significatif des stocks céréaliers. Les stratégies de lutte actuelles, qu'elles soient préventives (nettoyage des silos), physiques (chaleur, froid, gaz asphyxiants), chimiques (pesticides classiques) ou biologiques (agents de biocontrôle), bien que complémentaires dans la Lutte Intégrée (IPM), rencontrent des limites croissantes. Ces limites incluent une efficacité variable face aux infestations établies, des coûts parfois prohibitifs, des risques pour l'intégrité des produits, l'émergence de résistances, et des impacts environnementaux et sanitaires préoccupants (Ngamo & Hance, 2007 ; Whalon et al., 2008). Ces défis soulignent la nécessité impérieuse d'explorer des alternatives innovantes et durables, telles que les huiles essentielles, pour une gestion plus écologique et sûre de ce ravageur.

Chapitre IV : Les Huiles Essentielles (HE) Et Monographies Des Plantes Etudiées



1. Définition et caractéristiques générales

Les huiles essentielles forment des assemblages élaborés de molécules organiques odorantes et évaporables, issues de diverses parties des plantes aromatiques : fleurs, feuilles, tiges, écorces, racines, fruits ou graines (Fig. 13). Liquides à température ambiante, elles sont hydrophobes mais solubles dans les solvants organiques ou les huiles. Leur forte odeur, souvent caractéristique de la plante d'origine, et leur volatilité les distinguent des autres extraits végétaux (Bakkali *et al.*, 2008). Issues du métabolisme secondaire des plantes, elles s'accumulent dans des zones dédiées comme trichomes glandulaires, poches sécrétrices ou canaux. Elles assurent des rôles écologiques clés, notamment l'attraction des pollinisateurs, la protection contre les herbivores et les pathogènes, et la communication inter-plantes via l'allélopathie (Isman, 2000). Sur le plan physico-chimique, leur densité est souvent inférieure à l'eau (sauf cannelle ou saffran), avec un indice de réfraction unique et une chiralité optique. Ces traits les valorisent en cosmétique, médecine et agronomie.



Fig. 13 : Organes de répartition des huiles essentielles chez certaines plante (Originelle, 2025).

2. Localisation

Les huiles essentielles sont produites dans des cellules sécrétrices protégées par une cuticule, puis stockées dans des structures adaptées à chaque famille végétale. Parmi elles :

- **Des cellules huileuses** chez Lauraceae et Zingiberaceae ;
- **Des poils glandulaires** typiques des Lamiaceae ;
- **Des cavités sécrétrices** : chez Myrtaceae et Rutaceae ;
- **Des canaux sécréteurs** : chez Apiaceae et Asteraceae.

Dans certains cas, les huiles essentielles peuvent être transportées vers l'espace intracellulaire, notamment lorsque les réservoirs sont internes. Les gouttelettes d'huile sont enveloppées de membranes lipophiles, composées d'esters d'acides gras hydroxylés polymérisés et de groupements peroxydes, qui réduisent leur évaporation et oxydation (Bendahou, 2007). Les sites sécréteurs se catégorisent ainsi (Fig. 14) :

- **Poils glandulaires (Trichomes)** : cellules sécrétrices en tête sur pied court, couvrant peltés, capités (pied court/long) et bosselés.
- **Cellules épidermiques** : petites, sans cutine, perméables, souvent dans pétales comme rose.
- **Cavités sécrétrices** : issues d'une cellule parenchymateuse divisée en quatre, formant poche centrale. Elles peuvent être schizogènes (une seule couche de cellules périphériques) ou schizolysigènes (plusieurs couches avec lyse interne).

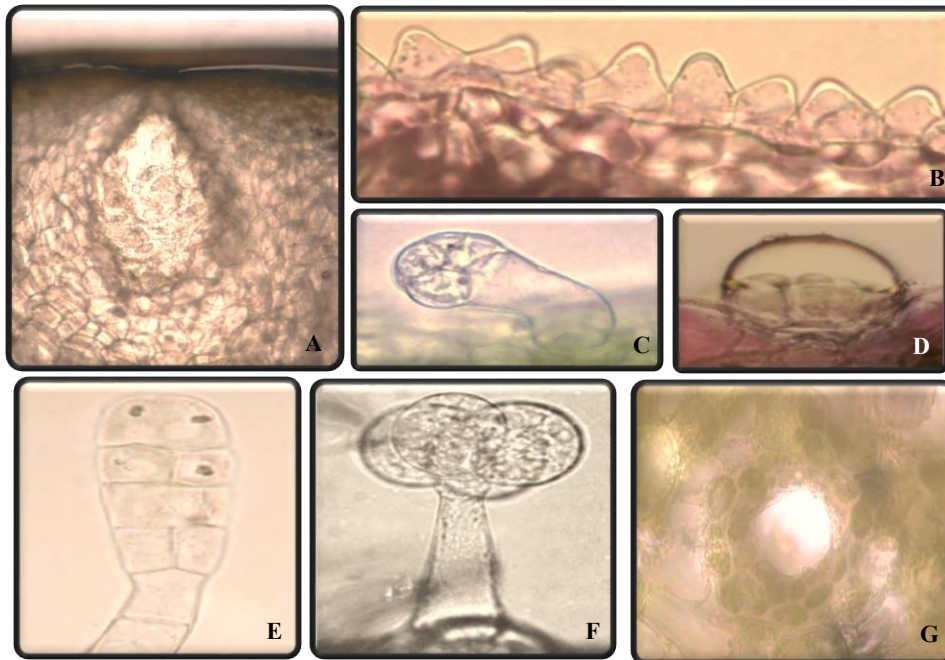


Fig. 14 : La diversité des structures sécrétrices : poche sécrétrice du péricarpe du fruit de *Citrus sp.*(Rutaceae) (A) ; cellules papilleuses de l'épiderme de pétale de *Lamium purpureum* (Lamiaceae) (B) ; hydatoïde de feuille de *Nicotiana sylvestris* (Solanaceae) (C) ; glande peltée de feuille de *Mentha piperita* (Lamiaceae) (D) ; trichome sécréteur à tête pluricellulaire et cristaux d'oxalate de calcium de pétale de *N. sylvestris* (Solanaceae) (E) ; trichome sécréteur à 4 cellules de tête de feuille de *Lippia scaberrima* (Verbenaceae) (F) ; canal résinifère de branche de *Pseudotsuga menziesii* (Pinaceae) (G) (Baser & Buchbauer, 2015).



3. Fonction Physiologique

Les huiles essentielles assurent des tâches écologiques et physiologiques vitales pour les plantes :

- **Attraction des pollinisateurs** : leurs arômes volatils (ex. : linalol dans la lavande) attirent les abeilles et papillons, favorisant la reproduction.
- **Défense contre les bioagresseurs** : elles inhibent les pathogènes (bactéries, champignons) et repoussent les herbivores grâce à des composés toxiques ou répulsifs (ex. : 1,8-cinéole dans le romarin).
- **Allélopathie** : elles libèrent des composés volatils qui inhibent la germination ou la croissance des plantes concurrentes, modifiant les interactions dans les écosystèmes.
- **Protection anti-stress abiotique** : elles réduisent les dommages oxydatifs causés par la chaleur, la sécheresse, ou les UV.

Ces fonctions offrent un avantage adaptatif en environnements concurrentiels ou stressants (Isman, 2000).

4. Composition chimique

4.1. Grandes classes de composés chimiques

Les HE regroupent des centaines de molécules, souvent menées par quelques dominantes (Bakkali et *al.*, 2008).

4.1.1. Les terpénoïdes

Cette classe prédomine englobant :

- **Monoterpènes (C10)** : composés volatils comme limonène (agrumes), linalol (lavande), menthol (menthe), 1,8-cinéole (romarin) ; incluent alcools, cétones, esters, phénols (thymol, carvacrol) très bioactifs (Burt, 2004). (Fig. 15A)
- **Sesquiterpènes (C15)** : moins volatils, tels β -caryophyllène (anti-inflammatoire) ou farnésol. Ils jouent un rôle important dans les activités antifongiques et insecticides (Chouhan et *al.*, 2017). (Fig. 15B)

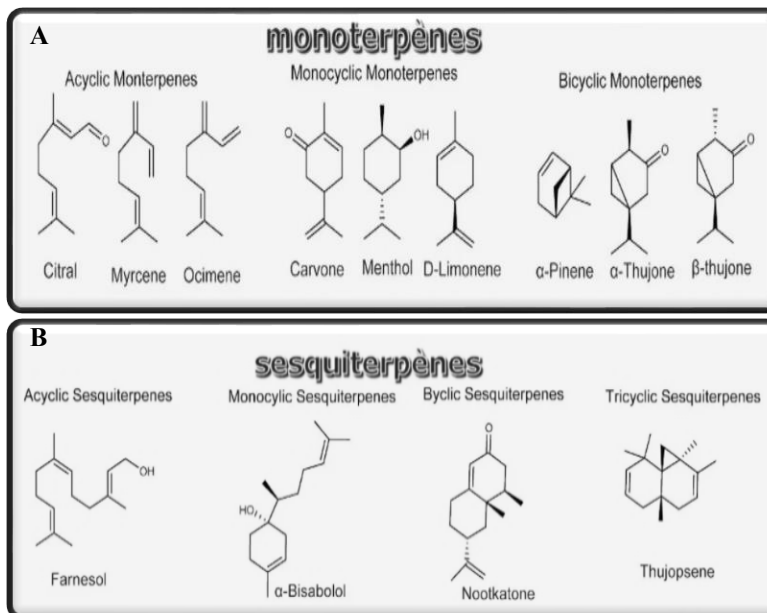


Fig. 15 : Structures de quelques terpènes : les monoterpènes (A) et les sesquiterpènes (B) (Bakkali et al., 2008).

4.1.2. Les composés aromatiques

- **Phénylpropanoïdes** : issus phénylpropane, comme eugénol (girofle), anéthole (anis), cinnamaldéhyde (cannelle) ; reconnus pour leurs propriétés antimicrobiennes et répulsives (Raut & Karuppaiyl, 2014) (Fig. 16).

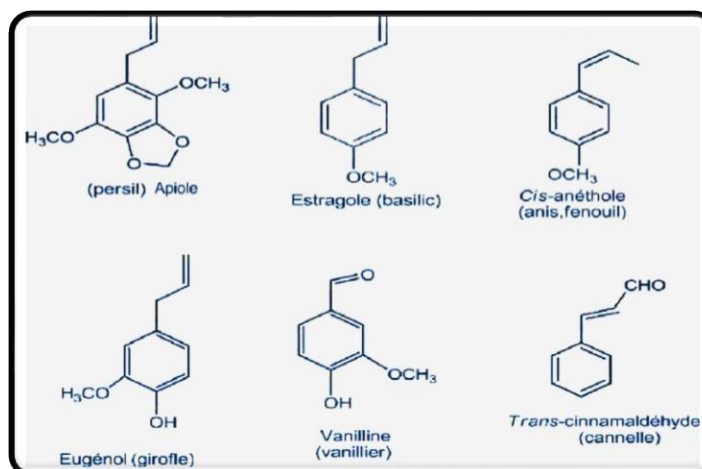


Fig. 16 : Structures de quelques composés aromatiques (Raut & Karuppaiyl, 2014).

4.1.3. Les Composés d'origines diverses

Ils sont présents en moindre quantité, comme suit :

- **Diterpènes** : rares, tels que le sclaréol de la sauge.
- **Composés soufrés** : caractéristiques de l'ail, avec une activité antibactérienne puissante (Ankri & Mirelman, 1999).

- **Composés azotés** : Présents en faibles quantités mais bioactifs, comme l'indole.

La composition varie selon l'espèce végétale : par exemple, le linalol domine dans la lavande, le menthol dans la menthe, et le 1,8-cinéole ou le camphre dans le romarin (Djilani & Dicko, 2012).

4.2. Voies de biosynthèse

Les constituants majeurs des HE, notamment les terpénoïdes (monoterpènes et sesquiterpènes) et phénylpropanoïdes, émergent de voies métaboliques distinctes. Les terpénoïdes via la route du mévalonate (MVA) cytoplasmique ou du méthylérythritol phosphate (MEP) plastidiale ; les phénylpropanoïdes de l'acide shikimique (Dudareva et *al.*, 2013). Ces itinéraires génèrent une palette de volatiles comme le limonène, le linalol ou l'eugénol, conférant aux HE leurs attributs biologiques spécifiques.

5. Méthodes d'extraction

L'extraction des HE est une phase déterminante pour leur pureté, rendement et applications. Elles se divisent en approches conventionnelles et non conventionnelles, adaptées à la nature botanique de la plante, à la thermostabilité des composés volatiles et aux besoins industriels (Reverchon & De Marco, 2006).

5.1. Les méthodes conventionnelles

Traditionnelles et efficaces pour un large spectre de végétaux grâce à leur simplicité, comprennent :

- **Hydrodistillation**

La matière végétale est immergée dans l'eau bouillante ; la vapeur entraîne les volatiles, qui condensent et se séparent de l'hydrolat par décantation. Idéale pour lavande (*Lavandula angustifolia*) et romarin (*Rosmarinus officinalis*) stables à la chaleur, bien que chronophage et risquant une hydrolyse mineure des molécules sensibles (Fornari et *al.*, 2012) (Fig. 17).

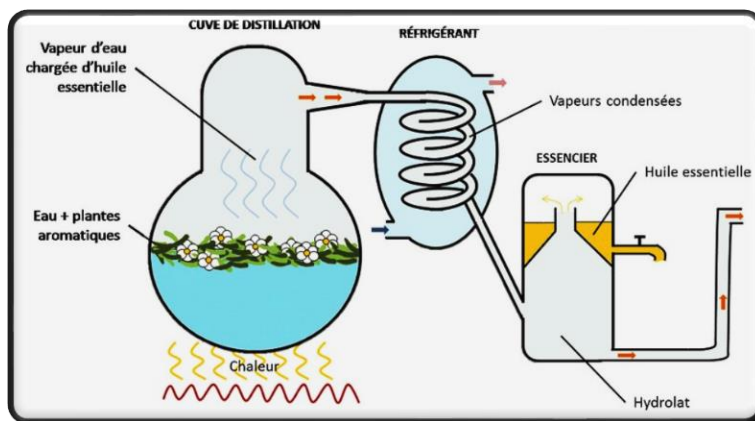


Fig. 17 : Schéma explicatif de l'hydrodistillation (Chemat et *al.*, 2017).

▪ Distillation à la vapeur d'eau

Plus sélective, elle injecte de la vapeur externe sans immersion, offrant un contrôle accru de température et pression. Parfaite pour les plantes résistantes comme menthe (*Mentha piperita*), avec rendement supérieur et préservation qualitative (Boutekedjiret et *al.*, 2003) (Fig. 18).

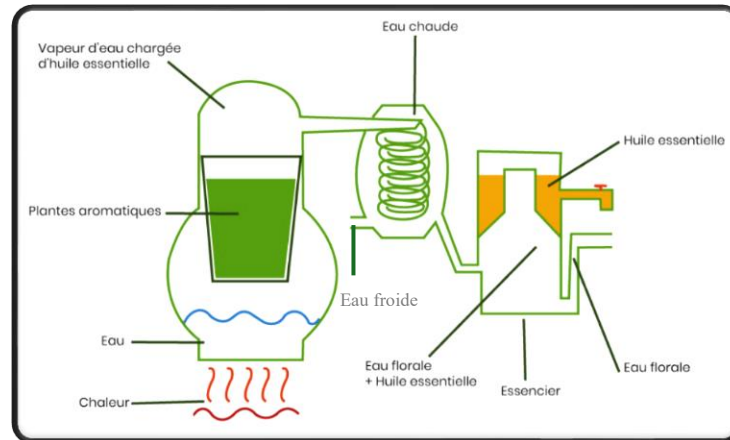


Fig. 18 : Schéma explicatif de la distillation à la vapeur d'eau (Chemat et *al.*, 2017).

▪ Expression à froid

Pression mécanique sur zestes d'agrumes (*Citrus limon*, *Citrus sinensis*) sans chauffe, protégeant les composés fragiles ; inadaptée aux Lamiaceae nécessitant extraction thermique (Ferhat et *al.*, 2007) (Fig. 19).

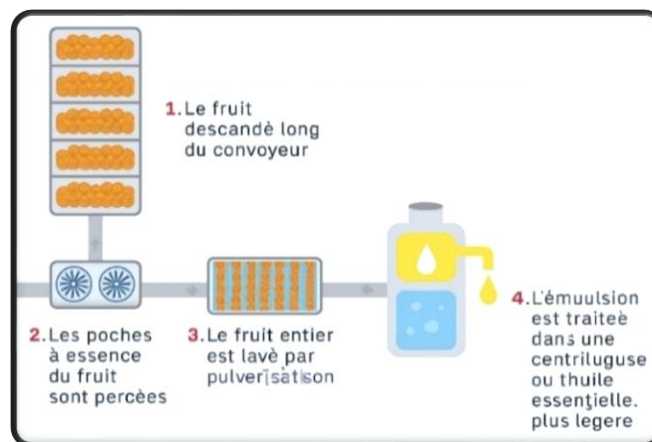


Fig. 19 : Schéma explicatif de l'extraction d'huile par l'expression à froid (Ferhat et *al.*, 2007).

▪ Distillation sèche

Chauffage direct sans fluide, libérant volatiles par décomposition. Employée pour résines ou bois comme le cèdre (*Cedrus atlantica*), efficace sur les matériaux réfractaires aux méthodes aqueuses, quoique moins répandue (Benkaci-Ali et *al.*, 2007) (Fig. 20).

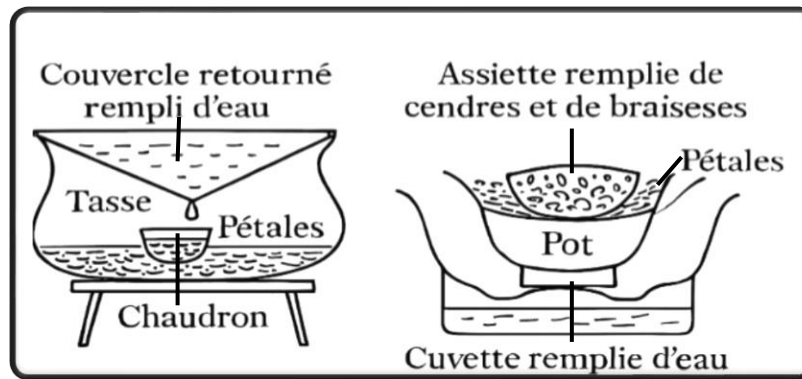


Fig. 20 : Schéma explicatif de la distillation sèche (Chemat et *al.*, 2017).

5.2. Les méthodes non conventionnelles

Plus récentes, visant à améliorer la pureté, le rendement ou la durabilité, malgré des coûts élevés :

▪ Extraction par fluide supercritique (CO₂)

Utilisation de CO₂ en état supercritique pour pénétrer la matrice végétale et extraire sans résidus ; hautement pure pour usages premium (parfumerie, pharmacie), mais onéreuse limitant l'échelle industrielle (Reverchon & De Marco, 2006) (Fig. 21).

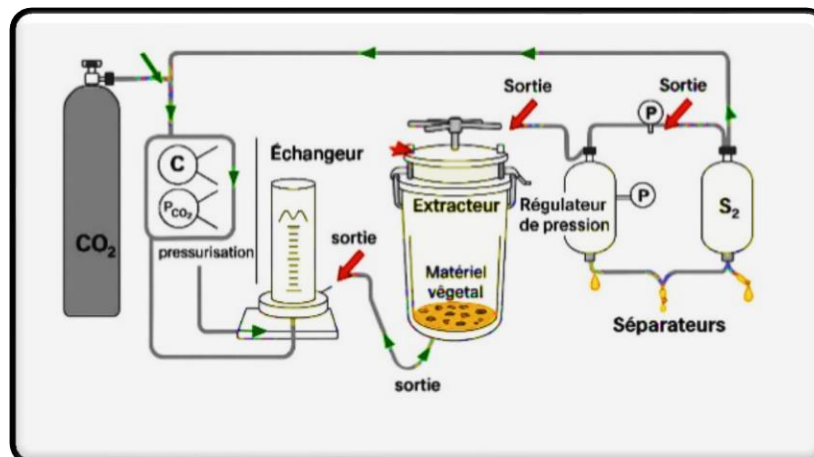


Fig. 21 : Schéma explicatif de l'extraction par fluide supercritique (Reverchon & De Marco, 2006).

▪ Enfleurage

Capture des odorants de fleurs délicates comme le jasmin (*Jasminum grandiflorum*) sur graisse absorbante, suivie d'extraction alcoolique. Laborieuse et coûteuse, mais indispensable pour les thermosensibles (Poucher, 1993) (Fig. 22).

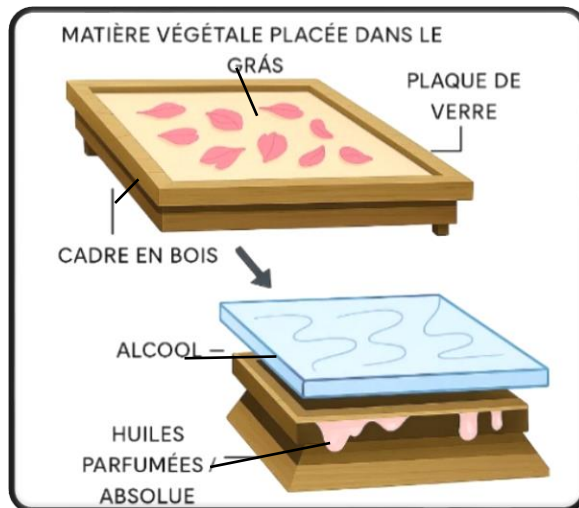


Fig. 22 : Schéma explicatif de l'extraction par l'enfleurage (Poucher, 1993).

▪ Extraction assistée par micro-ondes

Chauffage rapide par ondes, réduisant la durée ; adaptée aux robustes comme l'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), nécessitant un contrôle précis pour éviter la dégradation (Lucchesi et *al.*, 2004) (Fig. 23).

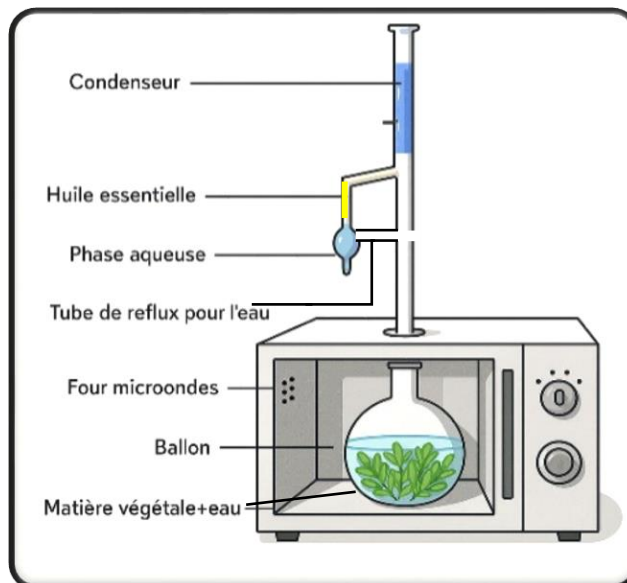


Fig. 23 : Schéma explicatif de l'extraction assistée par micro-ondes (Lucchesi et *al.*, 2004).

▪ Extraction par solvant organique

Emploi de solvants (hexane, éthanol) pour isoler les composés non-volatils en concrètes ou absolues, distinctes des HE pures ; convenable pour fleurs comme la rose (*Rosa damascena*), avec gestion stricte des résidus (Raut & Karuppaiyl, 2014) (Fig. 24).

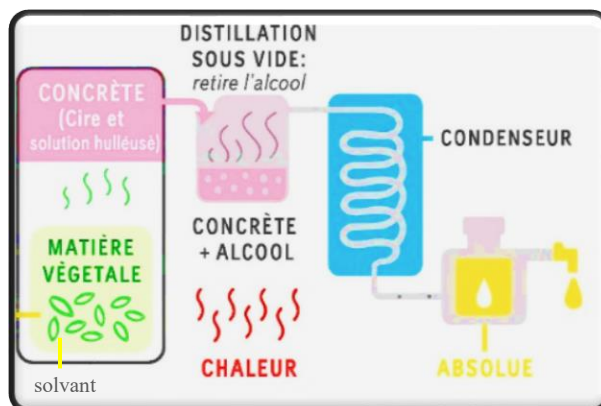


Fig. 24 : Extraction assistée par solvant organique (Chemat et al., 2017).

6. Mécanismes d'action biologique

Les HE exercent leurs effets via la synergie de leurs constituants, ciblant divers loci cellulaires.

6.1. Activité antifongique

Elles inhibent les champignons phytopathogènes (ex. *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*) par altération membranaire, inhibition de la biosynthèse pariétale, blocage de la germination sporale et perturbation enzymatique (Tian et al., 2011 ; Soković et al., 2009).

6.2. Activité insecticide

Celles de romarin et menthe poivrée agissent sur *Tribolium confusum* par neurotoxicité ou fumigation, induisant des taux de mortalité élevés (Lee et al., 2003 ; Papachristos et al., 2004).

6.3. Activité antibactérienne

Elles perturbent les membranes de *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* grâce à des composés comme le linalol et le menthol (Roller et al., 2009).

6.4. Activité anti-inflammatoire

Le linalol (lavande) et l'acide rosmarinique (romarin) inhibent les cytokines et enzymes pro-inflammatoires (Peana et al., 2002 ; Rahbardar et al., 2017).

6.5. Activité antioxydante

Les HE de romarin (70 % inhibition DPPH) et menthe poivrée (60 %) piègent les radicaux libres (Mimica-Dukić et al., 2003).

6.6. Activité antivirale

Elles diminuent la charge virale de HSV-1 et influenza, bien que leur application en phytoprotection soit sous-explorée (Garozzo et al., 2009).



7. Caractéristiques pharmacologiques et toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles présentent des propriétés pharmacologiques et toxicologiques variées selon leurs familles biochimiques, comme suit :

- **Terpènes** : Offrent des effets anti-inflammatoires, analgésiques, antimicrobiens, antioxydants et expectorants ; leur toxicité inclut des irritations cutanées ou muqueuses ainsi qu'une photosensibilisation (ex. : pin, lavande, romarin).
- **Phénylpropanoïdes** : Présentent des vertus antioxydantes, anti-inflammatoires, hépatoprotectrices, antimicrobiennes et analgésiques ; toxicité marquée par hépatotoxicité, allergénicité et potentiel carcinogène (ex. : cannelle, girofle).
- **Alcools** : Exercent des actions antimicrobiennes, sédatives et antispasmodiques ; toxicité faible, avec irritation possible à haute concentration (ex. lavande, menthe poivrée, rose).
- **Aldéhydes** : Fournissent des effets sédatifs, antiviraux, antimicrobiens et anti-inflammatoires ; toxicité incluant irritations cutanées ou muqueuses, hépatotoxicité et sensibilisation (ex. citronnelle, cannelle).
- **Cétones** : Manifestent des propriétés mucolytiques, cicatrisantes, antivirales et neurotoniques ; toxicité caractérisée par neurotoxicité et effet abortifacient (ex. romarin, menthe pouliot, sauge).
- **Esters** : Offrent des actions sédatives, antispasmodiques et anti-inflammatoires, toxicité faible (ex. lavande, camomille romaine).
- **Oxydes** : Présentent des effets expectorants, antimicrobiens et stimulants ; toxicité limitée à l'irritation muqueuse (ex. eucalyptus, romarin) (Raut & Karuppayil, 2014 ; Tisserand & Young, 2013 ; Baser & Buchbauer, 2015).

8. Contrôle de qualité et méthodes de conservation des huiles essentielles

Les HE, en tant que mélanges volatils complexes (terpènes, phénylpropanoïdes), sont sensibles aux facteurs abiotiques comme la lumière, la chaleur et l'oxygène (Turek & Stintzing, 2013). Ces éléments peuvent modifier leurs propriétés biologiques – antifongiques, insecticides, antimicrobiens – et générer des dérivés irritants ou toxiques, potentiellement allergènes cutanés (Bakkali et al., 2008). Dans ce contexte les HE de lavande (*Lavandula angustifolia*), menthe poivrée (*Mentha piperita*) et romarin (*Rosmarinus officinalis*) ciblant *Spilocaea oleaginea* et *Tribolium confusum*, un contrôle qualité rigoureux s'impose, fondé sur des standards internationaux comme ceux de l'ISO et de la Pharmacopée européenne, assurant leur pureté et leur sécurité (Conseil de l'Europe, 2020).

La préservation des HE est tout aussi essentielle pour maintenir leur stabilité chimique et efficacité thérapeutique. Leurs constituants volatils (terpènes, esters) se décomposent sous influence lumineuse, thermique, oxydative ou hygrométrique, altérant leur performance et



produisant des oxydes toxiques (Turek & Stintzing, 2013). Pour contrer cela, stocker dans des contenants en verre teinté (ambre ou brun) ou aluminium opaque bloquant les UV, hermétiquement clos contre l'air (Baser & Buchbauer, 2015). Un environnement frais et sec (4-10°C idéalement) freine les dégradations (Raut & Karuppaiyil, 2014). La péremption dépend de la composition ; essences citrus (riches en monoterpènes sensibles) durent 6 mois à 3 ans ; lavande jusqu'à 6 ans (Baser & Buchbauer, 2015). Une conservation inadéquate compromet leur viabilité et sécurité.

9. Efficacité et limites des huiles essentielles comme biopesticides

Les huiles essentielles offrent des avantages notables en tant que biopesticides, tout en présentant des contraintes liées à leur utilisation pratique, comme indiqué ci-après :

- **Efficacité biologique** : Elles agissent par mécanismes multiples qui minimisent les résistances chez les bioagresseurs et s'avèrent efficaces contre un large spectre de pathogènes et ravageurs grâce à des composés comme le linalol et le 1,8-cinéole, bien que leur performance varie selon chémotype et conditions de culture, nécessitant souvent des concentrations élevées qui augmentent coûts et risques de phytotoxicité.
- **Impact environnemental** : Elles se dégradent rapidement pour minimiser la pollution et restent compatibles avec l'agriculture biologique afin de préserver la biodiversité, cependant leur volatilité impose des applications fréquentes et des doses élevées peuvent nuire aux organismes bénéfiques.
- **Sécurité pour la santé** : Elles présentent une faible toxicité pour les mammifères tout en offrant des propriétés thérapeutiques, mais à fortes doses, certaines peuvent causer irritations ou allergies avec un manque de données sur les effets à long terme.
- **Coût et accessibilité** : Elles constituent des ressources locales polyvalentes permettant de réduire les dépenses, bien que les coûts d'extraction et de production élevés limitent leur accessibilité pour les petits agriculteurs.
- **Formulation et application** : Elles permettent des modes d'emploi variés renforcés par une synergie entre composés, toutefois leur instabilité requiert des formulations avancées et leur efficacité peut diminuer en conditions de champ. (Papachristos et *al.*, 2004 ; Koul et *al.*, 2008 ; Baser & Buchbauer, 2015).

10. Description des plantes étudiées

Dans cette partie, nous procédons à l'analyse comparative de certaines caractéristiques morphologiques et biologiques propres à trois espèces appartenant à la famille des Lamiaceae : *Lavandula angustifolia*, *Mentha piperita* et *Rosmarinus officinalis* :

10.1. Lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.)

10.1.1. Taxonomie et position systématique

Selon Cronquist (1981), la classification de *Lavandula angustifolia* (Mill, 1768) est la suivante :

- Règne : Plantae
- Sous – règne : Viridiaeplanta
- Classe : Equisetopsida
- Sous – classe : Magnoliidae
- Ordre : Lamiales
- Famille : Lamiaceae
- Genre : *Lavandula*
- Espèce : *Lavandula angustifolia* (Mill, 1768).

10.1.2. Morphologie

Lavandula angustifolia, aussi nommée *Lavandula officinalis* Chaix ou *Lavandula vera* DC, est un petit buisson vivace de 30 à 60 cm, pouvant grimper jusqu'à 1 m dans de bonnes conditions (sol riche, arrosage modéré). Ses tiges carrées, typiques des Lamiaceae, sont ligneuses à la base et forment un feuillage compact. Les feuilles persistantes sont fines et allongées, de 2 à 5 cm de long sur 2 à 5 mm de large, gris-vert avec un léger poil qui réduit l'évaporation dans les zones sèches. Les fleurs violettes vives s'organisent en épis denses de 6 à 10 cm au sommet des tiges, fleurissant de juin à août sous un soleil intense qui booste la production d'huiles essentielles. Les graines brunes et petites sont peu employées pour la reproduction, le bouturage étant préféré (Benomari et al., 2023) (Fig. 25).



Fig. 25 : *Lavandula angustifolia* ; plante entière et sommités fleuries qui sont utilisées pour produire l'HE (Originelle, 2025).

10.1.3. Origine et distribution géographique

Originnaire du bassin méditerranéen ouest (sud de la France, Espagne catalane, Italie), la lavande s'est acclimatée dans divers endroits semi-arides. En Algérie, on la cultive surtout sur les Hauts Plateaux (Djelfa, Laghouat, Tiaret) et dans les montagnes du nord (Kabylie, Aurès, Blida),

où les sols calcaires et drainants, ainsi que les étés chauds, imitent son milieu naturel. Elle pousse aussi à l'état sauvage dans les rochers des Aurès et de l'Atlas saharien, mais cette cueillette diminue à cause de la surutilisation (Jigău *et al.*, 2024). Depuis les années 2000, des initiatives agricoles promeuvent sa culture pour les huiles essentielles, notamment à Sétif et Batna.

10.2. Menthe Poivrée (*Mentha piperita* L.)

10.2.1. Taxonomie et position systématique

Selon Cronquist (1981), la classification de *Mentha piperita* (Linné, 1753) est la suivante:

- **Règne :** Plantae
- **Sous – règne :** Viridiaeplanta
- **Classe :** Equisetopsida
- **Sous – classe :** Magnoliidae
- **Ordre :** Lamiales
- **Famille :** Lamiaceae
- **Genre :** *Mentha*
- **Espèce :** *Mentha piperita* (Linné, 1753).

10.2.2. Morphologie

Mentha piperita Linné, hybride stérile entre *Mentha aquatica* L. (menthe aquatique) et *Mentha spicata* L. (menthe verte), est une herbe vivace de 30 à 90 cm. Ses tiges carrées et dressées virent souvent au rouge-violet sous le soleil. Les feuilles opposées sont allongées à ovales, de 4 à 9 cm de long sur 2 à 4 cm de large, dentées et un peu rugueuses grâce aux trichomes riches en huiles essentielles. Leur teinte va du vert sombre au pourpre selon la lumière. Les fleurs lilas à rose pâle forment des épis compacts (5-10 cm) de juillet à septembre. Elle se répand surtout par des rhizomes souterrains, créant des tapis denses dans les sols humides (Chaker *et al.*, 2011) (Fig. 26).



Fig. 26 : *Mentha piperita* ; plante entière, les feuilles et sommités fleuries qui sont utilisées pour produire l'HE (Originelle, 2025).

10.2.3. Origine et distribution géographique

D'origine européenne (hybride noté au XVIIe siècle en Angleterre), elle est maintenant cultivée partout. En Algérie, elle s'épanouit dans les zones humides du nord (Mitidja, Kabylie) et les oasis du Sahara (Ghardaïa, Touggourt), aidée par l'irrigation au goutte-à-goutte (Chaker et *al.*, 2011). On la trouve aussi dans les potagers familiaux pour un usage domestique (thé, cuisine).

10.3. Romarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

10.3.1. Taxonomie et Position systématique

Selon Cronquist (1981), la classification de *Rosmarinus officinalis* (Linné, 1753) est la suivante :

- Règne : Plantae
- Sous – règne : Viridaeplanta
- Classe : Equisetopsida
- Sous – classe : Magnoliidae
- Ordre : Lamiales
- Famille : Lamiaceae
- Genre : *Rosmarinus*
- Espèce : *Rosmarinus officinalis* (Linné, 1753).

10.3.2. Morphologie

Rosmarinus officinalis Linnaeus, aussi appelé *Salvia rosmarinus* Schleid, est un buisson persistant de 1 à 2 m. Ses tiges ligneuses brun-gris portent des feuilles fines et dures, de 2 à 4 cm de long sur 2 à 5 mm de large, vert foncé dessus et argentées dessous avec un duvet laineux. Les fleurs à deux lèvres, bleu pâle à violet, de 1 cm, s'organisent en grappes à l'aisselle des feuilles de février à mai, parfois avec une seconde floraison automnale dans les climats doux. Les fruits sont des petites noix brunes, peu utilisées (Ghazghazi et *al.*, 2013) (Fig. 27).



Fig. 27 : *Rosmarinus officinalis* ; plante entière, les feuilles et sommités fleuries qui sont utilisées pour produire l'HE (Originelle, 2025).



10.3.3. Origine et distribution géographique

Originnaire du pourtour méditerranéen, il est commun en Algérie le long des côtes (Alger, Oran, Annaba) et dans les montagnes (Blida, Tlemcen, Djurdjura). Sa résistance à la sécheresse et aux sols pauvres (pH 5,5-8) le rend adapté aux zones semi-arides (Ghazghazi et *al.*, 2013).

11. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles de lavande, menthe poivrée et romarin se démarquent par leurs effets spécifiques contre les champignons et insectes, comme indiqué dans le tableau suivant (Tableau 02).

Tableau 02 : Propriétés des huiles essentielles de lavande, menthe poivrée et romarin (Cavanagh & Wilkinson, 2002 ; Bozin et *al.*, 2007).

Huile essentielle	Parties utilisées	Composés principaux	Composés secondaires	Autres composés	activités biologiques
<i>Lavandula angustifolia</i>	Sommités fleuries.	Linalool, Acétate de linalyle.	Terpinène-4-ol, Acétate de lavandulyle.	Coumarines, Flavonoïdes.	Combat <i>Candida albicans</i> et <i>Aspergillus niger</i> , répulsif contre insectes, antibactérienne, antioxydante, anti-inflammatoire.
<i>Mentha piperita</i>	Feuilles et sommités fleuries.	Menthol, Menthone.	Acétate de menthyle, Limonène.	Flavonoïdes, Acides phénoliques.	Inhibe <i>Candida albicans</i> et dermatophytes, répulsif contre fourmis et moustiques, antioxydante, antibactérienne, aide digestion et maux de tête.
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Feuilles et sommités fleuries.	1,8-Cinéole, Camphre, α -Pinène.	Bornéol, Verbénone.	Diterpènes, Triterpènes.	Efficace contre <i>Candida albicans</i> et <i>Aspergillus spp.</i> , répulsif/insecticide contre ravageurs, antioxydante, améliore mémoire et circulation.

En résumé, les profils de la lavande, menthe poivrée et romarin montrent des compositions chimiques abondantes – linalol et acétate de linalyle pour la lavande, menthol pour la menthe, et divers chémotypes (1,8-cinéole, camphre) pour le romarin – liées à des effets antifongiques et insecticides encourageants. Cela justifie leur choix pour tester leur action contre *Spilocaea oleaginea* et *Tribolium confusum*.

Deuxième Partie : Étude Expérimentale

Chapitre I : Matériel et Méthodes

1. Présentation de la zone d'échantillonnage

1.1. Localisation

Ain el Hammam (anciennement Michelet) est une commune située dans la wilaya de Tizi-Ouzou, à 40 km au sud-ouest de la ville de Tizi-Ouzou. Elle est délimitée au nord par la commune d'Aït Aggouacha, à l'est par celle d'Iferhounène, au sud par la commune d'Akbil et à l'ouest par la commune d'Aït Yenni. Perchée à 1200 mètres d'altitude, cette commune rurale s'inscrit dans le massif montagneux de Kabylie, caractérisé par un relief accidenté composé de collines et de piémonts, avec la chaîne du Djurdjura marquant sa frontière nord (Fig. 28).



Fig. 28 : Localisation de la zone d'étude (Ain El Hammam) (maps.google.com).

1.2. Description du verger

Le verger étudié se trouve dans la région de Taka Aït Yahia, à une altitude de 600 mètres. Il est principalement composé d'oliviers centenaires de la variété Chemlal. Les pratiques agricoles y sont limitées : l'irrigation dépend exclusivement de la pluviométrie, aucun labour n'a été réalisé depuis 15 ans, et les arbres ne bénéficient ni de fertilisation ni de taille. Le terrain, très accidenté, est situé à proximité d'un bas-fond et présente une faible exposition au soleil, ce qui peut affecter la vigueur des arbres et leur susceptibilité aux maladies.

2. Matériel utilisé

2.1. Matériel de laboratoire

Pour la réalisation de nos expériences, un ensemble d'outils et d'appareils a été mobilisé, comprenant notamment :

- Une étuve réfrigérée, réglée à une température de 32 ± 1 °C et une humidité relative de 60 ± 5 %, conditions optimales pour le développement de *Tribolium confusum*.



- Des boîtes de Petri en plastique d'un diamètre de 6 cm, utilisées comme contenants pour les échantillons.
- De l'acétone, employée comme solvant pour les huiles essentielles.
- Une loupe binoculaire, nécessaire à l'analyse détaillée des insectes.
- Du papier filtre, utilisé pour les tests de fumigation et de répulsivité.
- Des flacons en plastique d'un diamètre de 55 cm, destinés aux tests d'inhalation.
- Une balance à affichage électronique, permettant des pesées précises.
- Des bocaux en verre d'une capacité de 0,5 litre, utilisés pour l'élevage de masse de *Tribolium confusum*.
- Deux micropipettes, l'une couvrant une plage de 10 µl à 100 µl et l'autre de 100 µl à 1000 µl, assurant un pipetage précis des huiles essentielles.
- Un microscope optique.
- Divers outils de manipulation, incluant des pinces, du ruban adhésif, une bassine, des ciseaux, des étiquettes, du papier filtre supplémentaire et un tamis, ont été employés pour faciliter les manipulations expérimentales.

Ce matériel a été soigneusement sélectionné pour répondre aux exigences des protocoles expérimentaux, garantissant ainsi la fiabilité des données obtenues dans le cadre de cette étude.

2.2. Matériel biologique

2.2.1. Matériel végétal

- **Échantillonnage des feuilles d'olivier**

Les échantillons ont été prélevés sur des feuilles d'oliviers de la variété Chemlal, situés au lieu-dit Sidi Nadji dans la commune d'Ath Yanni. Ces feuilles présentaient des symptômes caractéristiques de la tavelure, causée par *Spilocaea oleaginea* (syn. *Fusicladium oleaginum*). Pour l'échantillonnage, cinq arbres ont été sélectionnés dans la parcelle. Sur chaque arbre, des feuilles ont été récoltées à hauteur d'homme, dans les quatre directions cardinales (nord, est, sud, ouest), afin de garantir une représentativité spatiale. Les échantillons ont été placés dans des sacs en papier kraft étiquetés, puis conservés à une température de 4°C afin de préserver leur intégrité jusqu'à l'analyse.

- **Sélection des espèces végétales destinées à l'extraction des huiles essentielles**

Les huiles essentielles ont été extraites de trois espèces végétales appartenant à la famille des Lamiaceae : la lavande (*Lavandula angustifolia*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et la menthe poivrée (*Mentha piperita*). Ces plantes ont été récoltées au début du mois de juin 2024 dans la région d'Ait Zmenzer, wilaya de Tizi-Ouzou. Les parties utilisées pour l'extraction sont les feuilles et les tiges (parties aériennes), riches en composés volatils.

2.2.2. Les insectes

Les individus de *Tribolium confusum* utilisés dans cette expérimentation ont été obtenus à partir d'un élevage de masse effectué sur de la semoule. Cette population provient d'une souche



maintenue au laboratoire d'Entomologie Appliquée de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'UMMTO.

3. Étude des structures sécrétrices d'huiles essentielles des plantes étudiées

L'analyse morpho-anatomique des feuilles des différentes espèces végétales a été menée afin d'examiner les structures sécrétrices impliquées dans la biosynthèse des huiles essentielles. À cet effet, des coupes histologiques fines et orientées avec précision ont été réalisées à partir des feuilles, puis soumises à une double coloration (annexe 01). Cette technique a permis de révéler distinctement les caractéristiques des structures sécrétrices, facilitant ainsi leur identification et leur étude.

4. Méthodes

4.1. Traitement du matériel végétal

Après la récolte, les échantillons ont été lavés, triés et séchés au laboratoire, à l'abri de la lumière, pendant une semaine. Ils ont été étalés sur du papier journal pour assurer un séchage uniforme. Une fois secs, les échantillons ont été fragmentés en petits morceaux et stockés dans des sacs en papier kraft d'une capacité de 200 g, protégés de la lumière et de l'humidité. À l'issue du séchage, les feuilles ont légèrement perdu leur couleur verte intense, indiquant une déshydratation réussie.

4.1.1. Méthode d'extraction

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée par hydrodistillation. Un échantillon de 200 g de matière végétale séchée a été placé dans un ballon de 2 l, puis immergé dans de l'eau distillée occupant les deux tiers du volume du ballon. Le mélange a été porté à ébullition, permettant à la vapeur d'entraîner les composés volatils. La vapeur a été condensée dans un réfrigérant, et le distillat a été collecté dans un erlenmeyer avant d'être transféré dans une ampoule à décanter (Fig. 29).



Fig. 29 : Dispositif du processus d'hydrodistillation : hydrodistillateur (A) et ampoule à décanter (B) (Originelle, 2025).

▪ Séparation liquide-liquide

La séparation de l'huile essentielle de la phase aqueuse a été effectuée à l'aide d'un solvant organique, l'éther diéthylique (C₂H₅)₂O, ajouté dans l'ampoule à décanter pour faciliter la décantation. Du chlorure de sodium (NaCl) a été incorporé pour augmenter la densité de la phase aqueuse et améliorer la séparation. La phase organique, contenant l'huile essentielle, a été récupérée, puis mise en contact avec du sulfate de sodium anhydre (Na₂SO₄) pour éliminer les traces d'eau résiduelles. Elle a ensuite été filtrée à l'aide d'un papier filtre.

▪ Élimination du solvant organique

L'éther diéthylique a été évaporé sous pression réduite à 50°C à l'aide d'un évaporateur rotatif. L'huile essentielle obtenue a été conditionnée dans un flacon en verre fumé, fermé hermétiquement, et conservée à 4°C pour préserver ses propriétés chimiques et biologiques.

4.1.2. Isolement de l'agent pathogène

L'isolement du phytopathogène *Spilocaea oleaginea* a été effectué selon la méthode décrite par Rappilly & Viennot (1968). Les feuilles présentant des lésions ont été désinfectées à l'aide d'un tampon de coton imbibé d'alcool. Des fragments de tissus foliaires lésés ont été prélevés à l'aide d'un scalpel stérilisé par flambage, puis déposés dans des boîtes de Petri contenant du milieu PDA (Potato Dextrose Agar) (annexe 02), à raison de quatre fragments par boîte (Fig. 30). Ces boîtes ont été incubées à 25°C pendant 21 jours pour favoriser la croissance fongique.

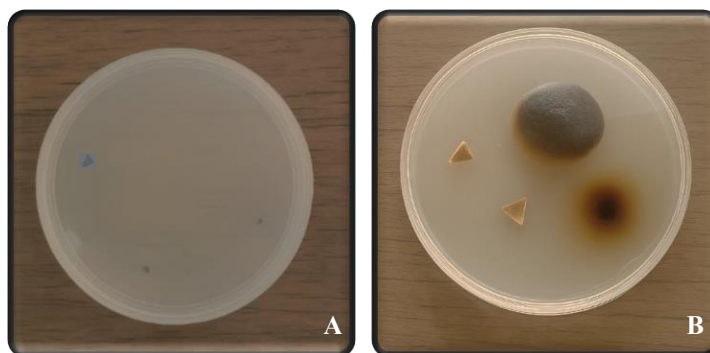


Fig. 30 : Isolement du phytopathogène : fragment d'une feuille d'olivier déposé sur du PDA (A) et développement de la colonie du phytopathogène après quelques jours d'inoculation (B) (Originelle, 2025).

4.1.3. Purification et obtention des isolats fongiques

La purification des isolats fongiques a été réalisée selon une approche rigoureuse afin d'obtenir des cultures pures, essentielles pour les analyses subséquentes. Le processus repose sur des techniques de repiquage successif et d'isolement sur milieu sélectif, détaillées ci-dessous :

- **Subculture des colonies primaires** : Les colonies fongiques développées à partir des fragments de tissus ensemencés ont été repiquées à partir de la marge de la colonie en croissance sur des boîtes de Petri. Cette étape initiale permet de sélectionner les isolats les plus viables.



- **Prélèvement d'explants fongiques** : À partir des isolats primaires, des petits morceaux fongiques ont été prélevés aseptiquement à l'aide d'un scalpel stérilisé, puis transférés sur du milieu PDA dans des boîtes de Petri pour favoriser la croissance mycélienne (Fig. 31).
- **Prévention de la contamination** : Pour garantir la stérilité, les boîtes de Petri ont été soigneusement scellées avec du parafilm et recouvertes de papier aluminium, offrant une double protection contre les contaminations externes.
- **Incubation des cultures** : Les cultures ont été incubées à 25°C pendant une semaine, une durée suffisante pour permettre le développement des colonies mycéliennes, conformément aux conditions précédemment établies.
- **Repiquages successifs** : Des repiquages itératifs ont été effectués jusqu'à l'obtention d'une culture pure, éliminant progressivement les contaminants potentiels et affinant l'isolement des souches fongiques.

Cette méthode, basée sur une gestion stricte de la stérilité et des repiquages successifs, a permis d'obtenir des isolats fongiques purs, adaptés aux analyses morphologiques et biologiques ultérieures, tout en minimisant les risques de contamination croisée.

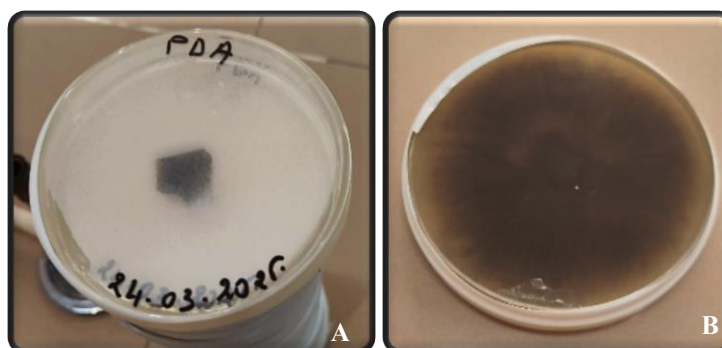


Fig. 31 : Isolats du phytopathogène *S. oleaginea* sur du milieu PDA neuf : repiquage du phytopathogène (A) et colonie du phytopathogène après une semaine d'incubation (B) (Originelle, 2025).

4.1.4. Détermination de l'agent pathogène

L'identification de *Spilocaea oleaginea* a été réalisée par des observations macroscopiques et microscopiques.

- **Observation macroscopique**

Elle a porté sur les structures fongiques visibles sur l'hôte et l'aspect général du mycélium, en s'appuyant sur les descriptions bibliographiques (Fig. 32).



Fig. 32 : Une image illustrant des feuilles d'olivier présentant des signes d'infection fongique, prélevées directement dans le verger. (Originelle, 2025).

- **Observation microscopique**

Elle a permis d'examiner les filaments mycéliens et les structures de sporulation (forme, couleur et taille des conidies). La technique de la cellophane adhésive a été employée : un ruban adhésif transparent a été appliqué sur la zone infectée de la feuille, puis fixé sur une lame porte-objet pour une observation directe au microscope, sans préparation supplémentaire (annexe 03).

4.2. Traitement des insectes

4.2.1. Élevage de masse

L'élevage de masse de *Tribolium confusum* est conduit dans des bocaux en verre contenant de la semoule de blé dur, où sont placés des adultes mâles et femelles d'âges non déterminés (Fig. 33). Cette méthode vise à obtenir une génération homogène en quantité suffisante pour répondre aux besoins des différents tests expérimentaux. Les bocaux sont conservés dans une étuve obscure, dont les conditions sont régulées à une température de 32 ± 1 °C et une humidité relative de 60 ± 5 %. Pour garantir une ventilation adéquate, les couvercles des bocaux sont perforés de petits trous d'aération.

Au bout d'une semaine, les adultes sont retirés, permettant aux œufs de se développer jusqu'à l'émergence des premiers adultes de la nouvelle génération. Les individus âgés de moins de 7 jours sont ensuite sélectionnés pour réaliser divers tests biologiques. Cette approche assure la production d'une population synchronisée et homogène, un facteur clé pour garantir la fiabilité des résultats expérimentaux.



Fig. 33 : Élevage de masse de *Tribolium confusum* (Originelle, 2025).

5. Étude des activités biologiques de trois huiles essentielles extraites

5.1. Étude de l'activité antifongique sur *Spilocaea oleaginea* par la méthode des puits

Les huiles essentielles extraites de *Lavandula angustifolia*, *Rosmarinus officinalis* et *Mentha piperita* ont été utilisées pour évaluer leur effet sur la croissance radiale de *Spilocaea oleaginea*.

Pour cette expérience, quatre doses d'huiles essentielles (HE) (5, 10, 15 et 20 μ l) ont été testées. La méthode des puits a été employée pour analyser l'activité antifongique. Pour chaque dose, une cupule de 0,5 cm de diamètre a été réalisée dans des boîtes de Petri contenant du milieu PDA, à l'aide d'une pipette Pasteur stérile, et la dose correspondante d'huile essentielle y a été injectée. Quatre répétitions ont été effectuées pour chaque dose et chaque HE, soit un total de seize boîtes par huile essentielle (quatre doses \times quatre répétitions). En parallèle, deux boîtes témoins (sans huile) ont été préparées comme référence.

Trois implants de 0,5 cm de diamètre, issus de jeunes cultures du champignon, ont été placés dans chaque boîte. Pour prévenir toute contamination, les boîtes ont été scellées hermétiquement avec du Parafilm puis emballées dans une feuille d'aluminium (Fig. 34). Ces boîtes ont été incubées à 25°C, et la croissance radiale du mycélium a été mesurée tous les quatre jours pendant un mois.



Fig. 34 : Dispositif expérimental de la méthode des puits appliquée sur *S. oleaginea* traités par différentes doses de trois huiles essentielles (Originelle, 2025).

5.1.1. Évaluation de la croissance radiale de *Spilocaea oleaginea*

La croissance mycélienne a été évaluée en mesurant le diamètre des colonies à l'aide d'une règle graduée, tous les trois jours sur une période de 21 jours. Le diamètre moyen des colonies pour chaque traitement a été calculé et comparé à celui des boîtes témoins, qui ont servi de référence pour estimer l'effet inhibiteur des huiles essentielles.

5.1.2. Analyse statistique des données

Les données de croissance radiale ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à trois facteurs de classification (type d'huile essentielle, dose et temps), réalisée à l'aide du logiciel R. Cette analyse a permis d'évaluer la significativité des effets des huiles essentielles et de leurs doses sur la croissance radiale de *Spilocaea oleaginea*. Elle a ensuite été suivie d'un test de Newman-Keuls avec un seuil de signification de 5 % pour identifier les groupes homogènes, selon la méthodologie décrite par Dagnelie (1975).



Lorsqu'une différence significative entre les traitements était détectée, l'interprétation des résultats s'appuyait sur la valeur de la probabilité (P), qui indique le niveau de signification des différences observées :

- Si $P > 0.05$, aucune différence significative n'est constatée ;
- Si $0.01 < P \leq 0.05$, la différence est significative ;
- Si $0.001 < P \leq 0.01$, la différence est hautement significative ;
- Si $P \leq 0.001$, la différence est très hautement significative (Dagnelie, 1975).

Cette méthodologie statistique rigoureuse garantit une évaluation fiable de l'efficacité de l'huile essentielle comme agent toxique contre *S. oleaginea*.

5.2. Étude de l'activité bioinsecticide sur *Tribolium confusum*

5.2.1. Évaluation de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles

L'efficacité bioinsecticide des trois huiles essentielles extraites a été évaluée sur les adultes d'un ravageur des denrées stockées.

5.2.2. Test de fumigation

Ce test vise à évaluer l'effet de trois huiles essentielles par inhalation sur la mortalité des adultes de *T. confusum*, à température ambiante (25 °C), en adoptant le protocole expérimental suivant :

- Dans des flacons ECBU de 60 ml, une dose d'huile est appliquée sur un disque de papier filtre de 4,5 cm de diamètre fixé à l'intérieur du couvercle.
- Dix adultes, choisis aléatoirement, sont placés dans chaque flacon contenant 03 g de semoule de blé dur comme substrat alimentaire, puis hermétiquement fermés (Fig. 35).
- Trois répétitions ont été effectuées pour chaque dose (05, 10 et 15 μ l), avec des durées d'exposition de 24, 48 et 72 heures.
- Le comptage des individus morts est réalisé quotidiennement pendant trois jours, avec un témoin réalisé en parallèle.

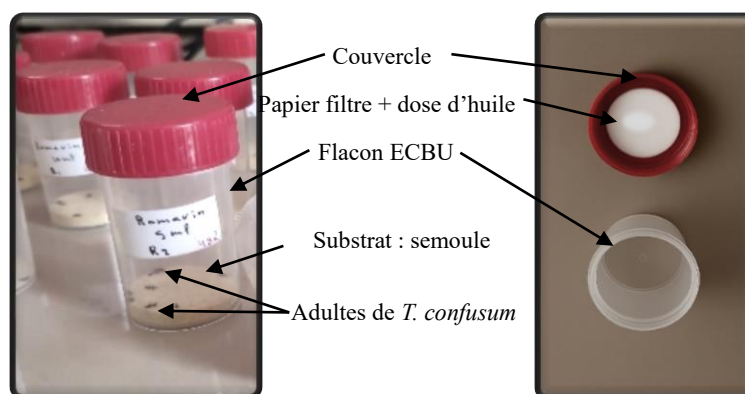


Fig. 35 : Dispositif expérimental du test de fumigation sur les adultes de *T. confusum* (Originelle, 2025).

Le taux de mortalité a été corrigé à l'aide de la formule d'Abbott (1925, cité dans Rosenheim & Hoy, 1989), en tenant compte de la mortalité naturelle observée dans le groupe témoin :



$$Mc\% = \frac{Mt - Mm}{100 - Mm} \times 100$$

Mc : mortalité corrigée,

Mt : taux de mortalité dans le groupe traité (en pourcentage),

Mm : taux de mortalité dans le groupe témoin (en pourcentage).

5.2.3. Test de répulsivité

Ce test a pour objectif d'évaluer l'effet répulsif des huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum*.

La méthodologie suivie est la suivante :

- Un disque de papier filtre de 06 cm de diamètre est découpé en deux moitiés égales.
- Trois concentrations différentes (5 μ l, 10 μ l et 15 μ l) sont préparées dans 0,5 ml d'acétone pour chaque huile essentielle.
- Pour chaque essai, une moitié du disque est traitée avec une solution d'huile essentielle, tandis que l'autre moitié sert de témoin, traitée uniquement avec 0,5 ml d'acétone. Chaque dose est testée en trois répétitions.
- Après évaporation du solvant, les deux moitiés (traitée et témoin) sont assemblées à l'aide d'une bande adhésive, puis placées dans une boîte de Petri (Fig. 36).
- Dix adultes de *T. confusum* sont ensuite déposés au centre de la boîte.
- Trente minutes plus tard, le nombre d'individus présents sur chaque moitié du disque est compté.

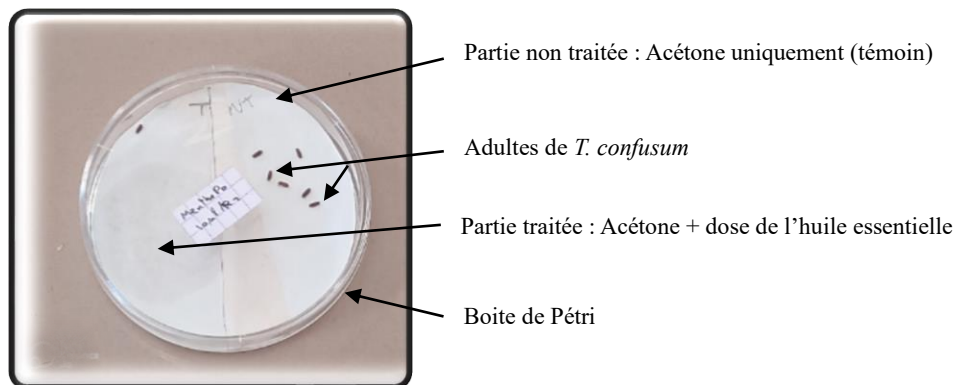


Fig. 36 : Dispositif expérimental du test de répulsivité sur les adultes de *T. confusum* (Originelle, 2025).

Le pourcentage de répulsion (PR), induit par les huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum*, est calculé selon la formule de McDonald (1970) comme suit :

$$PR (\%) = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$$

Nc : nombre d'individus présents sur le demi-disque traité avec l'acétone uniquement,



Nt : nombre d'individus présents sur le demi-disque traité avec la solution huileuse (huile essentielle diluée dans l'acétone).

Pour chaque huile, le pourcentage moyen de répulsion est calculé et classé dans l'une des différentes catégories de répulsion, conformément à la classification de McDonald (1970), présentée dans le tableau 03.

Tableau 03 : Pourcentage de répulsion selon le classement de McDonald (1970).

Classe	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	0 PR \leq 0,1%)	Très Faiblement répulsif
Classe 01	0,1 % < PR \leq 20%	Faiblement répulsif
Classe 02	20% < PR \leq 40 %	Modérément répulsif
Classe 03	40 % < PR \leq 60 %	Moyennement répulsif
Classe 04	60% < PR \leq 80 %	Répulsif
Classe 05	80 % < PR \leq 100 %	Très Répulsif

5.2.4. Analyse statistique des données

Dans cette étude, la concentration létale 50% (CL50), correspondant à la concentration de substance toxique provoquant la mortalité de 50% des individus d'un même lot, a été calculée à l'aide du logiciel statistique SPSS version 20. Cette mesure permet d'évaluer la toxicité de l'huile essentielle sur les adultes de *Tribolium confusum*.

Les résultats obtenus ont été analysés par une analyse de variance (ANOVA) [un modèle ANOVA à trois facteurs ; "huile essentielle, dose et temps d'exposition" pour le test d'Inhalation, et un modèle ANOVA à deux facteurs ; "huile essentielle et dose" pour le test de Répulsion effectuée avec le logiciel R. Cette analyse avait pour objectif d'examiner l'effet de l'huile essentielle sur les adultes de *T. confusum* et d'étudier les interactions entre les différents paramètres considérés. Lorsqu'une différence significative entre les traitements était détectée, un test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5% était réalisé pour identifier les groupes homogènes, selon la méthodologie décrite par Dagnelie (1975).

L'interprétation des résultats s'appuie sur la valeur de la probabilité (P), qui indique le niveau de signification des différences observées :

- Si $P > 0.05$, aucune différence significative n'est constatée ;
- Si $0.01 < P \leq 0.05$, la différence est significative ;
- Si $0.001 < P \leq 0.01$, la différence est hautement significative ;
- Si $P \leq 0.001$, la différence est très hautement significative (Dagnelie, 1975).

Cette méthodologie statistique rigoureuse garantit une évaluation fiable de l'efficacité de l'huile essentielle comme agent toxique contre *T. confusum*.

Chapitre II : Résultats et Discussion

I. Résultats

1. Étude histoanatomique

1.1. Anatomie des plantes étudiées (plantes à HE)

Dans le cadre de cette étude, nous avons mené une analyse histoanatomique approfondie de trois plantes aromatiques de la famille des Lamiaceae : la lavande (*Lavandula angustifolia*), la menthe poivrée (*Mentha piperita*) et le romarin (*Rosmarinus officinalis*). L'objectif principal était d'élucider les caractéristiques structurales de leurs feuilles et de leurs tiges, en mettant l'accent sur les structures impliquées dans la production d'huiles essentielles. L'application de la méthode de double coloration (annexe 01) sur des coupes histologiques fines de ces plantes a permis d'observer les structures suivantes au microscope optique.

Les observations microscopiques des coupes transversales des feuilles ont révélé que les trois espèces possèdent des trichomes glandulaires sur leurs surfaces épidermiques, qui constituent les sites principaux de synthèse et d'accumulation des huiles essentielles. Notamment, la lavande présentait la densité la plus élevée de ces trichomes, suivie par la menthe poivrée, puis le romarin. De plus, les trichomes de la lavande étaient plus grands et plus complexes morphologiquement que ceux des autres espèces. Ces résultats suggèrent que la lavande pourrait avoir une capacité supérieure de production d'huiles essentielles, ce qui est cohérent avec son utilisation répandue en aromathérapie et en parfumerie (Fig. 37).

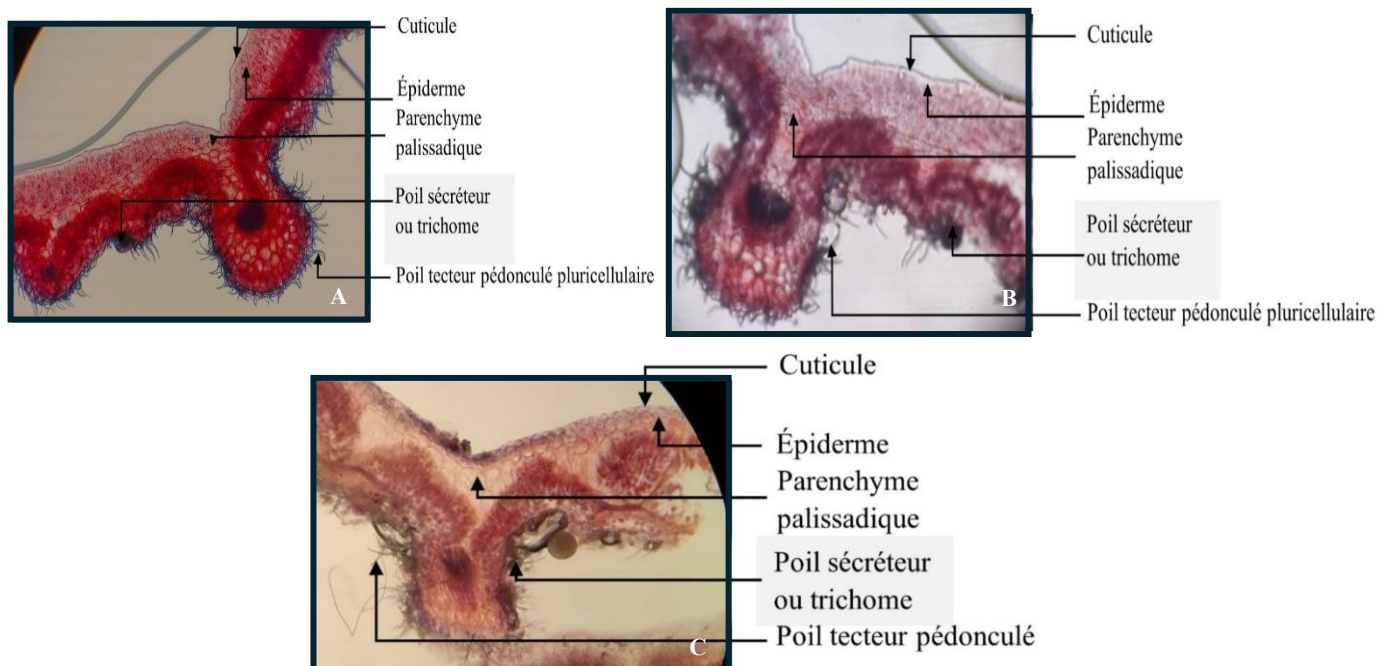


Fig. 37 : Coupe transversale des feuilles : feuilles de lavande (A), feuilles de menthe poivrée (B) et feuilles de romarin (C) observées au microscope optique G 40 x 10 (Originelle, 2025).

En ce qui concerne l'anatomie des tiges, les trois plantes affichaient une structure de base similaire, caractérisée par un anneau de faisceaux vasculaires entourant une moelle centrale. Cependant, les tiges du romarin se distinguaient par un développement plus marqué du xylème secondaire et un cortex plus épais, témoignant de son adaptation à une croissance pérenne et à des conditions environnementales plus rigoureuses. Les implications de ces différences anatomiques sont discutées en relation avec les habitudes de croissance des plantes, leurs niches écologiques et leur utilité dans l'extraction des huiles essentielles (Fig. 38).

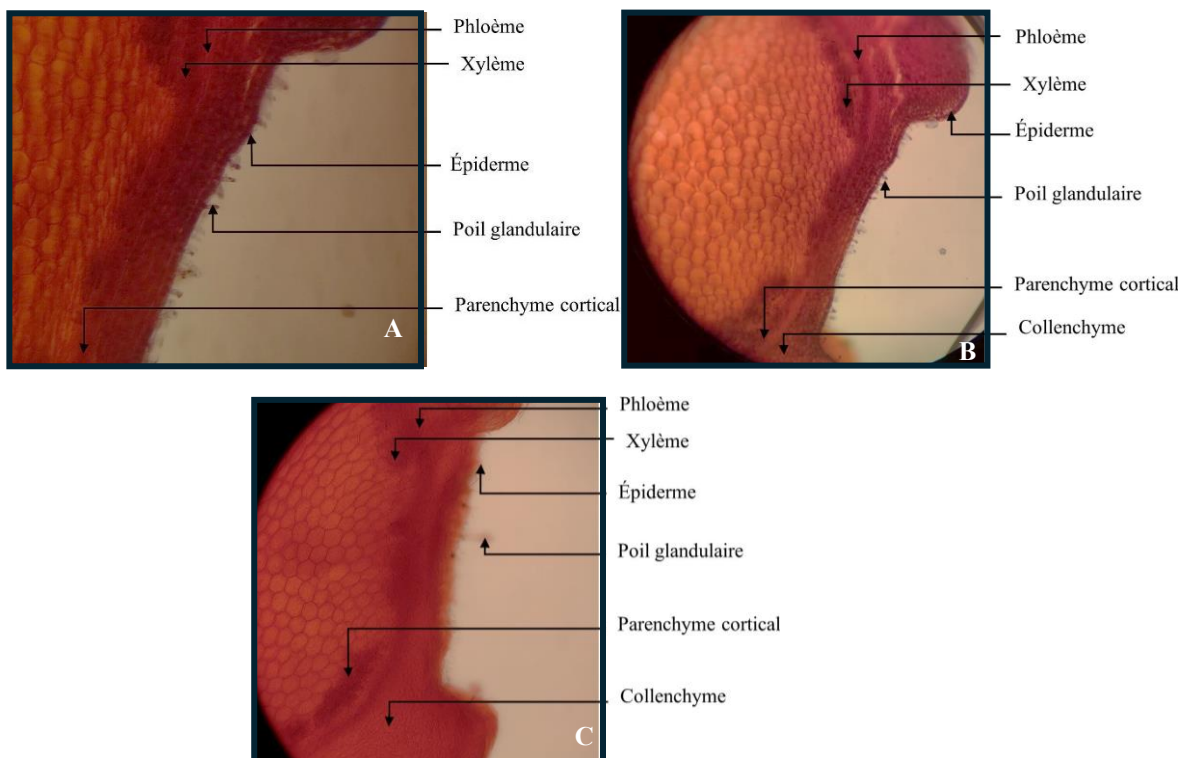


Fig. 38 : Coupe transversale des tiges : tige de lavande (A), tige de menthe poivrée (B) et tige de romarin (C) observées au microscope optique G 40 x 10 (Originelle, 2025).

2. Évaluation de l'activité antifongique sur *Spilocaea oleaginea* :

Les huiles essentielles de *Lavandula angustifolia*, *Mentha piperita* et *Rosmarinus officinalis* ont été testées pour évaluer leur effet inhibiteur sur la croissance radiale de *Spilocaea oleaginea*.

2.1. Croissance radiale sous traitement

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 04 et illustrés dans les figures (39, 40, 41 et 42). Les histogrammes suivants représentent l'évolution du diamètre moyen (en cm) du champignon soumis à quatre traitements (témoin sans huile essentielle, lavande, menthe poivrée et romarin) à quatre doses différentes (5 μ l, 10 μ l, 15 μ l et 20 μ l) mesurés aux jours 3, 6, 9, 12, 15, 18 et 21. Le témoin sert de référence pour suivre la croissance maximale en l'absence de tout principe actif.

- **Témoin** : la croissance est continue et quasi-linéaire, passant de 1,01 cm (jour 3) à 5 cm (jour 21).
- **Lavande** : dès 5 μ l, la croissance est atténuée (0,87 cm au jour 3 vs 1,01 cm pour le témoin) et cet effet s'intensifie aux doses supérieures. À 20 μ l, le diamètre plafonne à 0,53 cm (jour 3) et à 2,41 cm (jour 15) contre 4,48 cm pour le témoin.
- **Menthe poivrée** : l'inhibition est particulièrement marquée, même à faible dose. À 5 μ l, le diamètre reste inférieur à 1 cm dès le jour 3 et se stabilise à 0,50 cm à 20 μ l sur toute la période (jour 3 à jour 21), suggérant un effet quasi-fongicide aux doses élevées.
- **Romarin** : l'inhibition est intermédiaire entre lavande et menthe poivrée. À 20 μ l, le diamètre atteint 0,52 cm (jour 3) et 0,99 cm (jour 18), contre respectivement 1,01 cm et 4,82 cm pour le témoin.

Globalement, un effet dose-dépendant est observé pour les trois huiles essentielles : plus la quantité appliquée augmente, plus la croissance mycélienne est freinée ($p < 0,05$, ANOVA suivie de tests de Newman-Keuls) (Annexes 04).

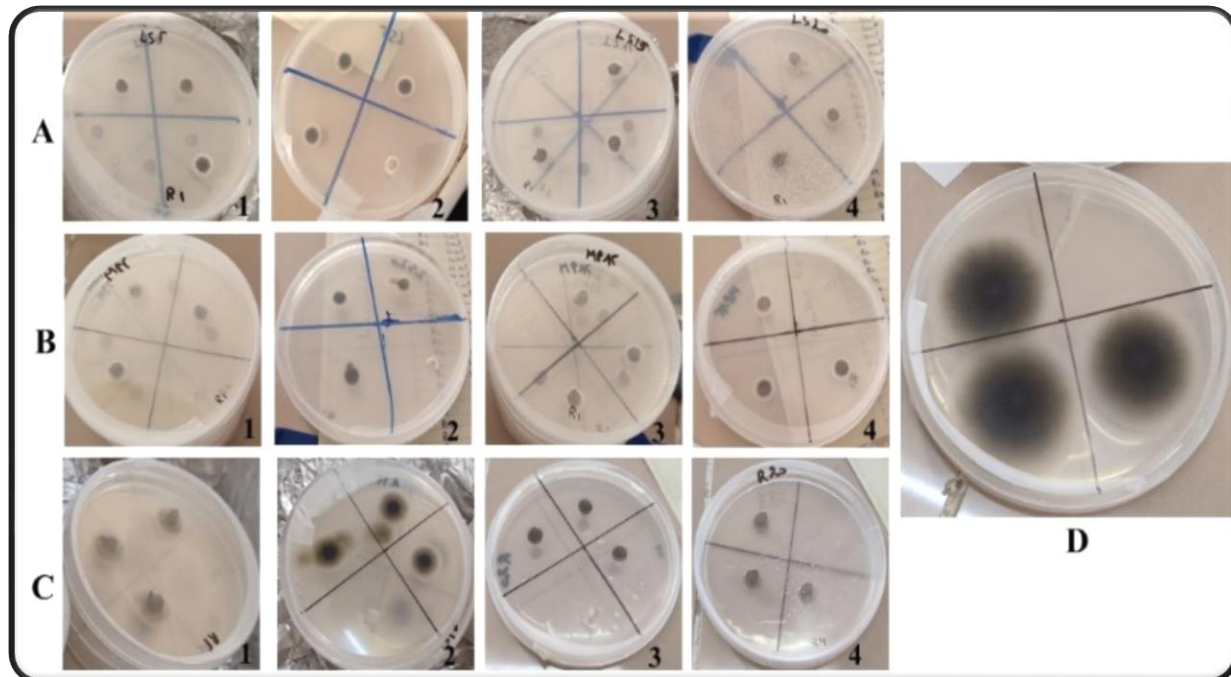


Fig. 39 : Croissance radiale des colonies de *S. oleaginea* après 03 jours d'incubation en fonction de la dose d'huile essentielle, (A) : HE de lavande (1) : à 5 μ l, (2) : à 10 μ l, (3) : à 15 μ l, (4) : à 20 μ l ; (B) : HE de menthe poivrée (1) : à 5 μ l, (2) : à 10 μ l, (3) : 15 μ l, (4) : à 20 μ l ; (C) : HE de romarin (1) : à 5 μ l, (2) : à 10 μ l, (3) : à 15 μ l, (4) : à 20 μ l et (D) : témoin (sans HE) (Originelle, 2025).

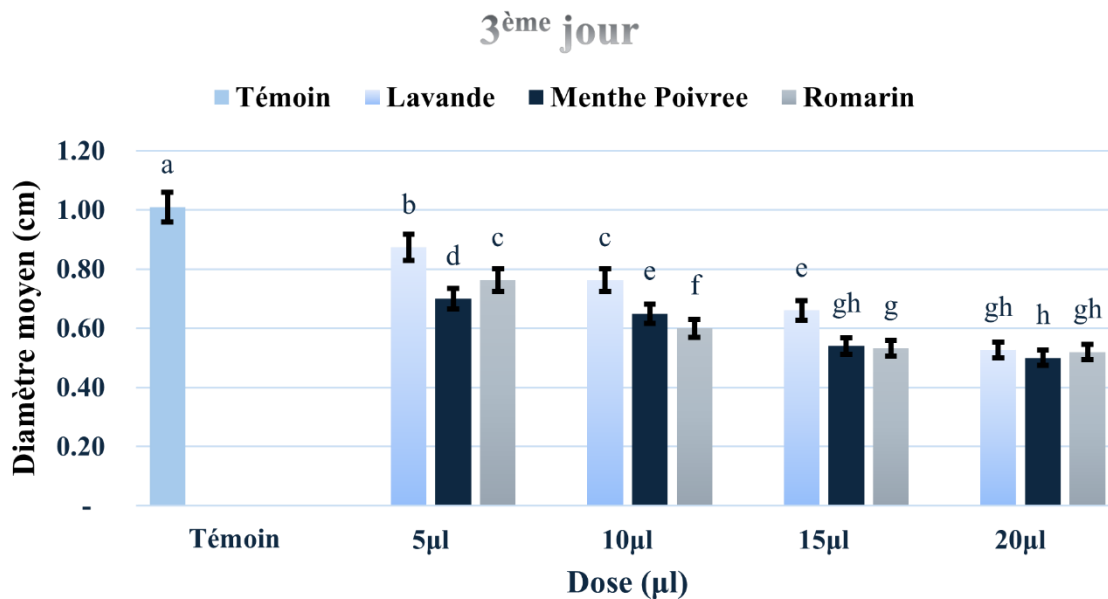


Fig. 40 : Croissance radiale de *S. oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 03 jours d'incubation.

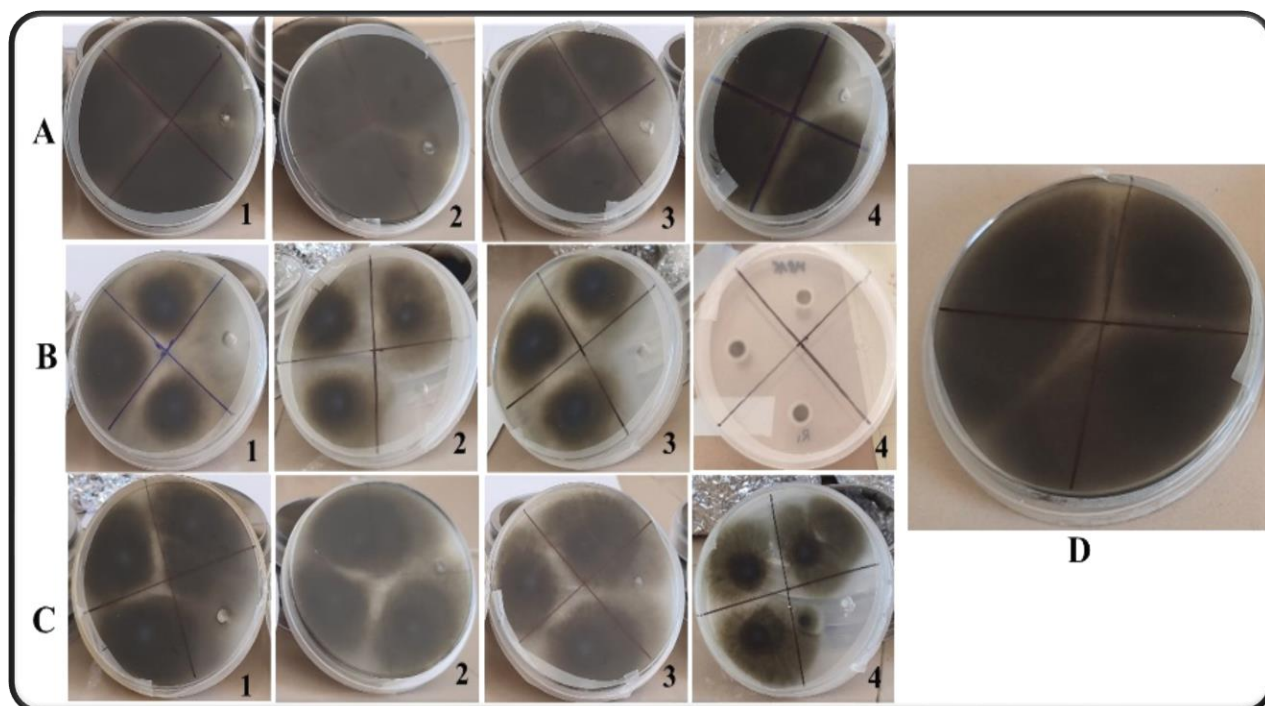


Fig. 41 : Croissance radiale des colonies de *S. oleaginea* après 21 jours d'incubation en fonction de la dose d'huile essentielle, (A) : HE de lavande (1) : à 5µl, (2) : à 10µl, (3) : à 15µl, (4) : à 20µl ; (B) : HE de menthe poivrée (1) : à 5µl, (2) : à 10 µl, (3) : 15µl, (4) : à 20µl ; (C) : HE de romarin (1) : à 5µl, (2) : à 10µl, (3) : à 15µl, (4) : à 20µl et (D) : témoin (sans HE) (Originelle, 2025).

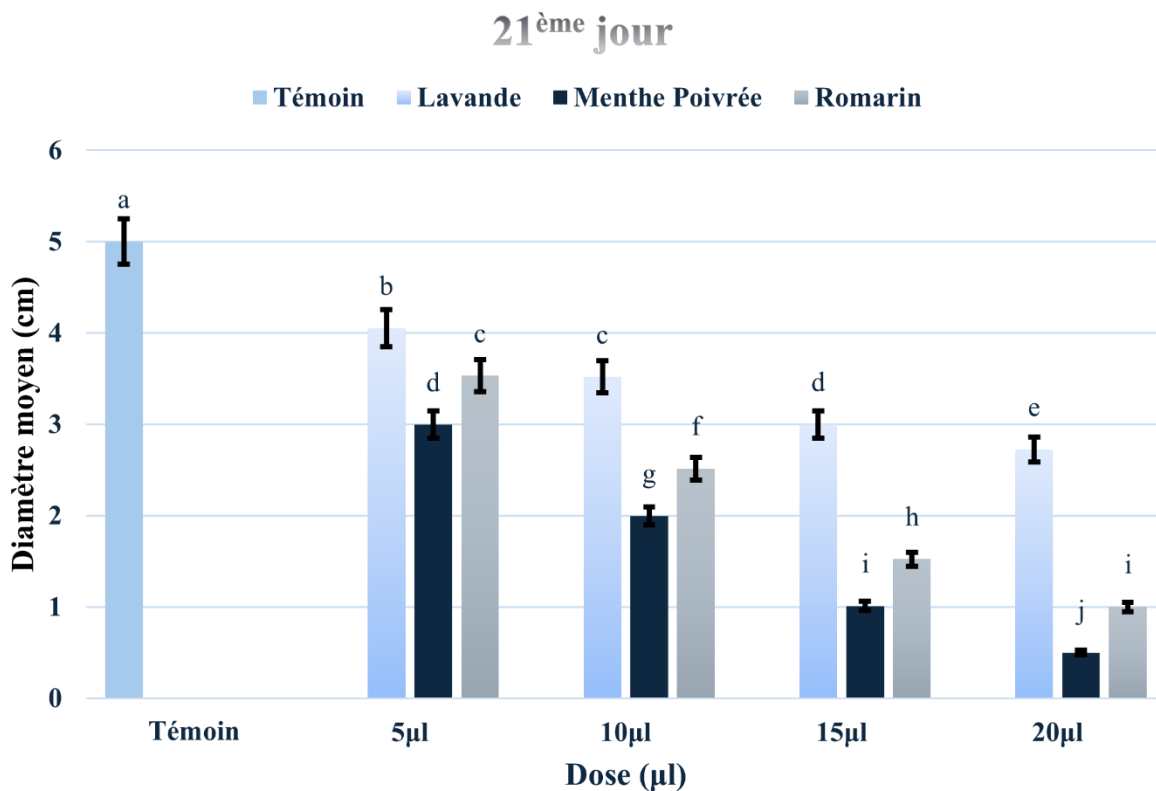


Fig. 42 : Croissance radiale de *S. oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 21 jours d'incubation.

Les taux d'inhibition (Tableau 04) confirment que l'HE de menthe poivrée est la plus efficace (90 %), suivie de romarin (79.5 %) et de lavande, moyennement inhibitrice (46.2 %).

Tableau 04 : Classement des huiles selon leurs propriétés inhibitrices (Taux d'inhibition : Pourcentage d'inhibition), d'après les histogrammes de la croissance radiale sous traitement.

Huile Essentielle	Taux d'inhibition (%)	Propriété
Lavande	46.2	Moyennement inhibitrice
Menthe Poivrée	90	Très inhibitrice
Romarin	79.5	Inhibitrice

3. Évaluation de l'activité bioinsecticide sur *Tribolium confusum* :

Les huiles ont été évaluées via deux tests :

- **Fumigation** : Taux de mortalité mesurée après 24, 48 et 72 heures pour des doses de 5, 10 et 15 µl.

- **Répulsion** : Pourcentage de répulsion après 30 minutes.

a. Test de fumigation

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 05 et illustrés dans les figures (43, 44 et 45). La mortalité des adultes de *Tribolium confusum* augmente avec la dose et le temps d'exposition aux huiles essentielles. Par exemple, l'utilisation de l'huile de menthe poivrée à une dose de 15 μl entraîne un taux de mortalité qui passe de 63.3 % après 24 heures à 100 % après 72 heures, ce qui en fait l'huile essentielle la plus efficace. Elle est suivie par l'huile de romarin, qui atteint un taux de mortalité de 86.7 %, et l'huile de lavande, avec 50 %. En comparaison, le groupe témoin présente un taux de mortalité naturel de seulement 3.3 % après 72 heures, soulignant ainsi l'efficacité des huiles essentielles par rapport au contrôle. À des doses plus faibles, comme 5 μl , les différences d'efficacité entre les huiles sont moins marquées, mais à 15 μl , la supériorité de l'huile de menthe poivrée devient évidente. Ces résultats suggèrent que les huiles essentielles pourraient être utilisées comme alternatives naturelles aux pesticides chimiques dans la lutte contre les ravageurs.

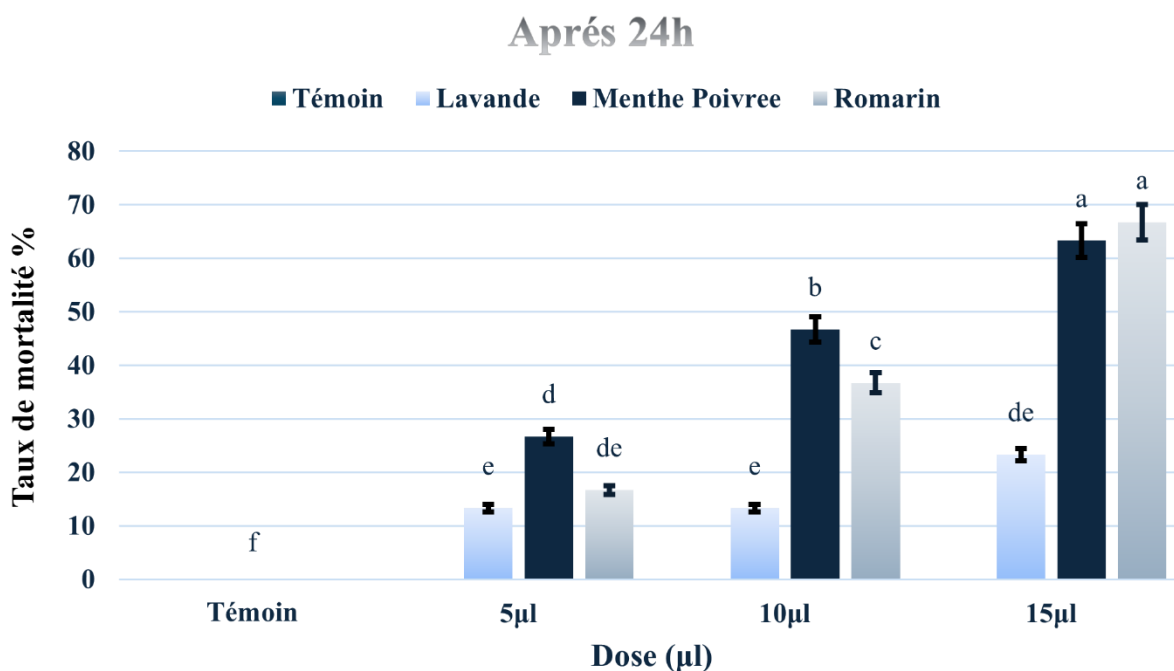


Fig. 43 : Taux moyen de mortalité des adultes de *T. confusum* traités par fumigation en fonction de la dose de l'HE après 24 heures d'exposition.

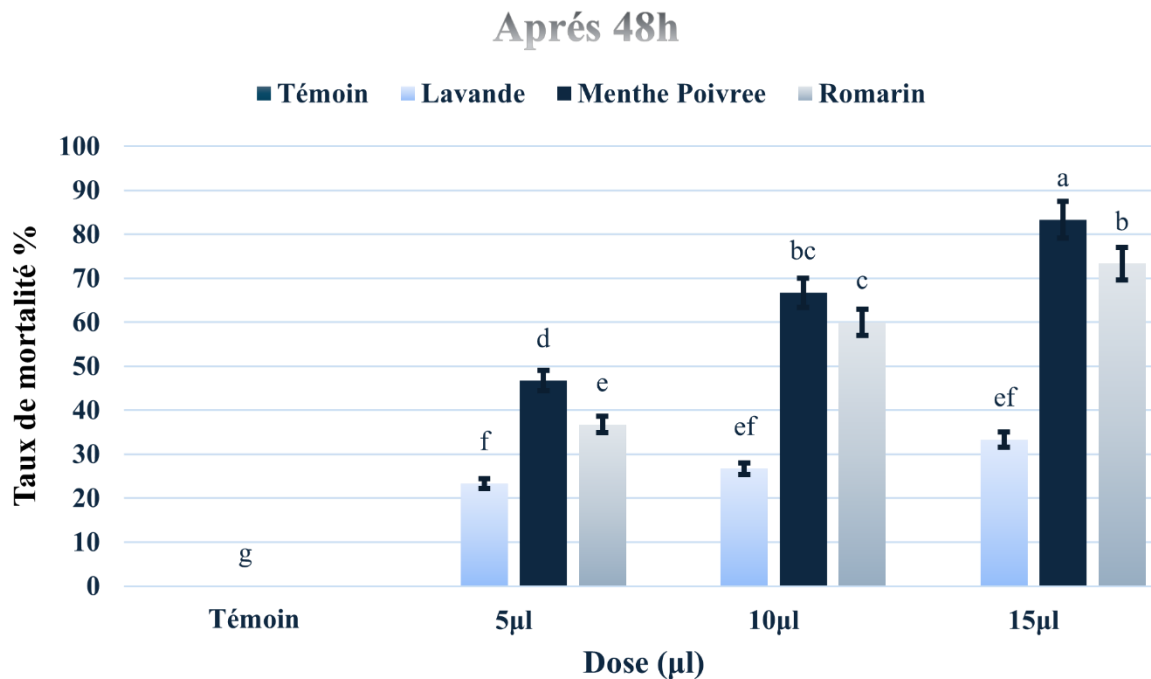


Fig. 44 : Taux moyen de mortalité des adultes de *T. confusum* traités par fumigation en fonction de la dose de l'HE après 48 heures d'exposition.

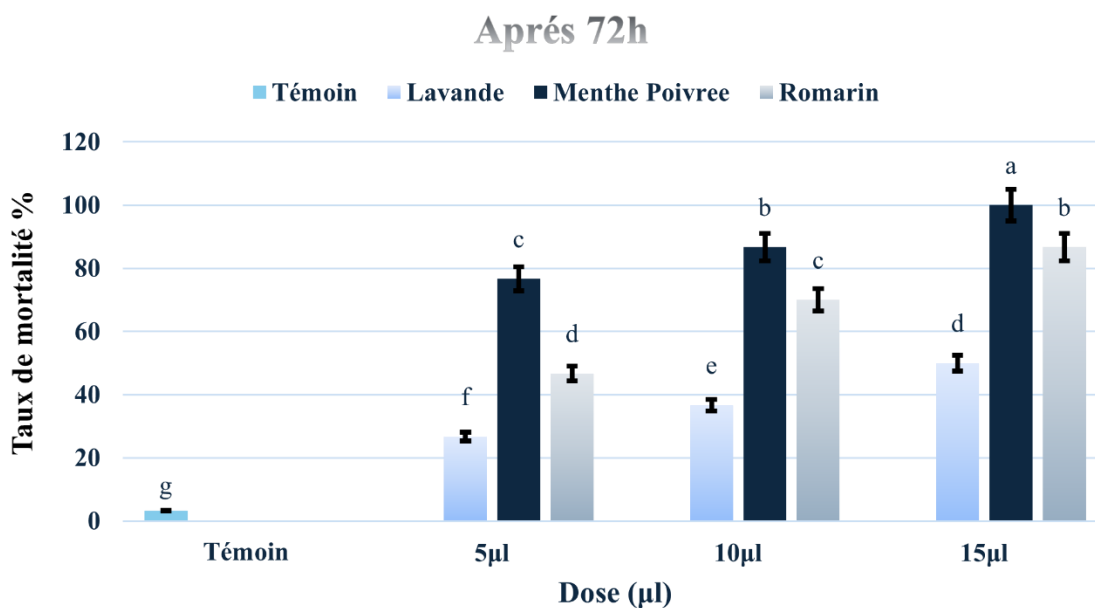


Fig. 45 : Taux moyen de mortalité des adultes de *T. confusum* traités par fumigation en fonction de la dose de l'HE après 72 heures d'exposition.

Les taux de mortalité (Tableau 05) confirment que l'HE de menthe poivrée est la plus efficace (100 %), suivie de romarin (86.7 %) et de lavande, Moyennement toxique (50 %).

Tableau 05 : Classement des huiles selon leurs propriétés toxiques (Taux de Mortalité : Pourcentage de mortalité), d’après les résultats des figures 43, 44 et 45.

Huile Essentielle	Taux de Mortalité (%)	Propriété
Lavande	50	Moyennement toxique
Menthe Poivrée	100	Très toxique
Romarin	86.7	Très toxique

b. Test de répulsion

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 06 et illustrés dans les figures (46, 47 et 48). Les huiles essentielles, telles que l’huile de menthe poivrée et l’huile de romarin, montrent des effets significatifs en fonction de la dose appliquée. La répulsion des insectes par les huiles essentielles est directement liée à la dose appliquée : pour le romarin, elle passe de 73,3 % à 5 µl à 93,3 % à 15 µl, le rendant le plus efficace, suivi de la menthe poivrée (76,7 %) et de la lavande (56,7 %). Le témoin n’atteint que 13,3 %, dû à des facteurs expérimentaux.

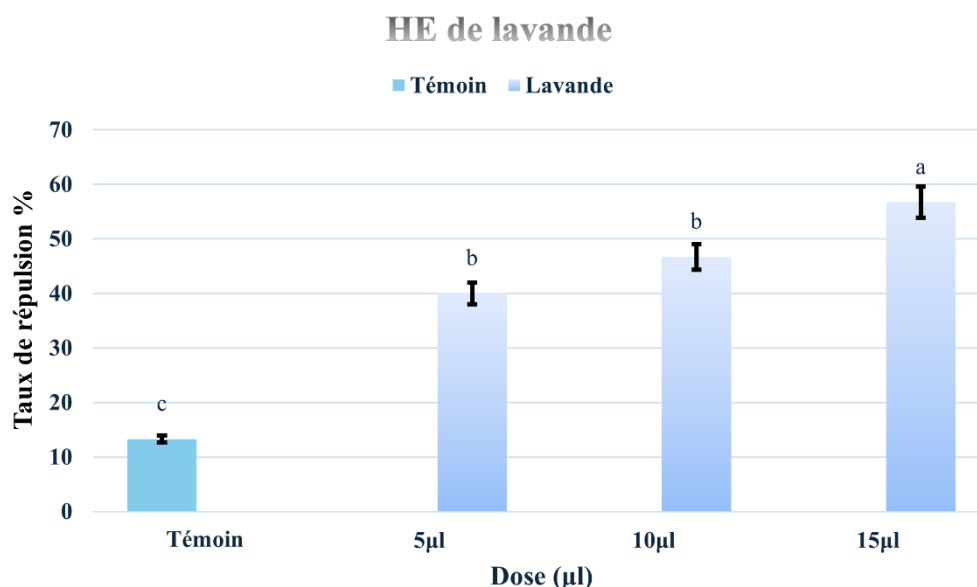


Fig. 46 : Taux moyen de répulsion des adultes de *T. confusum* traités aux différentes doses d’huile essentielle de lavande.

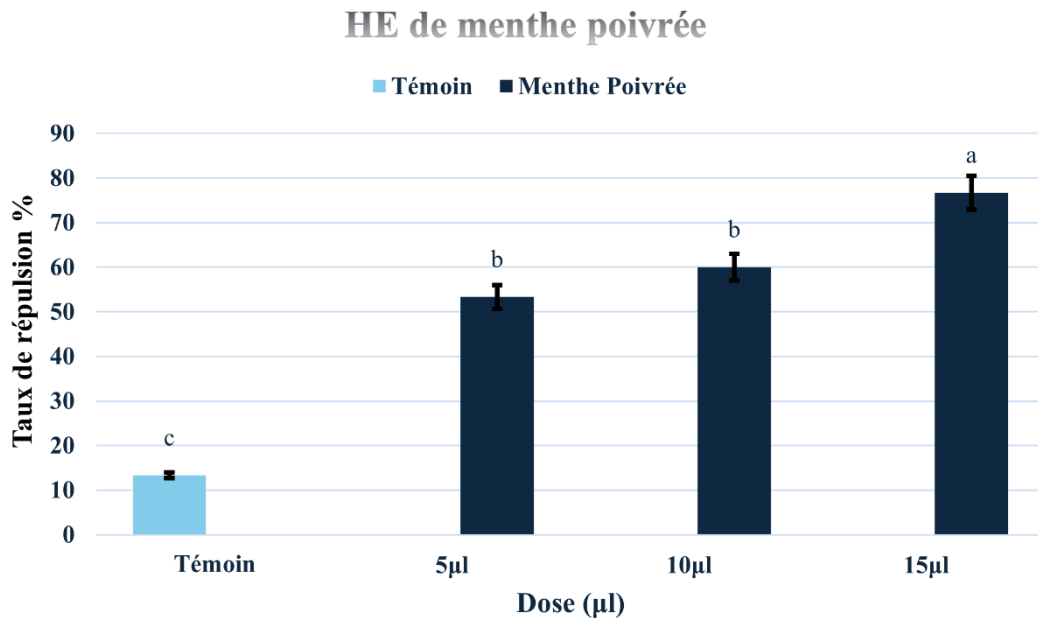


Fig. 47 : Taux moyen de répulsion des adultes de *T. confusum* traités aux différentes doses d'huile essentielle de menthe poivrée.

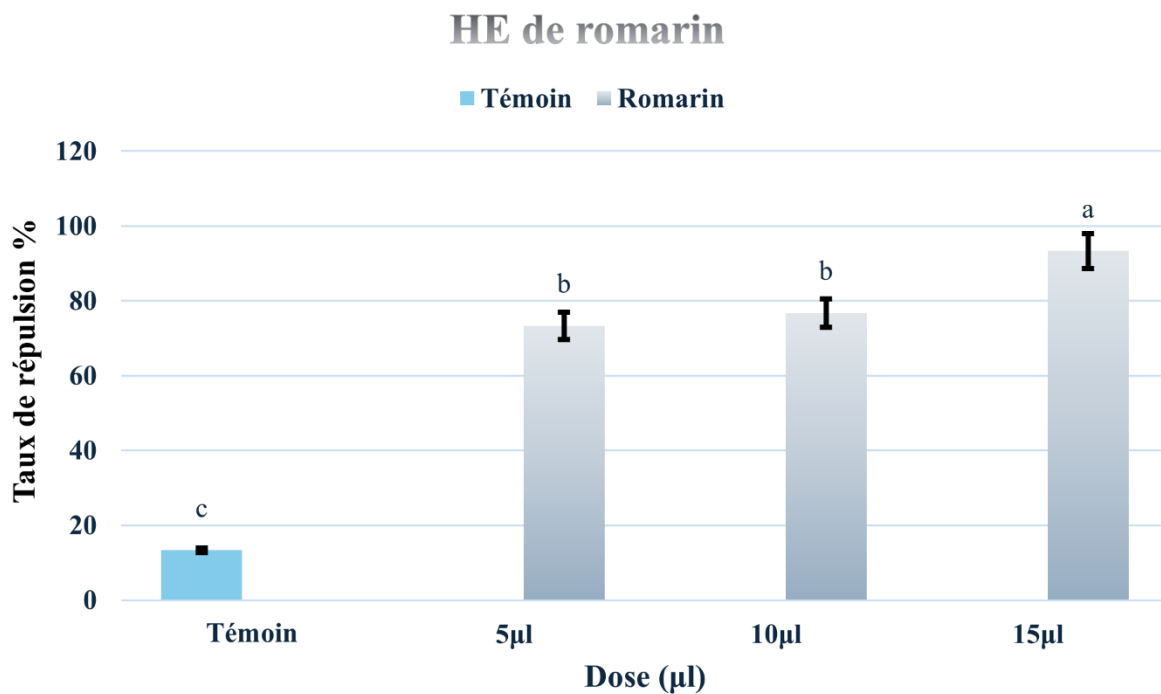


Fig. 48 : Taux moyen de répulsion des adultes de *T. confusum* traités aux différentes doses d'huile essentielle de romarin.

Les taux moyens de répulsivité (Tableau 06) confirment que l'HE de romarin est la plus efficace (81.1 %), suivie de menthe poivrée (63.33 %) et de lavande, modérément répulsive (47.8 %).

Tableau 06 : Classement des huiles selon leurs propriétés répulsives (PMR : Pourcentage moyen de répulsion), d'après le classement de McDonald (1970).

Huile Essentielle	PMR	Classe répulsive	Propriété
Lavande	47.8	03	Moyennement répulsif
Menthe Poivrée	63.33	04	Répulsif
Romarin	81.1	05	Très Répulsif

II. Discussion

Dans notre étude, nous avons examiné trois paramètres clés, qui sont les suivants : le diamètre de croissance mycélienne, le taux de mortalité et le taux de répulsion.

L'analyse des résultats met en évidence l'évolution du diamètre moyen du mycélium sous l'action des huiles essentielles de lavande, de menthe poivrée et de romarin. Pour chaque point de mesure, une analyse de variance (ANOVA) avec un facteur 'dose' a été réalisée, suivie d'un test de comparaison multiple de Newman–Keuls ($\alpha = 0,05$).

Un effet dose-dépendant marqué est systématiquement observé pour chaque huile, se traduisant par une diminution du diamètre mycélien à mesure que la dose appliquée augmente. Concernant l'activité antifongique comparée, la menthe poivrée s'est révélée la plus efficace, induisant les diamètres les plus faibles à dose et temps égaux, suivie par le romarin, puis la lavande, témoignant ainsi de sa capacité inhibitrice maximale. Par ailleurs, une progression temporelle est notée : quel que soit le traitement, le diamètre mycélien croît avec le temps. Cette croissance se manifeste cependant à des rythmes différents selon l'huile et la dose, avec une pente de croissance moins prononcée pour les doses les plus élevées.

On constate que l'huile essentielle de lavande, à une dose de 5 μ l, montre une cinétique de croissance quasi-linéaire, passant de 1,01 cm au J3 à 4,82 cm au J18, pour atteindre 5,00 cm au J21. Néanmoins, même à la dose la plus élevée de 20 μ l, l'inhibition reste partielle (0,52 cm au J3, 2,62 cm au J18, et 2,72 cm au J21). Les différences de diamètre entre les doses de 5 et 20 μ l sont significatives ($p < 0,01$) dès le sixième jour. Pour la menthe poivrée, l'inhibition est la plus forte. À 20 μ l, le diamètre stagne autour de 0,50 cm dès le J3 et ne dépasse pas 2,62 cm au J18, ni 2,99 cm au J21. Comparée à la lavande et au romarin, la menthe poivrée réduit significativement davantage le mycélium, comme le confirment les groupes distincts du test de Newman–Keuls ($p < 0,01$). Le romarin, quant à lui, présente un effet intermédiaire : à 20 μ l, la croissance est limitée (0,50 cm au J3, 1,00 cm au J21), tandis qu'à 5 μ l, le diamètre augmente de 0,70 cm au J3 à 3,53 cm au J21.

Ces résultats confirment l'importante activité antifongique de la menthe poivrée, une observation déjà rapportée par Hammer *et al.* (1999) pour *Penicillium sp.* et Burt (2004) pour

Aspergillus sp.. La capacité de la lavande à freiner la croissance fongique, bien que présente, est moindre, ce qui est cohérent avec les travaux de Böhme *et al.* (2013) qui lui attribuent un spectre antifongique modéré. L'effet de puissance intermédiaire du romarin trouve également un écho dans la littérature, notamment chez Kadoglidou & Chatzopoulou (2023) pour *Fusarium oxysporum*. La décroissance dose-dépendante observée dans notre étude s'aligne parfaitement avec les modèles de concentration minimale inhibitrice (CMI) décrits par Nostro *et al.* (2007), qui expliquent qu'une augmentation de la concentration de l'huile essentielle entraîne une perturbation accrue des membranes fongiques et une génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS), inhibant ainsi la croissance. La hiérarchie d'efficacité (menthe poivrée > romarin > lavande) est également corroborée par les recherches de Leyva-López *et al.* (2017), qui attribuent ces différences à la composition chimique spécifique de chaque huile essentielle, telles que le menthol prédominant dans la menthe poivrée, le 1,8-cinéole dans le romarin, et le linalol ainsi que l'acétate de linalyle dans la lavande.

Parallèlement, l'analyse des tests de fumigation révèle des dynamiques distinctes selon le temps d'exposition et la dose appliquée pour chacune des huiles essentielles testées. Les données ont été soumises à une ANOVA univariée, suivie d'un test post-hoc de Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$). Une augmentation progressive du taux de mortalité des insectes est clairement observée, non seulement avec l'accroissement de la dose d'huile essentielle administrée (de 5 μl à 15 μl), mais également avec la prolongation du temps de contact (de 24 heures à 72 heures).

La lavande a montré une efficacité insecticide relativement faible, avec une toxicité quasi nulle après 24 heures d'exposition et ne dépassant guère 10 % de mortalité à 48 heures, atteignant au plus 16,7 % à la dose maximale de 15 μl après 72 heures. Le romarin présente un effet modéré, induisant une mortalité comprise entre 13,3 % et 23,3 % après 24 heures, puis entre 23,3 % et 33,3 % à 48 heures, pour finalement culminer autour de 50 % à la dose de 15 μl après 72 heures. En contraste frappant, la menthe poivrée s'est avérée être l'huile essentielle la plus létale de cette étude. Les taux de mortalité qu'elle a provoqués variaient de 26,7 % à 63,3 % après 24 heures, pour s'élever significativement entre 46,7 % et 83,3 % à 48 heures, et atteindre enfin des valeurs très élevées, allant de 76,7 % à 100 % à 72 heures pour la dose maximale. Pour chaque huile, une relation dose-réponse positive et quasi linéaire a été constatée sur la gamme de doses étudiées, les coefficients de corrélation linéaire étant supérieurs à 0,90 pour la menthe poivrée et le romarin, et d'environ 0,75 pour la lavande, bien que non statistiquement significatif pour cette dernière.

Ces résultats s'alignent remarquablement avec plusieurs études antérieures. La supériorité de la menthe poivrée en tant qu'insecticide, notamment par fumigation ou contact direct, sur le romarin et la lavande, est un constat fréquent dans la littérature. Par exemple, Ghafari *et al.* (2017) ont rapporté une mortalité de 95 % chez *Tribolium castaneum* sous fumigation de 20 μl d'huile de menthe poivrée après 72 heures, ce qui est en accord avec nos observations de forte létalité. Isman (2000) met en lumière l'importance des monoterpènes, tels que l'acétate de menthyle et le menthol, qui sont des composants abondants dans la menthe poivrée et reconnus pour leur capacité à inhiber le système nerveux des insectes, expliquant ainsi son efficacité. De plus, une revue systématique de Ayllón-Gutiérrez *et al.* (2024) confirme que les essences riches en menthol présentent une

activité insecticide supérieure à celles dominées par le linalol ou le 1,8-cinéole, ce qui soutient la performance de la menthe poivrée et relativise celle de la lavande et du romarin. À l'inverse, la faible efficacité insecticide de la lavande observée dans notre étude corrobore les conclusions de Regnault-Roger et *al.* (2012), qui soulignait pour les essences de *Lavandula angustifolia* une activité davantage répulsive qu'insecticide, principalement en raison de la prédominance du linalol dans sa composition.

Enfin, l'analyse des tests de répulsion révèle une augmentation significative dépendante de la dose et du traitement. Les données ont été soumises à une ANOVA univariée, suivie d'un test post-hoc de Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$).

On constate que l'huile essentielle de lavande a montré des taux de répulsion de 40 % à 5 μ l, 46,7 % à 10 μ l et 56,7 % à 15 μ l. La menthe poivrée a atteint respectivement 53,3 %, 60 % et 76,7 %, tandis que le romarin s'est distingué avec 73,3 %, 76,7 % et 93,3 %. Le pourcentage de répulsion du témoin (13,3 %) reste, pour sa part, uniformément inférieur à toutes les doses d'huiles essentielles appliquées.

Cette analyse statistique met en lumière une dépendance dose-effet, un phénomène fréquemment documenté dans la littérature scientifique (Nerio et *al.*, 2010 ; Bakkali et *al.*, 2008), où l'activité répulsive tend à s'accroître proportionnellement à la dose appliquée. Le fait qu'une augmentation significative de l'effet ne se manifeste qu'à la dose de 15 μ l, sans distinction notable entre 5 et 10 μ l, suggère l'existence d'un seuil ou d'une cinétique d'action spécifique à ces concentrations. En ce qui concerne l'efficacité comparative des huiles essentielles, le romarin se démarque clairement comme la plus performante, atteignant près de 93,3 % de répulsion à la dose maximale. Ces résultats sont en accord avec des études antérieures, telles que celle de Selles et *al.* (2021), qui rapportaient des taux de répulsion de plus de 90 % contre *Ixodes scapularis* pour l'HE de romarin. La menthe poivrée présente une efficacité intermédiaire, avec un maximum de 76,7 %, ce qui est comparable aux observations de Devi & Maji (2011) contre *Anopheles gambiae* (60–80 %). La lavande, bien que moins puissante avec un pic à 56,7 %, dépasse néanmoins significativement le contrôle, s'alignant sur les valeurs de 45–60 % mentionnées par Regnault-Roger et *al.* (2012) selon sa composition chimique.

L'efficacité prononcée du romarin peut être attribuée à sa richesse en α -pinène et 1,8-cinéole (Burt, 2004), des molécules connues pour leur forte volatilité et leurs propriétés aversives sur les récepteurs olfactifs des insectes. De même, la menthe poivrée, riche en menthol et menthone, est réputée perturber les récepteurs gustatifs et olfactifs des nuisibles (Rassem et *al.*, 2018). La lavande, composée principalement de linalol et d'acétate de linalyle, bien qu'efficace, semble limitée par une volatilité moindre, ce qui pourrait expliquer son intensité répulsive plus modérée (Nerio et *al.*, 2010). Ces observations sont en cohérence avec des travaux plus larges, comme ceux de Nerio et *al.* (2010) qui ont montré que certaines HE, telles que l'eucalyptus ou la citronnelle, pouvaient atteindre des niveaux de répulsion de 80–95 %, positionnant ainsi le romarin parmi les options les plus prometteuses. Par ailleurs, Bakkali et *al.* (2008) ont souligné



l'importance des synergies entre composés ; il serait pertinent d'explorer l'effet de mélanges (par exemple, lavande et romarin) pour évaluer un potentiel effet additif ou synergique.

Dans l'ensemble, les trois paramètres étudiés (inhibition de la croissance mycélienne, mortalité et répulsion des insectes) montrent une cohérence remarquable : l'augmentation du temps d'exposition et de la dose entraîne systématiquement une amélioration de l'efficacité. Ces résultats s'alignent parfaitement avec les modèles actuels en physiologie végétale et écotoxicologie, soulignant le potentiel des agents étudiés comme solutions biologiques prometteuses pour la gestion des bioagresseurs et la protection des produits agroalimentaires.

Conclusion et Perspectives D'étude



Cette étude a visé à évaluer l'efficacité des huiles essentielles de lavande (*Lavandula angustifolia*), de menthe poivrée (*Mentha piperita*) et de romarin (*Rosmarinus officinalis*) comme inhibiteurs naturels de la croissance fongique de *Spilocaea oleaginea*, l'agent pathogène responsable de la tavelure de l'olivier, ainsi que leur potentiel insecticide contre *Tribolium confusum*, un ravageur des denrées stockées.

Les résultats obtenus démontrent que les huiles essentielles testées exercent un effet inhibiteur significatif sur la croissance radiale de *S. oleaginea*. Ces données confirment clairement l'activité antifongique puissante de l'huile essentielle de menthe poivrée, qui se distingue comme la plus efficace parmi les huiles étudiées. Le romarin a également montré une activité antifongique notable, tandis que la lavande a présenté une inhibition plus modérée, bien que statistiquement significative par rapport au témoin. Ces résultats répondent aux objectifs de l'étude en mettant en évidence le potentiel antifongique des huiles essentielles testées, tout en identifiant la menthe poivrée comme une option prometteuse pour la gestion de la tavelure de l'olivier.

En ce qui concerne *Tribolium confusum*, les huiles essentielles ont également démontré une activité insecticide marquée, avec des taux de mortalité variant en fonction de la concentration et de la durée d'exposition. L'huile essentielle de menthe poivrée a de nouveau surpassé les autres huiles, induisant une mortalité élevée chez les insectes adultes. Ces observations confirment la présence d'une action insecticide des huiles, tout en soulignant leur potentiel en tant qu'agents de contrôle intégré contre les ravageurs des denrées stockées.

Les implications pratiques de ces découvertes sont particulièrement pertinentes pour l'oléiculture algérienne, qui représente un secteur économique clé. Les huiles essentielles, en tant qu'alternatives naturelles aux pesticides chimiques, s'inscrivent dans les objectifs du Plan Agricole 2020-2024, visant à promouvoir des pratiques agricoles durables et à réduire la dépendance aux intrants chimiques importés. Cependant, des limites subsistent, notamment en termes de stabilité des huiles, de leur coût de production et de leur application à grande échelle. Ces contraintes soulignent la nécessité de recherches complémentaires pour optimiser leur formulation et leur mise en œuvre dans les oliveraies algériennes.

Bien que cette étude ait démontré l'efficacité des huiles essentielles *in vitro*, elle présente certaines limites méthodologiques. Les tests ont été réalisés dans des conditions contrôlées, ce qui ne reflète pas entièrement les conditions environnementales réelles des oliveraies. De plus, la variabilité de la composition chimique des huiles, influencée par des facteurs tels que l'origine géographique et les conditions de culture, pourrait affecter la reproductibilité des résultats. Ces aspects doivent être pris en compte lors de l'interprétation des données et de leur extrapolation à des contextes plus larges.

Pour surmonter ces limitations, plusieurs perspectives de recherche sont envisagées. Des tests *in vivo* dans des oliveraies algériennes permettraient de valider l'efficacité des huiles essentielles dans des conditions réelles, en tenant compte des interactions avec l'environnement et



les autres bioagresseurs. Par ailleurs, des études sur la formulation des huiles en biopesticides stables, notamment via des techniques de nanoencapsulation, pourraient améliorer leur persistance et leur efficacité. Enfin, des analyses économiques de faisabilité seraient nécessaires pour évaluer la viabilité de ces solutions à l'échelle des exploitations agricoles algériennes.

Références Bibliographiques



- **Ankri, S., & Mirelman, D. (1999).** Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes and Infection*, 1(2), 125–129.
- **Ayllón-Gutiérrez, R., Díaz-Rubio, L., Montaña-Soto, M., Haro-Vázquez, M. D. P., & Córdova-Guerrero, I. (2024).** Applications of plant essential oils in pest control and their encapsulation for controlled release: A review. *Agriculture*, 14(10), 1766.
- **Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008).** Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475.
- **Barranco Navero, D., Fernandez Escobar, R., & Rallo Romero, L. (2017).** *El cultivo del olivo 7ª ed.* Ediciones Mundi-Prensa.
- **Bartolini, G., & Petruccelli, R. (2002).** Classification, origin, diffusion and history of the olive. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 148, 1-45.
- **Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. (2015).** Handbook of essential oils: science, technology, and applications.
- **Bendahou, M. (2007).** Composition chimique et propriétés biologiques des extraits de quelques plantes aromatique et médicinales de l'ouest algérien (Doctoral dissertation, Tlemcen, Université Abou Bekr Belkaïd. Faculté des Science).
- **Benkaci-Ali, F., Baaliouamer, A., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2007).** Chemical composition of seed essential oils from Algerian *Nigella sativa* extracted by microwave and hydrodistillation. *Flavour and fragrance journal*, 22(2), 148-153.
- **Benomari, F. Z., Sarazin, M., Chaib, D., Pichette, A., Boumghar, H., Boumghar, Y., & Djabou, N. (2023).** Chemical variability and chemotype concept of essential oils from Algerian wild plants. *Molecules*, 28(11), 4439.
- **Böhme, K., Barros-Velázquez, J., Calo-Mata, P., & Aubourg, S. P. (2013).** Antibacterial, antiviral and antifungal activity of essential oils: Mechanisms and applications. In *Antimicrobial compounds: current strategies and new alternatives* (pp. 51-81). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- **Boukhatem, M. N., Ferhat, M. A., Kameli, A., Saidi, F., & Kebir, H. T. (2014).** Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as a potent anti-inflammatory and antifungal drugs. *Libyan Journal of Medicine*, 9(1).
- **Bousquet, Y., Thomas, D. B., Bouchard, P., Smith, A. D., Aalbu, R. L., Johnston, M. A., & Steiner Jr, W. E. (2018).** Catalogue of Tenebrionidae (Coleoptera) of North America. *ZooKeys*, (728), 1.
- **Boutekedjiret, C., Bentahar, F., Belabbes, R., & Bessiere, J. M. (2003).** Extraction of rosemary essential oil by steam distillation and hydrodistillation. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(6), 481-484.
- **Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., & Jovin, E. (2007).** Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7879-7885.



- **Buonaurio, R., Almadi, L., Famiani, F., Moretti, C., Agosteo, G. E., & Schena, L. (2023).** Olive leaf spot caused by *Venturia oleaginea*: An updated review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1061136.
- **Burt, S. (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.
- **Canton, H. (2021).** Food and agriculture organization of the United Nations—FAO. In *The Europa directory of international organizations 2021* (pp. 297-305). Routledge.
- **Carvalho, F. P. (2017).** Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security*, 6(2), 48-60.
- **Castagne, L. (1845).** Catalogue des plantes qui croissent naturellement aux environs de Marseille.
- **Cavanagh, H. M. A., & Wilkinson, J. M. (2002).** Biological activities of lavender essential oil. *Phytotherapy Research*, 16(4), 301-308.
- **Chaker, A. N., Boukhebt, H., Sahli, F., Haichour, R., & Sahraoui, R. (2011).** Morphological and anatomical study of two medicinal plants from genus *Mentha*. *Advances in Environmental Biology*, 5(2), 219-221.
- **Chemat, F., Fabiano-Tixier, A. S., Vian, M. A., Allaf, T., & Vorobiev, E. (2017).** Solvent-free extraction. In *Comprehensive analytical chemistry (Vol. 76, pp. 225-254)*. Elsevier.
- **Chliyeh, M., Touati, J., Selmaoui, K., Touhami, A. O., Filali-Maltouf, A., El Modafar, C., & Douira, A. (2014).** Bibliographic inventory of the olive tree (*Olea europaea* L.) fungal diseases in the world. *Int. J. Pure Appl. Biosci*, 2, 46-79.
- **Chouhan, S., Sharma, K., & Guleria, S. (2017).** Antimicrobial Activity of Some Essential Oils—Present Status and Future Perspectives. *Medicines*, 4(3), 58.
- **Connor, D. J., & Fereres, E. (2010).** The physiology of adaptation and yield expression in olive. *Horticultural Reviews, Volume 31*, 155-229.
- **Conseil de l'Europe. (2020).** Le multilatéralisme en 2020-Rapport annuel de la Secrétaire Générale du Conseil de l'Europe. *European Pharmacopoeia* (10th ed.). Strasbourg : Council of Europe.
- **Cronquist, A. (1981).** An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press.
- **Dagnelie, P. (1975).** Analyse statistique à plusieurs variables. Les Presses Agronomiques de Gembloux.
- **Derbazi, K. (2020).** Lutte contre les ravageurs des stocks (Doctoral dissertation, Université laarbi tebessi tebessa).
- **Devi, N., & Maji, T. K. (2011).** Neem seed oil: encapsulation and controlled release—search for a greener alternative for pest control. *Pesticides in the Modern World—Pesticides Use and Management. – In Tech Open*, 191-232.
- **Djilani, A., & Dicko, A. (2012).** The therapeutic benefits of essential oils. *Nutrition, well-being and health*, 7, 155-179.



- **Du Val, C. J. (1863).** Genera des coléoptères d'Europe : comprenant leur classification en familles naturelles, la description de tous les genres, des tableaux dichotomiques destinés à faciliter l'étude, le catalogue de toutes les espèces, de nombreux dessins au trait de caractères (*Vol. 3*). A. Deyrolle.
- **Dudareva, N., Klempien, A., Muhlemann, J. K., & Kaplan, I. (2013).** Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. *New Phytologist*, 198(1), 16-32.
- **Dyson, J., & Hirst, W. (1954).** The true contact area between solids. *Proceedings of the Physical Society. Section B*, 67(4), 309.
- **Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2007).** Comparison of different isolation methods of essential oil from Citrus fruits: cold pressing, hydrodistillation and microwave 'dry' distillation. *Flavour and fragrance journal*, 22(6), 494-504.
- **Fornari, T., Vicente, G., Vázquez, E., García-Risco, M. R., & Reglero, G. (2012).** Isolation of essential oil from different plants and herbs by supercritical fluid extraction. *Journal of Chromatography A*, 1250, 34-48.
- **Fraga, H., Moriondo, M., Leolini, L., & Santos, J. A. (2020).** Mediterranean olive orchards under climate change: A review of future impacts and adaptation strategies. *Agronomy*, 11(1), 56.
- **Garozzo, A., Timpanaro, R., Bisignano, B., Furneri, P. M., Bisignano, G., & Castro, A. (2009).** In vitro antiviral activity of *Melaleuca alternifolia* essential oil. *Letters in applied microbiology*, 49(6), 806-808.
- **Ghazghazi, H., Chedia, A., Weslati, M., Trakhna, F., Houssine, S., Abderrazak, M., & Brahim, H. (2013).** Chemical Composition and in vitro Antimicrobial Activities of *Mentha pulegium* Leaves Extracts against Foodborne Pathogens. *Journal of Food Safety*, 33(3), 239-246.
- **González-Domínguez, E., Armengol, J., & Rossi, V. (2017).** Biology and epidemiology of *Venturia* species affecting fruit crops: a review. *Frontiers in plant science*, 8, 1496.
- **González-Ruiz, R., Gómez-Guzmán, J. A., & Cordovilla, M. P. (2024).** Pests and Infectious Diseases of Olive Trees in Spain, and Main Control Strategies. In *The Olive Landscapes of the Mediterranean: Key Challenges and Opportunities for their Sustainability in the Early XXIst Century* (pp. 85-97). Cham : Springer Nature Switzerland.
- **Graniti, A. (1993).** Olive scab: A review. *EPPO Bulletin*, 23(3), 377-384.
- **Hadjou, L., Lamani, O., & Cheriet, F. (2013).** Labellisation des huiles d'olive algériennes : Contraintes et opportunités du processus. *New Medit*, 12(2), 35-46.
- **Hagstrum, D., & Subramanyam, B. (2017).** Stored-product insect resource. Elsevier.
- **Hammer, K. A., Carson, C. F., & Riley, T. V. (1999).** Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of applied microbiology*, 86(6), 985-990.
- **Harley, R. M., Atkins, S., Budantsev, A. L., Cantino, P. D., Conn, B. J., Grayer, R., & Upson, T. (2004).** Labiatae. In *Flowering plants·Dicotyledons: Lamiales (except Acanthaceae including Avicenniaceae)* (pp. 167-275). Berlin, Heidelberg : Springer, Berlin, Heidelberg.



- **Hughes, S. J. (1953).** Some foliigolous hyphomycetes. *Canadian Journal of Botany*, 31(5), 560-576.
- **Ii, A. P. G. (2003).** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical journal of the Linnean Society*, 141(4), 399-436.
- **Isman, M. B. (2000).** Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19(8-10), 603-608.
- **Jigău, R., Vornicu, L., Obiștoiu, D., & Pașcalău, R. (2024).** Growing lavender in different climates: best practices and challenges for sustainable agriculture. *Research Journal of Agricultural Science*, 56(4).
- **Kadoglidou, K. I., & Chatzopoulou, P. (2023).** Approaches and applications of mentha species in sustainable agriculture. *Sustainability*, 15(6), 5245.
- **Koul, O., Walia, S., & Dhaliwal, G. S. (2008).** Essential oils as green pesticides: Potential and constraints. *Biopesticides International*, 4(1), 63-84.
- **Lamani, O., & Ilbert, H. (2016).** Spécificités de l'oléiculture en montagne (région kabyle en Algérie) : pratiques culturelles et enjeux de la politique oléicole publique. *L'oléiculture au Maroc de la préhistoire à nos jours : pratiques, diversité, adaptation, usages, commerce et politiques*. Montpellier : CIHEAM, 149-159.
- **Lee, S., Peterson, C. J., & Coats, J. R. (2003).** Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 39(1), 77-85.
- **Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Vazquez-Olivo, G., & Heredia, J. B. (2017).** Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties. *Molecules*, 22(6), 989.
- **Linné, C. V. (1753).** Demonstrationes plantarum in Horto Upsaliensi MDCCLIII, quas, consentiente experient. Facult. Medica, præside... Dn. Doct. Carolo Linnæo, ... *In aud.* Carol. Maj. d. III Octobr., MDCCLIII... proponit Johannes Christ. Höjer, Uplandus.
- **Lucchesi, M. E., Chemat, F., & Smadja, J. (2004).** Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography a*, 1043(2), 323-327.
- **McDonald, R. P. (1970).** The theoretical foundations of principal factor analysis, canonical factor analysis, and alpha factor analysis. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 23(1), 1-21.
- **Mimica-Dukić, N., Božin, B., Soković, M., Mihajlović, B., & Matavulj, M. (2003).** Antimicrobial and antioxidant activities of three Mentha species essential oils. *Planta medica*, 69(05), 413-419.
- **Ministère de l'Agriculture (2021).** Rapport annuel sur l'agriculture en Algérie.
- **Moral, J., Alsalimiya, M., Roca, L. F., Díez, C. M., León, L., De la Rosa, R., ... & Trapero, A. (2015).** Relative susceptibility of new olive cultivars to *Spilocaea oleagina*, *Colletotrichum acutatum*, and *Pseudocercospora cladosporioides*. *Plant disease*, 99(1), 58-64.



- **Negahban, M., Moharramipour, S., & Sefidkon, F. (2007).** Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* against stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 43(2), 123-128.
- **Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. E. (2010).** Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology*, 101(1), 372-378.
- **Ngamo, L. S. T., & Hance, T. H. (2007).** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicicultura*, 25(4), 215-220.
- **Nostro, A., Roccaro, A. S., Bisignano, G., Marino, A., Cannatelli, M. A., Pizzimenti, F. C., & Blanco, A. R. (2007).** Effects of oregano, carvacrol and thymol on *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* biofilms. *Journal of medical microbiology*, 56(4), 519-523.
- **Obanor, F. O., Jaspers, M. V., Jones, E. E., & Walter, M. (2008).** Greenhouse and field evaluation of fungicides for control of olive leaf spot in New Zealand. *Crop Protection*, 27(10), 1335-1342.
- **Papachristos, D. P., Karamanoli, K. I., Stamopoulos, D. C., & Menkissoglu-Spiroudi, U. (2004).** The relationship between the chemical composition of three essential oils and their insecticidal activity against *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Pest Management Science : Formerly Pesticide Science*, 60(5), 514-520.
- **Peana, A. T., D'Aquila, P. S., Panin, F., Serra, G., Pippia, P., & Moretti, M. D. L. (2002).** Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. *Phytomedicine*, 9(8), 721-726.
- **Pimentel, D. (2005).** Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, development and sustainability*, 7(2), 229-252.
- **Poucher, W. A. (1993).** Odour classification and fixation. In *Perfumes, Cosmetics and Soaps: Volume II The Production, Manufacture and Application of Perfumes* (pp. 46-67). Dordrecht : Springer Netherlands.
- **Rahbardar, M. G., Amin, B., Mehri, S., Mirnajafi-Zadeh, S. J., & Hosseinzadeh, H. (2017).** Anti-inflammatory effects of ethanolic extract of *Rosmarinus officinalis* L. and rosmarinic acid in a rat model of neuropathic pain. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 86, 441-449.
- **Rapilly, F., & Viennot-Bourgin, G. (1968).** Les techniques de mycologie en pathologie végétale.
- **Rassem, H. H., Nour, A. H., & Yunus, R. M. (2018).** Biological activities of essential oils—A review. *Pacific International Journal*, 1(2), 1-14.
- **Raut, J. S., & Karuppayil, S. M. (2014).** A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial crops and products*, 62, 250-264.
- **Rees, D. (2004).** *Insects of Stored Products*. CSIRO Publishing.
- **Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J. T. (2012).** Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual review of entomology*, 57(1), 405-424.
- **Reverchon, E., & De Marco, I. (2006).** Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter. *The Journal of Supercritical Fluids*, 38(2), 146-166.



- **Roller, S., Ernest, N., & Buckle, J. (2009).** The antimicrobial activity of high-necrodane and other lavender oils on methicillin-sensitive and-resistant *Staphylococcus aureus* (MSSA and MRSA). *The journal of alternative and complementary medicine*, 15(3), 275-279.
- **Rosenheim, J. A., & Hoy, M. A. (1989).** Confidence intervals for the Abbott's formula correction of bioassay data for control response. *Journal of Economic Entomology*, 82(2), 331-335.
- **Schubert, K., Ritschel, A., & Braun, U. (2003).** A monograph of *Fusicladium* s. lat. (Hyphomycetes). *Schlechtendalia*, 9, 1–132.
- **Selles, S. M. A., Kouidri, M., González, M. G., González, J., Sánchez, M., González-Coloma, A., & Valcárcel, F. (2021).** Acaricidal and repellent effects of essential oils against ticks: a review. *Pathogens*, 10(11), 1379.
- **Sibbett, G. S., & Ferguson, L. (2005).** Olive Production Manual. University of California Agriculture and Natural Resources.
- **Soković, M. D., Vukojević, J., Marin, P. D., Brkić, D. D., Vajs, V., & Van Griensven, L. J. (2009).** Chemical composition of essential oils of Thymus and Mentha species and their antifungal activities. *Molecules*, 14(1), 238-249.
- **Tian, J., Ban, X., Zeng, H., He, J., Huang, B., & Wang, Y. (2011).** Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cicuta virosa* L. var. *latisecta* Celak. *International Journal of Food Microbiology*, 145(2-3), 464-470.
- **Tisserand, R., & Young, R. (2013).** Essential oil safety: a guide for health care professionals. Elsevier Health Sciences.
- **Torbati, M., Arzanlou, M., Azadmard-damirchi, S., Babai-ahari, A., & Alijani, S. (2014).** Effect of fungal species involved in the olive fruit rot on the qualitative properties of olive oil. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(3), 292-297.
- **Turek, C., & Stintzing, F. C. (2013).** Stability of essential oils: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 12(1), 40-53.
- **Whalon, M. E., Mota-Sanchez, D., & Hollingworth, R. M. (2008).** *Global pesticide resistance in arthropods* (pp. 165-pp).
- **Wink, M. (2003).** Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, 64(1), 3-19.
- **Zohary, D., Hopf, M., & Weiss, E. (2012).** Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. Oxford University Press.

Annexes



Annexe 01 : Technique de double coloration (Dyson, 1954)

La technique de double coloration, initialement décrite par Dyson (1954), est utilisée pour l'analyse histologique des tissus végétaux. Elle permet de différencier les composantes cellulaires grâce à l'application séquentielle de colorants spécifiques (Fig. 01) (Fig. 02).

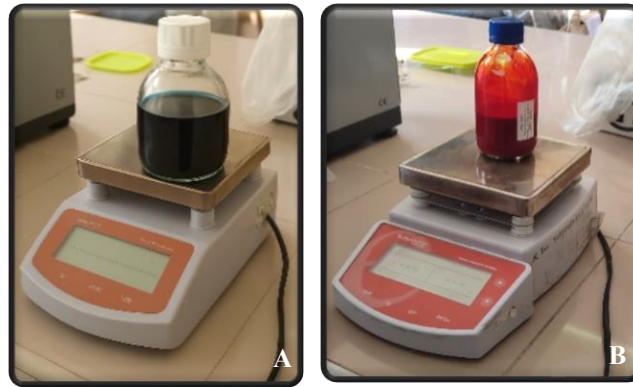


Fig. 01 : Colorants spécifiques utilisés pour la technique de double coloration : vert de méthyle (A) et rouge de Congo (B) (Originelle, 2025).

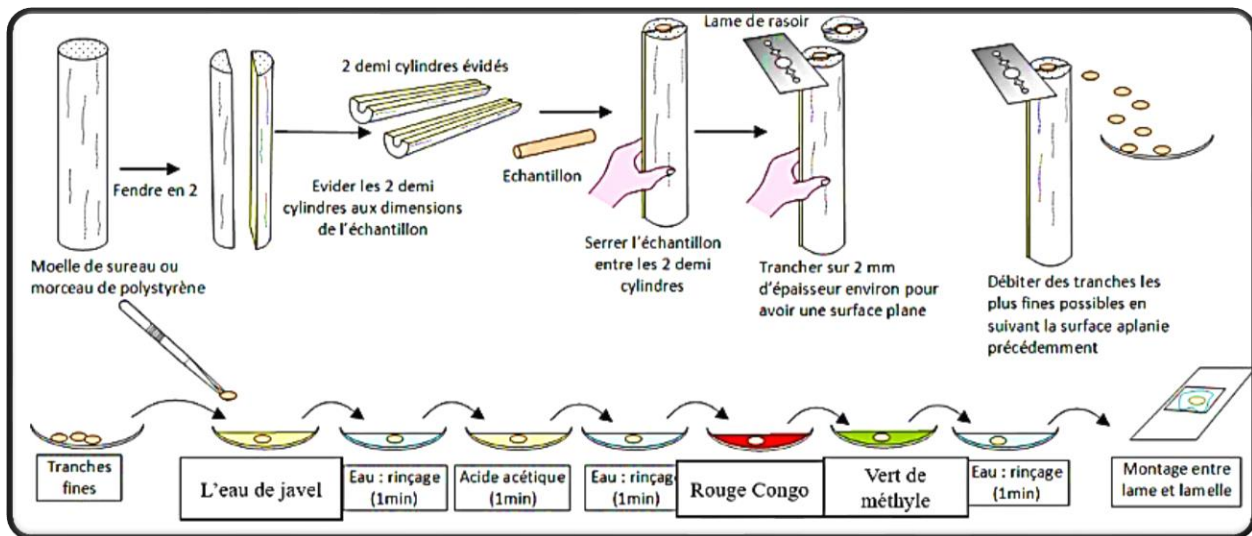


Fig. 02 : Technique de la double coloration, (Dyson, 1954).

Méthodologie

1. **Préparation des coupes** : Un fragment de matériel végétal est inséré entre deux segments de moelle de sureau, qui servent de support mécanique. Des coupes transversales sont réalisées à main levée à l'aide d'une lame de rasoir, avec un mouvement perpendiculaire au grand axe de l'organe, afin de produire des sections fines et uniformes.
2. **Décoloration** : Les coupes sont transférées dans des verres de montre contenant une solution d'hypochlorite de sodium et laissées à reposer pendant 5 à 20 minutes. Cette étape élimine les pigments naturels des tissus, préparant ainsi les échantillons à la coloration.



3. **Rinçage et neutralisation** : Les coupes sont ensuite rincées abondamment à l'eau distillée pendant 5 minutes pour éliminer tout résidu d'hypochlorite. Elles sont par la suite immergées dans une solution d'acide acétique à 1 % pendant 1 minute, ce qui neutralise l'action de l'hypochlorite et favorise la fixation des colorants sur les parois cellulaires.
4. **Double coloration** :
 - **Coloration au vert de méthyle** : Les coupes sont placées dans une solution de vert de méthyle pendant 2 à 5 minutes.
 - **Coloration au rouge Congo** : Après un rinçage à l'eau distillée, les coupes sont immergées dans une solution de rouge Congo pendant 5 à 10 minutes, suivi d'un nouveau rinçage à l'eau distillée.
5. **Montage et observation** : Les coupes les plus fines sont sélectionnées, puis montées entre une lame et une lamelle dans une goutte d'eau distillée. L'observation est effectuée au microscope optique avec des grossissements de 10×10 et 40×10 , permettant une visualisation détaillée des structures cellulaires (Fig. 03).

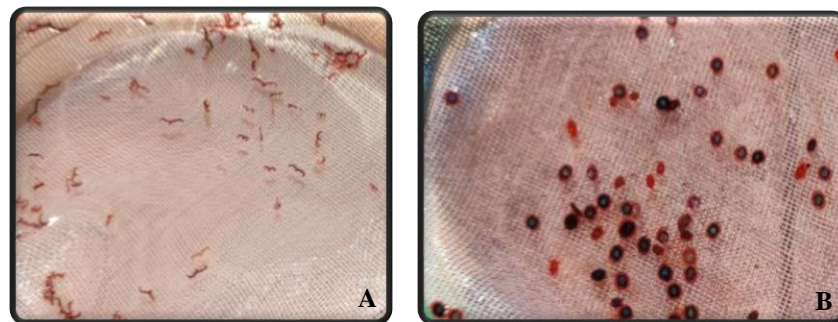


Fig. 03 : Coupes des feuilles (A) et des tiges (B) après la double coloration (Originelle, 2025).

Cette méthode, par l'utilisation combinée du vert de méthyle et du rouge Congo, met en évidence les contrastes entre les différentes structures des tissus végétaux, facilitant ainsi leur étude histologique.

Annexe 02 : Milieu de culture

Pour isoler le champignon pathogène responsable de la tavelure de l'olivier, nous avons utilisé le milieu non sélectif **Potato-Dextrose-Agar (PDA)**. Ce milieu de culture, qui fournit les sources d'énergie nécessaires à la croissance du champignon, a été préparé selon la composition suivante, exprimée en grammes par litre d'eau distillée :

- Infusion de pomme de terre : 200 g
- D-glucose : 20 g



- Agar ou gélose : 20 g
- Eau distillée : 1000 g

Avant utilisation, le milieu a été stérilisé à l'autoclave à une température supérieure à 120 °C pendant 20 minutes afin d'éliminer tout contaminant microbien.

Étapes de préparation

1. Éplucher et couper les pommes de terre en dés, puis les faire bouillir dans 500 ml d'eau distillée pendant 15 à 20 minutes.
2. Filtrer pour récupérer le filtrat (A).
3. Dissoudre 20 g d'agar et 20g de D-glucose dans 300 ml d'eau distillée, en remuant jusqu'à homogénéité (B).
4. Mélanger les solutions (A) et (B), puis ajuster le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée.
5. Stériliser à 120°C pendant 20 minutes dans un autoclave.
6. Verser le milieu stérilisé dans des boîtes de Petri (Fig. 04).

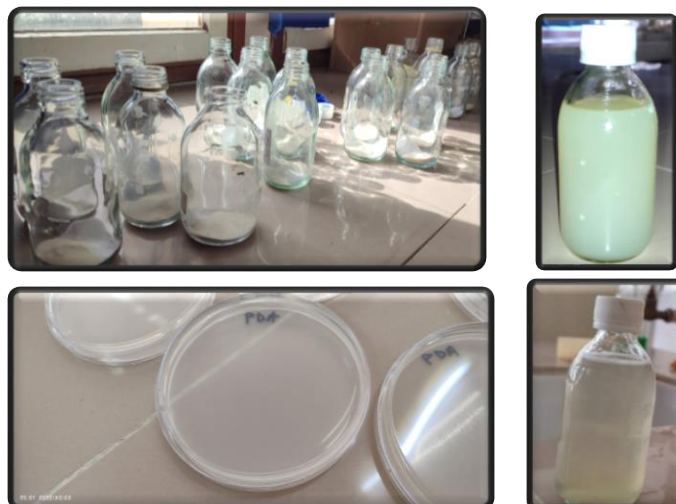


Fig. 04 : Dispositif expérimental du milieu de culture (PDA) (Originelle, 2025).

Annexe 03 : La technique du ruban adhésif

Cette méthode constitue une technique rapide et efficace pour l'observation directe des conidies de *Spilocaea oleaginea*, un champignon phytopathogène à l'origine de la tavelure de l'olivier, sur des feuilles infectées. Cette approche, particulièrement pertinente pour une analyse qualitative des infections fongiques, se déroule selon les étapes suivantes (Fig. 05) :

1. **Sélection de l'échantillon** : Une feuille d'olivier présentant des signes visibles de tavelure, tels que des taches circulaires, est sélectionnée.



2. **Application du papier adhésif** : Un morceau de papier adhésif transparent est appliqué sur la zone infectée de la feuille, avec une légère pression pour optimiser le contact avec les structures fongiques.
3. **Prélèvement des conidies** : Le papier adhésif est retiré rapidement, capturant ainsi les conidies et autres éléments superficiels de la feuille.
4. **Préparation pour l'observation** : Le papier adhésif est fixé sur une lame de microscope, la face adhésive portant les conidies étant placée en contact avec la lame.
5. **Observation microscopique** : Les conidies sont examinées au microscope optique, permettant leur identification morphologique selon leur forme, taille et couleur.

Cette technique se caractérise par sa simplicité, ne nécessitant aucun équipement spécialisé ni traitement chimique préalable, ainsi que par sa rapidité, offrant des résultats en quelques minutes. Elle facilite l'identification des conidies de *Spilocaea oleaginea* et l'étude de l'infection, constituant ainsi un outil diagnostique précieux pour la gestion précoce de la tavelure dans les oliveraies. Cependant, cette méthode reste principalement qualitative et ne permet pas une quantification précise des conidies. Elle peut donc être complétée par des approches comme la culture sur milieu ou l'analyse moléculaire pour une étude plus exhaustive du pathogène.

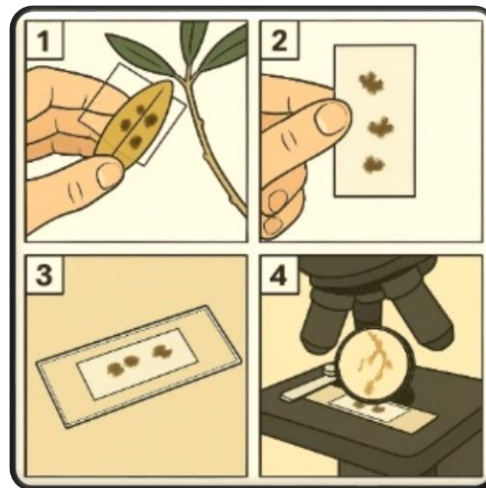


Fig. 05 : Schéma montrant les étapes de la technique du ruban adhésif (Anonyme, 2025).

Annexe 04 : Analyse de la variance pour l'effet d'HE et dose

1. Résultats pour la variable Diamètre

▪ Résultat de l'ANOVA

Les valeurs de l'ANOVA montrent un effet significatif du temps, de la dose et du traitement sur le diamètre.



Source	ddl	SS	MS	F	p-value
Temps	6	259.66	43.28	31.71	< 2e-16***
Dose	4	289.80	72.45	52.95	<2e-16***
Traitement	3	223.23	74.41	54.42	< 2e-16 ***
Erreur		

▪ Résultat du test de Newman-Keuls

Temps : sept groupes homogènes : (J03 ; J06 ; J09 ; J12 ; J15 ; J18 ; J21).

Traitement : (le témoin, la lavande, la menthe poivrée et le romarin).

Dose : chaque modalité séparée (les groupes sont illustrées dans les figures suivantes).

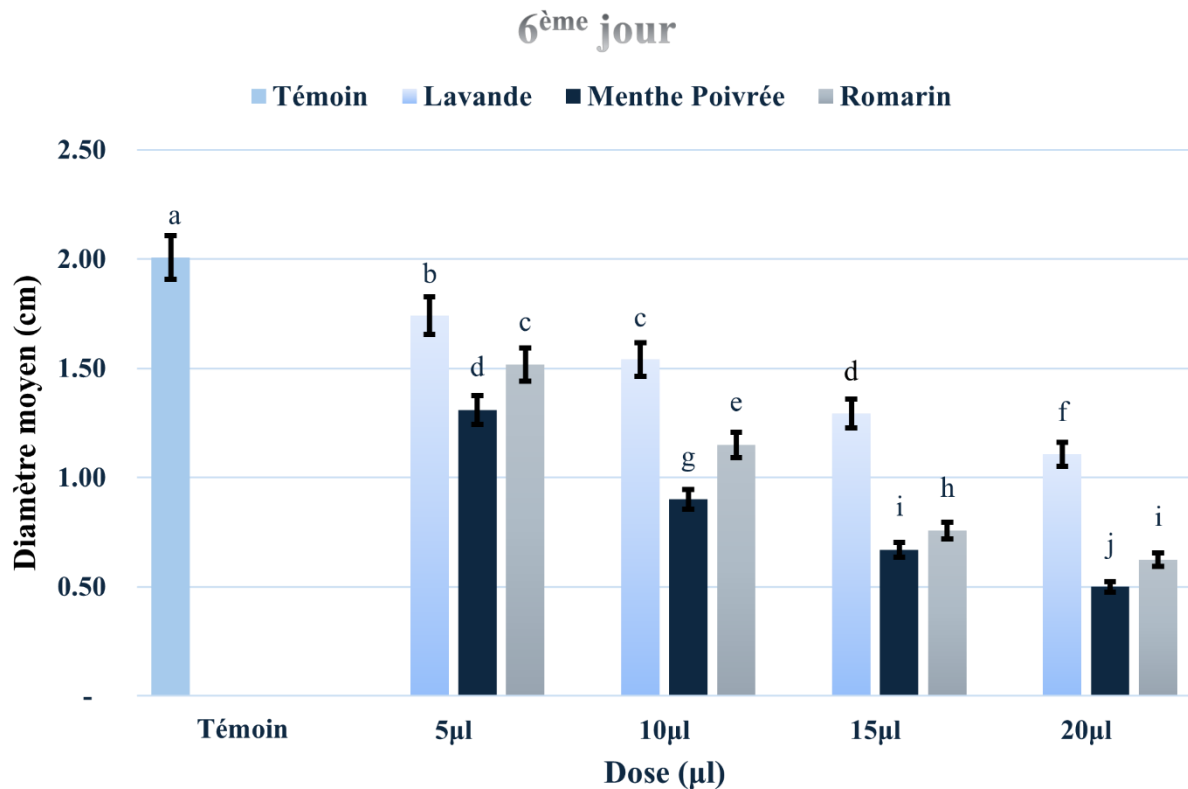


Fig. 06 : Croissance radiale de *S. oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 06 jours d'incubation.

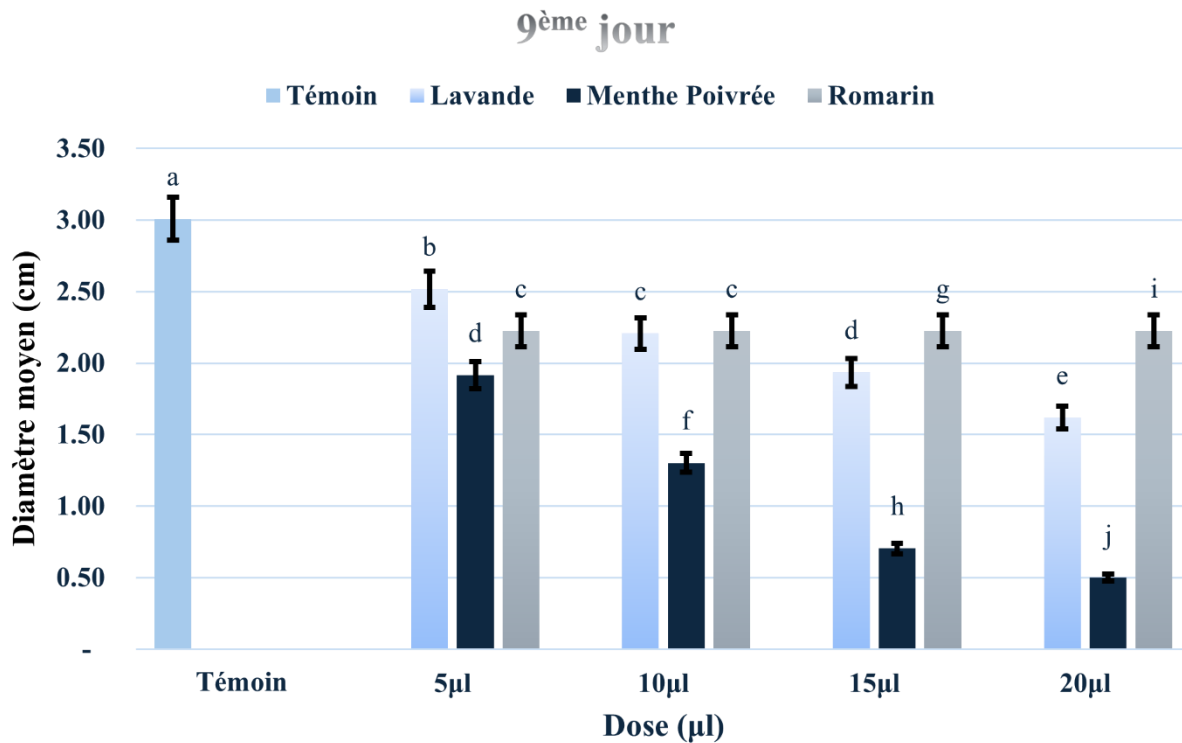


Fig. 07 : Croissance radiale de *S. oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 09 jours d'incubation.

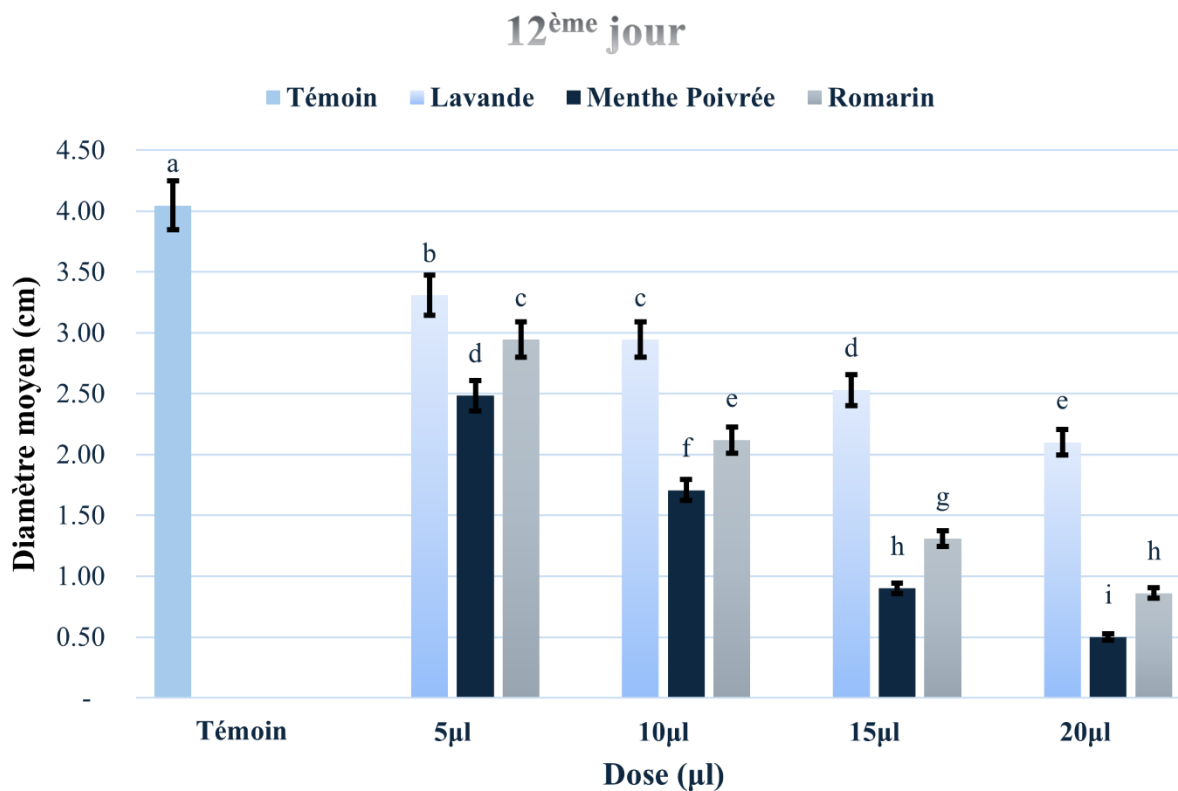


Fig. 08 : Croissance radiale de *S. oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 12 jours d'incubation.

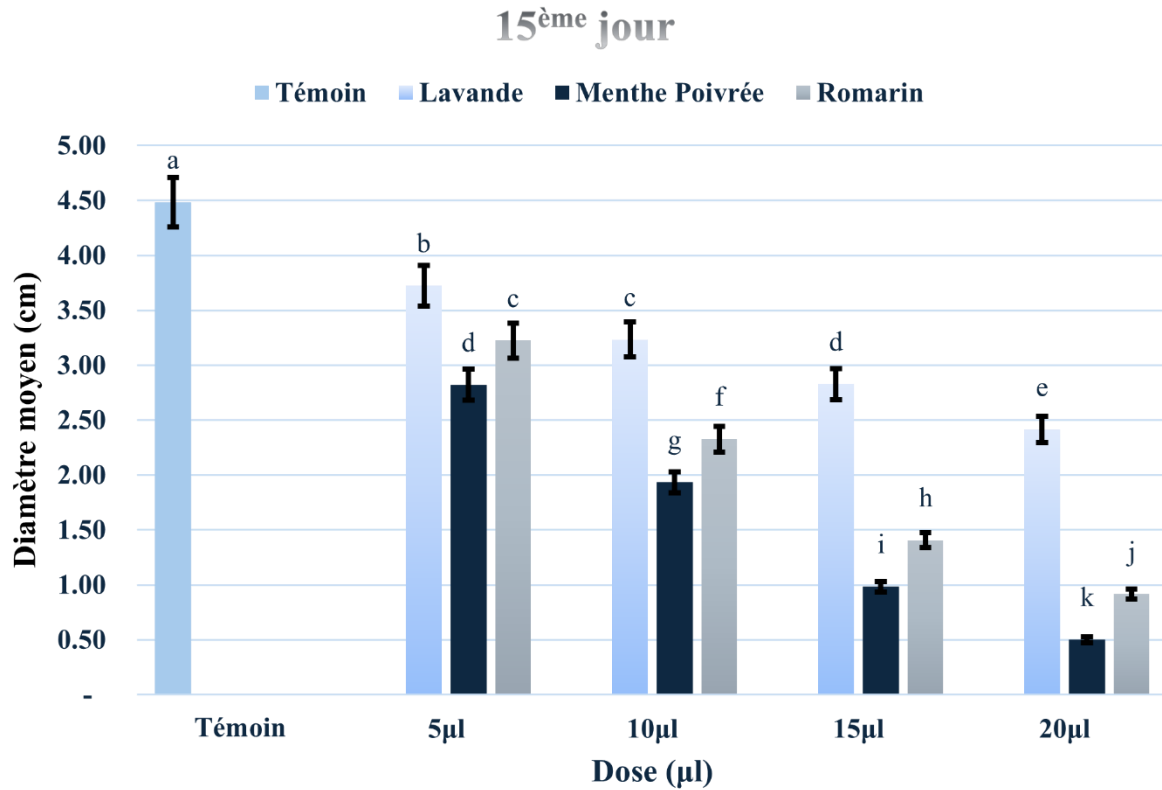


Fig. 09 : Croissance radiale de *S. oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 15 jours d'incubation.

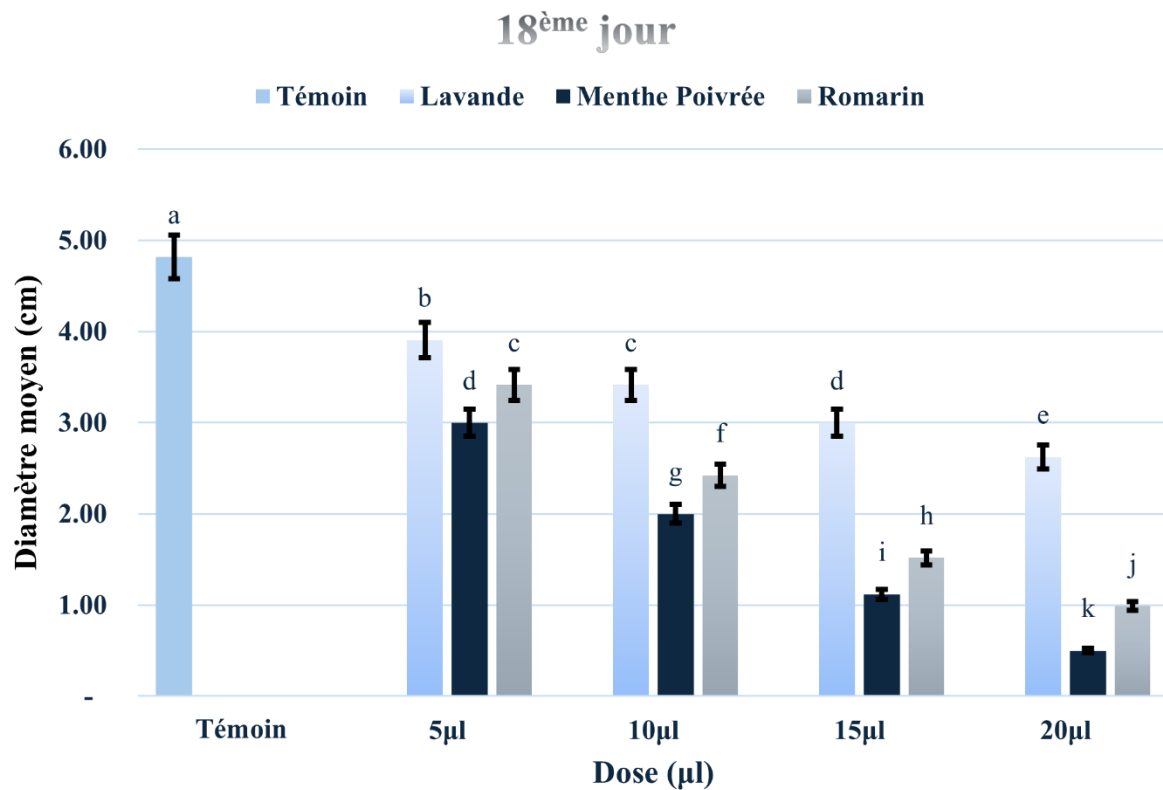


Fig. 10 : Croissance radiale de *S. oleaginea* en fonction de la dose de l'HE après 18 jours d'incubation.



2. Résultats pour la variable Mortalité

▪ Résultat de l'ANOVA

Source	ddl	SS	MS	F	p-value
Temps	3	308.30	102.75	22.53	7.4e-11 ***
Dose	2	114.90	57.43	8.53	0.0004 ***
Traitement	3	405.30	135.10	39.37	4.14e-16 ***
Erreur		

▪ Résultat du test de Newman-Keuls

Temps : trois groupes homogènes : (24h ; 48h ; 72h).

Traitement : (le témoin, la lavande, la menthe poivrée et le romarin).

Dose : chaque modalité séparée (les groupes sont illustrées dans les figures dans la partie résultats).

3. Résultats pour la variable Répulsion

▪ Résultat de l'ANOVA

Source	ddl	SS	MS	F	p-value
Dose	3	88.70	29.57	12.40	0.00003 ***
Traitement	3	119.59	39.86	33.31	4.65e-09 ***
Erreur	26	62.00	2.38		

▪ Résultat du test de Newman-Keuls

Traitement : (le témoin, la lavande, la menthe poivrée et le romarin).

Dose : chaque modalité séparée (les groupes sont illustrées dans les figures dans la partie résultats).

Résumé

Cette étude menée sur l'impact de trois huiles essentielles de Lamiaceae sur la croissance radiale de l'agent causal de la tavelure de l'olivier et sur *Tribolium confusum*, ravageur des denrées stockées. Les résultats ont révélé que l'HE de menthe poivrée (*Mentha piperita*) a significativement inhibé la croissance mycélienne de *S. oleaginea* à une dose de 20 µl et s'est montrée efficace par fumigation contre *T. confusum* à une dose de 15 µl/l d'air. L'HE de romarin (*Rosmarinus officinalis*) a démontré un effet répulsif notable sur les adultes de *T. confusum*. En revanche, l'HE de lavande (*Lavandula angustifolia*) a présenté un effet limité, avec une faible inhibition de la croissance fongique et une efficacité modérée contre les insectes.

Mots clés : huiles essentielles, croissance radiale, *S. oleaginea*, *T. confusum*.

Abstract

This study evaluated the impact of three essential oils from the Lamiaceae family on the radial growth of the fungus *Spilocaea oleaginea*, the causal agent of olive scab, and on *Tribolium confusum*, a pest of stored food products. The results showed that peppermint essential oil (*Mentha piperita*) significantly inhibited the mycelial growth of *S. oleaginea* at a dose of 20 µl and was effective through fumigation against *T. confusum* at a dose of 15 µl/l of air. Rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) exhibited a notable repellent effect on adult *T. confusum*. In contrast, lavender essential oil (*Lavandula angustifolia*) demonstrated a limited effect, with weak fungal growth inhibition and moderate efficacy against insects.

Keywords: essential oils, radial growth, *S. oleaginea*, *T. confusum*.

ملخص

تتناول هذه الدراسة تأثير ثلاث زيوت أساسية من عائلة Lamiaceae على النمو الشعاعي للفطر *Spilocaea oleaginea*، المسبب لمرض تبقع أوراق الزيتون، وعلى حشرة *Tribolium confusum*، وهي من الآفات التي تصيب المنتجات الغذائية المخزنة. أظهرت النتائج أن زيت النعناع الفلفلي (*Mentha piperita*) كان له تأثير كبير في تثبيط النمو الفطري لـ *S. oleaginea* بجرعة 20 ميكرو لتر، وأثبت فعاليته ضد *T. confusum* عند استخدامه بالتبخير بجرعة 15 ميكرو لتر/لتر من الهواء. أما زيت إكليل الجبل (*Rosmarinus officinalis*) فقد أظهر تأثيرًا طاردًا ملحوظًا على الحشرات البالغة من *T. confusum*. في المقابل، أظهر زيت اللافندر (*Lavandula angustifolia*) تأثيرًا محدودًا، حيث كان تأثيره ضعيفًا في تثبيط النمو الفطري وفعاليته متوسطة ضد الحشرات.

الكلمات المفتاحية: الزيوت الأساسية، النمو الشعاعي، *S. oleaginea*، *T. confusum*.